

LABORATION **FM10**

BULLERMÄTNING

---

Handledare: .....

Namn: ..... Nr: ..... Labplats: .....

Laborationen utförd den .....

Laborationen inlämnad den .....

Godkänd den ..... av .....

## MÅL

Efter genomgången laboration skall Du kunna:

- 1) Använda en bullermätare, dels för direkt mätning på bullerkälla, dels för mätning av inspelat buller.
- 2) Analysera bullerljud med oktavbandsfilter och bestämma bullertal.
- 3) Utföra mätningar på fluktuerande buller med hjälp av en buller-dosimeter.
- 4) Utnyttja absorbenter för bullerdämpande åtgärder.
- 5) Bestämma hörseltröskelkurvan.

## MÄTUPPGIFTER

- A) Kalibrering av ljudnivåmätare med hjälp av kalibrator.
- B) Mätning av inspelat industribuller.
- C) Mätning av fluktuerande trafikbuller.
- D) Mätning på bullerkälla vid olika typer av bullerdämpande åtgärder.
- E) Upptagning av den personliga hörseltröskelkurvan.

## EXPERIMENTELL UTRUSTNING

Precisionsljudnivåmätare (Brüel & Kjær, typ 2203)

Oktavbandsfilter (B & K, typ 1613)

Ljudnivåkalibrator (B & K, typ 4230)

Bullerdosimeter (Telefrang, typ 60)

Bandspelare (Revox, typ A77)

Hörtelefoner (Scintrex, typ Mk IV och typ 88)

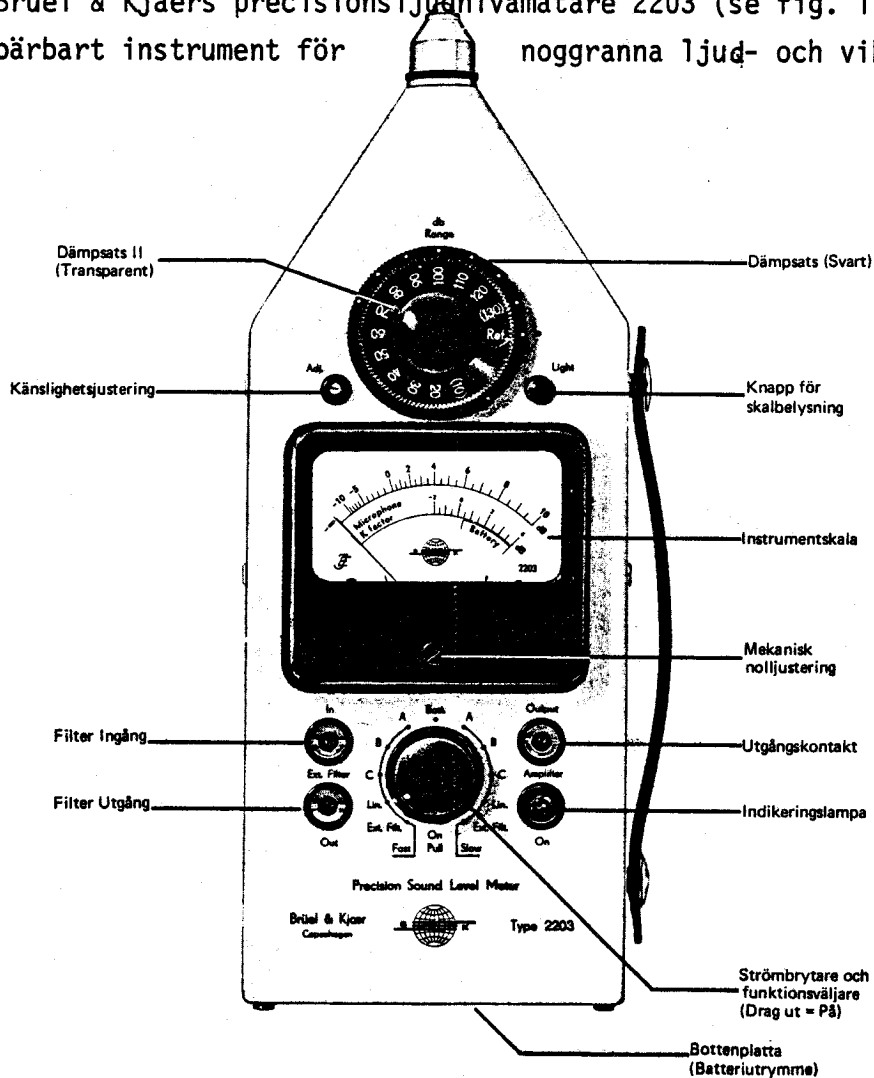
Tongenerator (Philips GM 2306 D)

Bullerkälla

Absorbenter (Rockwells stapelskiva 359)

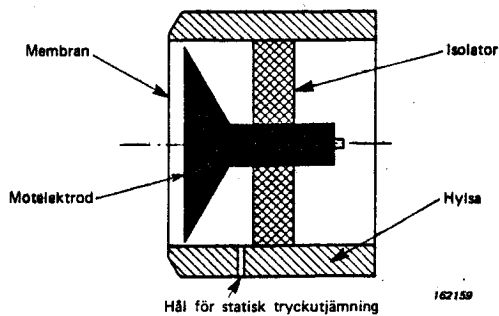
## Ljudnivåmätaren.

Bruel & Kjaers precisionsljudnivåmätare 2203 (se fig. 1) är ett kompakt bärbart instrument för noggranna ljud- och vibrationsmätningar.



Figur 1. Framsidan av 2203.

Instrumentet är normalt utrustat med en kondensatormikrofon (se fig. 2) som tillåter ljudmätningar inom ett mycket stort frekvens- o dynamikområde.



Figur 2. Schematisk bild av kondensatormikrofon.

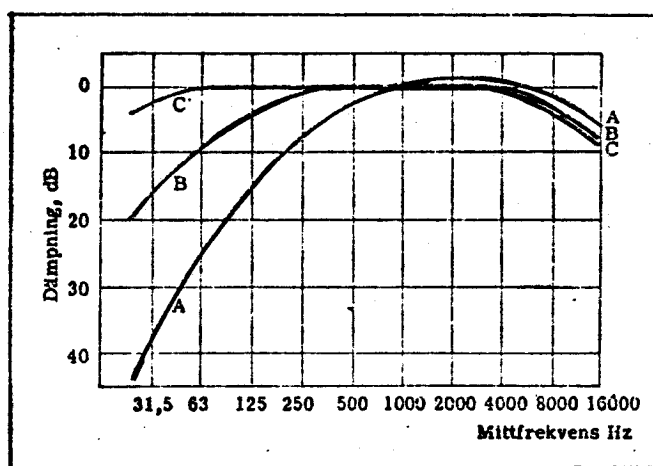
Mikrofonen har till uppgift att omvandla ljudtrycket till en elektrisk spänning. Utspänningen från mikrofonen är ganska nära <sup>en</sup>lineär funktion av ljudtrycket inom det frekvensområde som är väsentligt ur akustisk synpunkt. Alla mikrofoner har emellertid ett egenbrus som sätter en gräns för det svagaste ljud som kan mätas.

Mikrofonen på 2203 kan ersättas med en adapter som tillåter att den elektriska signalen från t.ex. en bandspelare direkt mäts med instrumentet. På så sätt kan t.ex. inspelat buller mätas och analyseras utan att gå vägen via högtalare och mikrofon.

Mikrofonsignalen förstärks i en linjär förstärkare vars utsignal matar ljudnivåmätarens visarinstrument, Instrumentets skala är graderad i dB. Förstärkarens spänningsförstärkning kan regleras i steg om 10 dB med hjälp av två stycken dämpsatser. Ljudtrycksnivån i dB erhålles som summan av dämpsatsinställning och instrumentavläsning. En ljudnivåmätare skall mäta ljudet så exakt som möjligt över det önskade frekvensområdet. Örat uppfattar ljudet på ett sätt som innebär att både låga och höga frekvenser dämpas. Se hörseltröskeln. Ljudet vägs av örat. För att efterlikna detta förlopp har elektriska dämpningsfilter konstruerats, som filtrerar bort en del av ljudet så att mätarutslaget bättre svarar mot hörselintrycket. IEC har standardiserat tre filter: (A), (B), (C)-filtren. Dessa filter finns inbyggda i ljudnivåmätaren. (Deras dämpningskurvor framgår av fig. 3.)

I regel utföres bullermätningar med filter (A), vilket bäst anses motsvara hörselns känslighet. De övriga två filtren kan, t.ex. användas för att approximativt bedöma ett bullers sammansättning enligt följande tabell.

Alternativ	Resultat	bullrets största frekvensandel
1	$\text{dB(A)} = \text{dB(B)} = \text{dB(C)}$	$\geq 1000 \text{ Hz}$
2	$\text{dB(A)} < \text{dB(B)} = \text{dB(C)}$	400 - 900 Hz
3	$\text{dB(A)} < \text{dB(B)} < \text{dB(C)}$	< 200 Hz

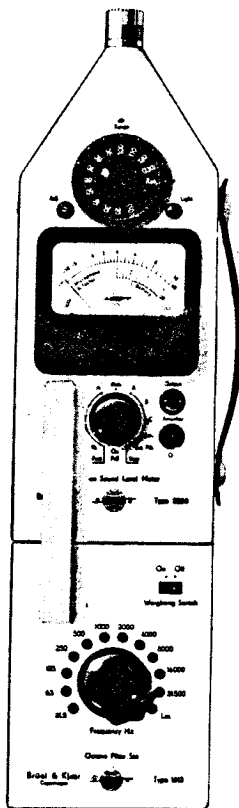


Figur 3. Ljudnivåmätarens vägningsfilter.

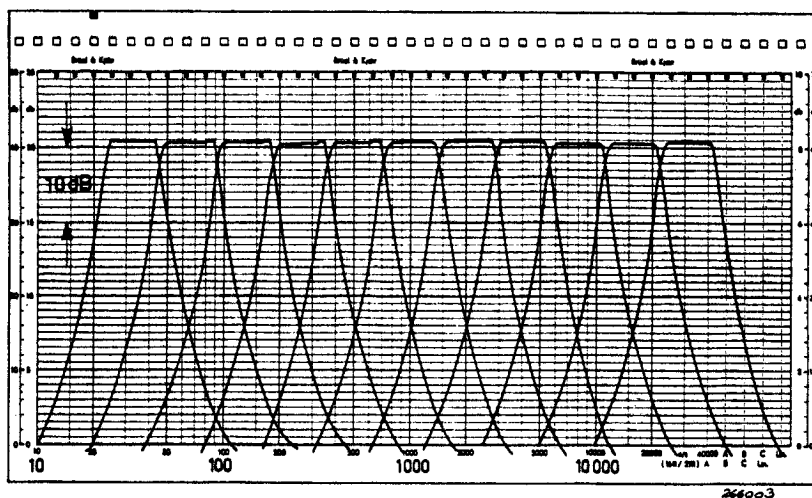
På 2203 har instrumentomkopplaren såväl "fast"-lägen som "slow"-lägen. I de förra lägena reagerar instrumentet mycket snabbt för ljudnivåändringar, i de senare är instrumentet trögare och ger en utjämning av toppvärdena. Ljudnivåmätaren måste kalibreras för att visa rätt. Två kalibreringsmetoder finns: en elektrisk kalibreringskontroll som finns inbyggd i mätaren; en akustisk kalibrering, man mäter på en känd ljudkälla.

#### Oktavbandsfiltret

Om man önskar en större information om ljudets karaktär än vad ljudnivåmätaren ger, måste man göra en frekvensuppdelning av ljudet. Till ljudnivåmätaren kan kopplas ett externt oktavbandsfilter, varvid komplett frekvensanalys i oktavband direkt kan göras. När detta filter är inköplat, mäter man ljudtrycksnivån i en oktav i taget. Oktavbandsfiltren benämnes efter den geometriska mittfrekvensen i passbandet. De filter man normalt brukar använda vid bullermätning är följande: 31,5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1kHz, 2 kHz, 8 kHz dessutom förekommer på oktavbandsfiltret frekvenserna : 16 kHz, 31,5 kHz. Filtret kan mekaniskt och elektriskt kopplas till ljudnivåmätaren för att bilda en bekväm enhet med denna.



Figur 4. Ljudnivåmätare med oktavbandsfilter. (B&K).



Figur 5. Frekvenskaraktäristik för oktavbandsfilter. (B&K).

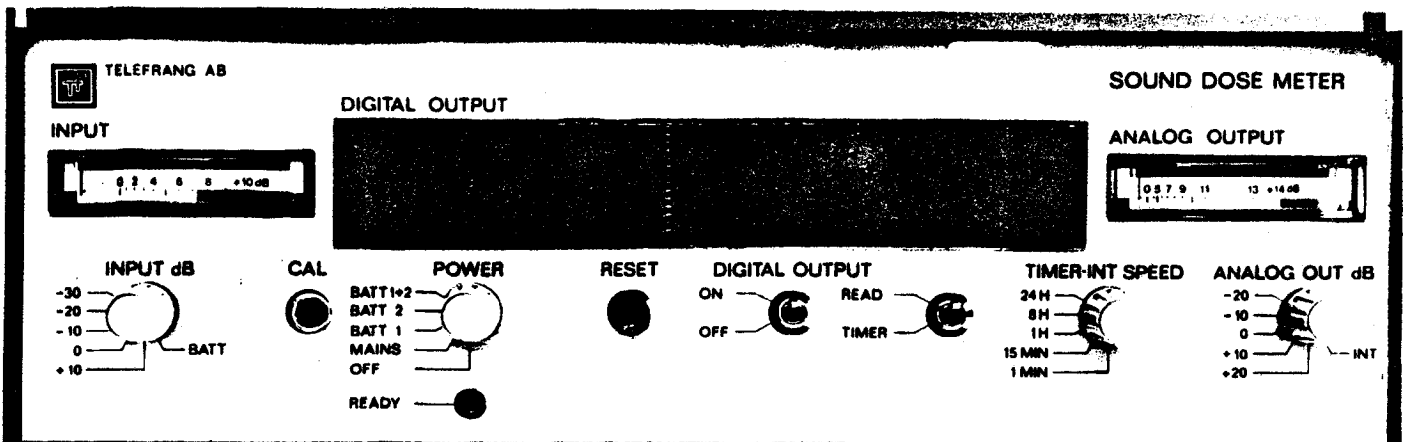
### Bullerdosimetern

Om ljudnivån på det buller man önskar mäta fluktuerar starkt och relativt långsamt är det svårt att med hjälp av enbart ljudnivåmätaren bestämma ett representativt värde på bullernivån. Detta gäller t.ex. vid mätning av bullret från en trafikerad väg. För att karakterisera ett sådant buller använder man ofta den ekvivalenta ljudtrycksnivån som helt enkelt är medelnivån bestämd på effektbasis under en viss tidsperiod. Formelmässigt kan definitionen skrivas:

$$L_q = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2}{p_{ref}^2} \cdot dt$$

där  $L_q$  = den ekvivalenta nivån  
 $T$  = mätperiodens längd  
 $p$  = det momentana ljudtrycket  
 $p_{ref}$  = referenstrycket  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa

Vid bestämning av ekvivalentnivåer måste ljudnivåmätaren kompletteras med en integrerande enhet, en s.k. bullerdosimeter (se figur 6).



Figur 6. Bullerdosimeter.

Den förstärkta och filtrerade mikrofonsignalen från ljudnivåmätarens växelströmsutgång leds in i dosimetern. När dosimetern mäter samlas ögonblicksvärdena av ljudeffekten upp i en integrator (i princip en kondensator). Då denna är fylld nollställs den samtidigt som en puls sänds till dosimeterens räkneverk. Räkneverkets ställning utgör alltså ett mått på den totalt inkomna ljudenergin. Den kan avläsas digitalt på dosimeterens mittfönster.

Ingångssignalen kan mätas på INPUT-instrumentet. Instrumentomkopplaren vrids till det läge som gör att visaren hamnar inom skalområdet. Summan av omkopplarens och visarens inställning är det antal dB som signalen över- eller underskrider grundnivån (vanligen ljudnivåmätarens dämpningsinställning). Kalibreringen av instrumentet sker genom att en signal med känd ljudnivå mätes. Visningen justeras till rätt värde med CAL-skruven.

Dosimetern har en inbyggd timer med vars hjälp mättider mellan 1 minut och 24 timmar kan ställas in. Det är givet att en bullernivå mätt under en lång tid ger större antal av de ovannämnda pulserna än under en kortare tid. Utgående från 1 min läget divideras därför inkommande pulser exempelvis med 60 innan de matas in i räkneverket. En konstant bullernivå ger därför samma antal impulser under inställd mättid vare sig denna är 1 min, 1 tim eller 24 tim. Antalet pulser som visas digitalt svarar alltså mot en genomsnittlig bullerintensitet under hela mättiden.

Då mätresultat alltid presenteras i dB relativt en grundnivå måste medelintensiteten räknas om. För att underlätta detta har dosimetern en omvandlare med visarinstrument (det högra instrumentet) och tillhörande omkopplare graderade direkt i dB.

Efter en mätning vrids omkopplaren till det läge som gör att visaren hamnar inom skalområdet. Summeras omkopplarens och visarens inställning får man det antal dB som bullret har över- eller underskridit grundnivån.

För att få högre precision måste man räkna om den digitala avläsningen till dB. Lämpligast är att jämföra antalet pulser (N) som det aktuella bullret ger med det antal pulser ( $N_0$ ) som en känd kalibreringssignal ger. Om kalibreringssignalen är på 93,6 dB och grundnivån (ljudnivåmätarens dämpningsinställning) är den samma vid båda mätningarna blir den ekvivalenta ljudnivån

$$L_q = 10 \cdot 10 \log \frac{N}{N_0} + 93,6 \text{ dB}$$



Kontrollfrågor. Refererar till kompendiet i Miljöfysik.

- 1 Vad menas med närfält och efterklagsfält?
- 2 Vi kan uppfatta ljud i frekvensområdet 20 - 16000 Hz. Vilka våglängder (ungefär) motsvarar dessa frekvenser i luft?
- 3 Hur definieras ljudtrycksnivå?
- 4 Under vilka förhållanden är ljudtrycksnivån ungefär lika stor som intensitetsnivån?
- 5 Vilka bullerkriterier talar man om?
- 6 Vilken fysikalisk egenskap hos en porös absorberant av viss tjocklek är avgörande för dess ljudabsorberande förmåga?

ARBETSBLAD:

FM 10.

Förberedande uppgift:

Studera ljudnivåmätarens omkopplare och funktionssätt med hjälp av sidorna 9 - 12 i instruktionsboken. Studera även blockschemat på sidan 25.

Mätuppgift A. Kalibrering av ljudnivåmätaren.Alternativ 1: Med kalibrator.

1. Avlägsna det vita plastskyddet från mikrofonen.
2. Drag ut funktionsväljaren och vänta c:a 20 s för att instrumentet skall bli uppvärmt.
3. Vrid funktionsväljaren i läge "Batt" för att kontrollera batterierna.
4. Vrid funktionsväljaren till "Fast" och "C".
5. Ställ in lämpligt värde på dämpsatserna, i vårt fall 90 dB.
6. Starta kalibratorn (genom att trycka in knappen på densamma) och kontrollera att den fungerar. Sätt kalibratorn på mikrofonen. (Kalibratorn stänger av sig själv efter en halv minut.)
7. Ljudtrycksnivån erhålles som summan av dämpsatsinställningen och utslaget på visarinstrumentet. Det avlästa värdet på ljudtrycksnivån skall vara 93,6 dB. Om så erfordras justeras nu "ADJ"-potentiometern (använd en smal skruvmejsel) så att detta värde erhålles.

Alternativ 2: Med inbyggd referensspänning.

1. Drag ut funktionsväljaren och vänta i 20 s så att instrumentet hinner värmas upp.
2. Vrid funktionsväljaren i läge "Batt" och kontrollera batteriernas kondition.

3. Ställ funktionsväljaren på "Lin" och "Fast".
4. Ställ in dämpsatserna så att "Ref." syns mellan de röda strecken.
5. Visarinstrumentet skall nu visa rätt K-faktor på den undre röda skalan. Rätt K-faktor är

$$K = K_0 + 1,2 \text{ dB}$$

där  $K_0$  finns angiven på den aktuella mikrofonens kalibreringskort. Om så erfordras använd en smal skruvmejsel och justera "ADJ"-potentiometern så att rätt K-värde erhålles.

Anm.  $K_0 = 0$  dB svarar mot en mikrofonkänslighet som är exakt 50 mV/Pa. Avvikelser nedåt från detta standardvärde anges med en positiv  $K_0$ -faktor. Värdet 1,2 dB är dämpningen hos 2203:s ingångssteg. Ingångssteget är en impedansomvandlare uppbyggd kring en fälteffekttransistor.

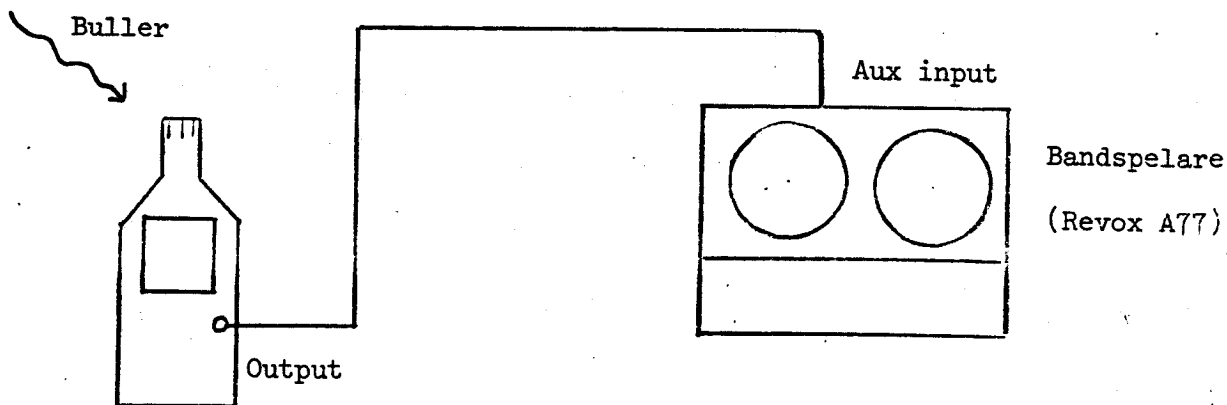
#### Mätuppgift B. Oktavbandsanalys av inspelat industribuller.

##### Utbyte av mikrofon mot adapter.

1. Avlägsna hela mikrofonenheten från ljudnivåmätaren d.v.s. skruva bort det som sitter ovanför den svarta ringen. Obs! Mikrofonenheten, som består av skyddsgaller, mikrofon och distanshylsa får ej skruvas isär.
2. Tag ut adaptern(JJ 2614) ur plastpåsen och lägg ner mikrofonenheten i samma påse.
3. Skruva försiktigt på adaptern på ljudnivåmätaren som därmed är klar att anslutas till en av bandspelarutgångarna.

##### Inspelningsförfarandet.

Inspelningen av bullret utfördes enligt uppställningen i fig. 1.



Ljudnivåmätare 2203  
med funktionsväljaren  
i läge "Lin"

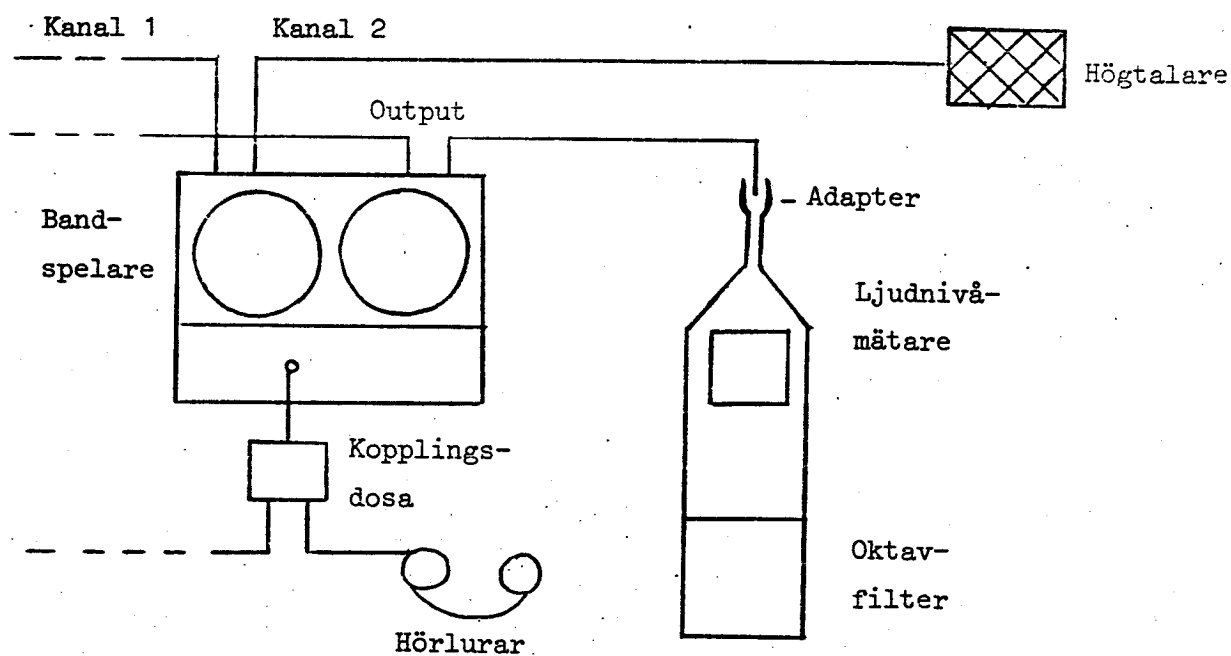
Figur 1. Inspelningsapparaturen.

Före bullersignalen inspelades en kalibreringssignal på 93,6 dB. Bullermätarens dämpsats var då inställd på 90 dB. Inspelningsnivån på bandspelaren valdes så att signalen blev så hög som möjligt utan att överstyrning erhöles.

Vid den efterföljande bullerinspelningen bibehölls bandspelarens inspelningsnivå. Däremot ändrades i vissa fall ljudnivåmätarens dämpsatsinställning. Detta finns noterat i inspelningsprotokollet som är framlagt på laborationsplatsen.

Mätförfarandet.

Mätupställningen beskrivs i fig. 2.



Figur 2. Mätupställning för oktavbandsanalys av inspelat buller.

1. Justera bandspelarens avspelningsnivå så att bullermätaren visar 93,6 dB då kalibreringssignalen mätes med C-filter.
2. Utför inledande ljudnivåmätningar på bullersignalen med vägningsfilter A, B och C. Använd "Slow"-lägen.

Resultat:

Mätning	Vägningsfilter	Ljudtrycksnivån dB ( )
1	A	dB ( A )
2	B	dB ( B )
3	C	dB ( C )

Slutsats om bullrets frekvensfördelning (se sid. 3 i lab PM):

.....

.....

.....

3. Utför oktavbandsanalys av bullersignalen. Sätt funktionsväljaren i läge "Ext.filt." och "Slow" och oktavbandsfiltrets knapp på "Of".

Resultat:

Oktavbandets mittfrekvens (Hz)	Ljudtrycksnivå (dB)
125	
250	
500	
1000	
2000	
4000	
8000	

Bearbetning: Lägg in de uppmätta värdena i diagram 1 och bestäm bullertalet.

Bullertalet är .....

På vilket största avstånd kan samtal föras med normal röststyrka i denna bullermiljö?

Svar: .....

Är det möjligt att föra telefonsamtal?

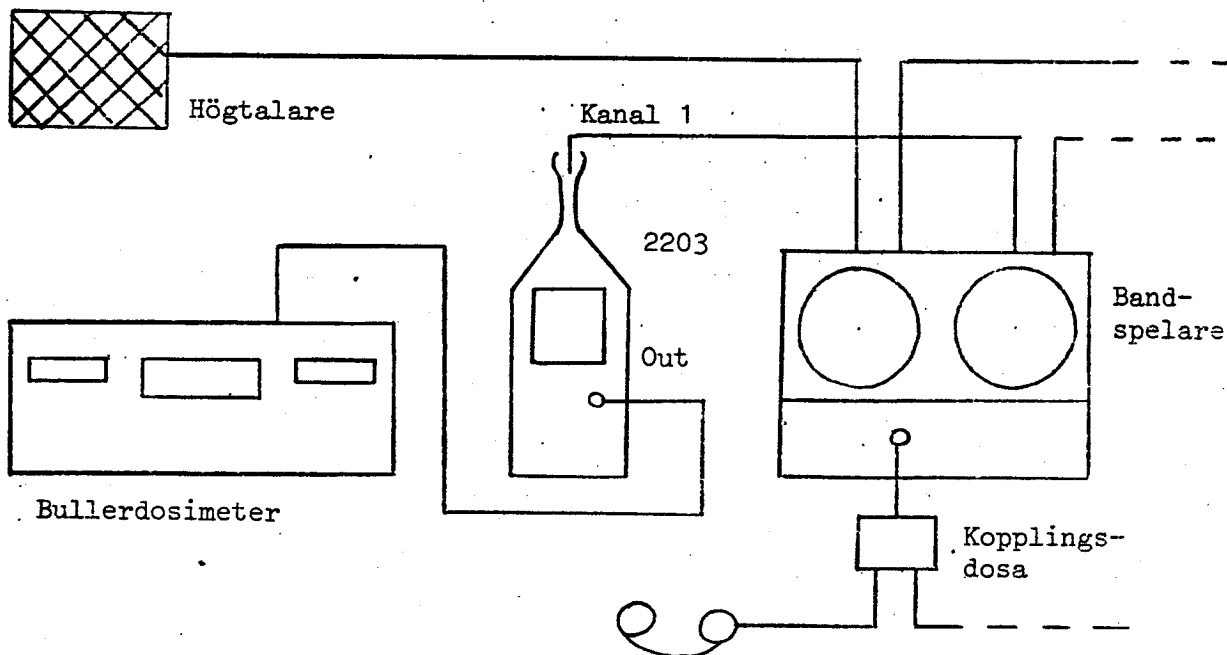
Svar: .....

Måste hörselskydd användas?

Svar: .....

Mätuppgift C. Mätning av fluktuerande trafikbuller.

Mätupställning, se fig. 3.



Figur 3. Mätupställning för bestämning av ekvivalent ljudnivå hos fluktuerande inspelat buller.

1. Justera bandspelarens avspelningsnivå så att ljudnivåmätaren visar 93,6 dB då kalibreringssignalen avspelas och C-filtret används.
2. Koppla över till A-filtret och "Fast".
3. Anslut bullerdosimetern och ställ in enligt följande:  
 INPUT: I läge 0 dB  
 POWER: I läge MAINS  
 DIGITAL OUTPUT: I läge ON  
 READ-TIMER: I läge READ  
 TIMER-INT.SPEED: I läge 1 min.  
 ANALOG OUTPUT: I läge 0 dB
4. Kontrollera att dosimeterns vänstra instrument visar 3,6 dB då kalibreringssignalen avspelas och bullermätarens dämpsatsinställning är 90 dB. Om så erfordras justeras dosimeterns CAL-potentiometer.
5. Integrera kalibreringssignalen under 1 min. Kontrollera att READY-lampan lyser. Starta timern genom att slå över READ-TIMER till läge TIMER. Nollställ samtidigt siffrerören genom ett kort tryck på RESET-knappen. Vid integrationstidens slut slocknar siffrerören. Dessa tänds då READ-TIMER-omkopplaren slås över i läge READ. Avläs antalet räknade pulser ( $N_0$ ).
6. Ändra bullermätarens dämpsatsinställning till 70 dB. Ställ TIMER-INT. SPEED i läge 15 min. Invänta att READY-lampan tänds. Nollställ pulsräknaren och starta timern såsom beskrivs i punkt 5. Efter 15 min avläses antalet räknade pulser (N).

Bearbetning: Antalet räknade pulser är proportionellt mot den inkommande signalens medeleffekt. Proportionalitetskonstanten är oberoende av den inställda integrationstiden. Den ekvivalenta ljudnivån ( $L_q$ ) kan därför beräknas ur sambandet

$$L_q = 10 \cdot 10 \log \frac{N}{N_0} + 93,6 \text{ dB} - 20 \text{ dB}$$

Den sista termen i formeln (-20 dB) tar hänsyn till att bullersignalen (enl. ovan) avspelats med lägre dämpsatsinställning än kalibreringssignalen. Om olika dämpsatsinställning även använts vid inspelningen av dessa signaler, måste  $L_q$  givetvis justeras också med hänsyn till detta.

Resultat: Den ekvivalenta ljudtrycksnivån för det inspelade trafikbullret har bestämts till

$L_q = \dots\dots\dots$



Kan denna bullernivå accepteras i ett bostadsområde om den förekommer under 12 timmar på dygnet? (Acceptabelt dygnsmedelvärde anses vara 55 dB(A)).

Svar: .....

Mätuppgift D. Mätning på bullerkälla vid olika typer av bullerdämpande åtgärder.

Bullerkällan är placerad i ett ljudhårt rum med en relativt lång efterklangstid.

1. Försök uppskatta närfältsradien (R) genom att mäta ljudnivån på olika avstånd från ljudkällan.

Uppskattat värde är R : .....m

Enligt ekv (10) i lab PM motsvarar detta en total absorption av  
 $A = \dots\dots\dots m^2$

Rummets volym är  $V = \dots\dots\dots m^3$

Ett uppskattat värde på efterklangtiden blir då enl. ekv. (9) i kompendiet

$T_e = \dots\dots\dots s$

2. Placera ljudnivåmätaren på fixt avstånd från ljudkällan. Mät ljudnivån i dB(A) samt utför oktavbandsanalys, dels då bullerkällan är oavskärmad, dels då bullret dämpas med bullerskärm eller huv. Använd Brüel & Kjaers bullerprotokoll (diagram 2).

Slutsatser: .....

.....

.....

.....

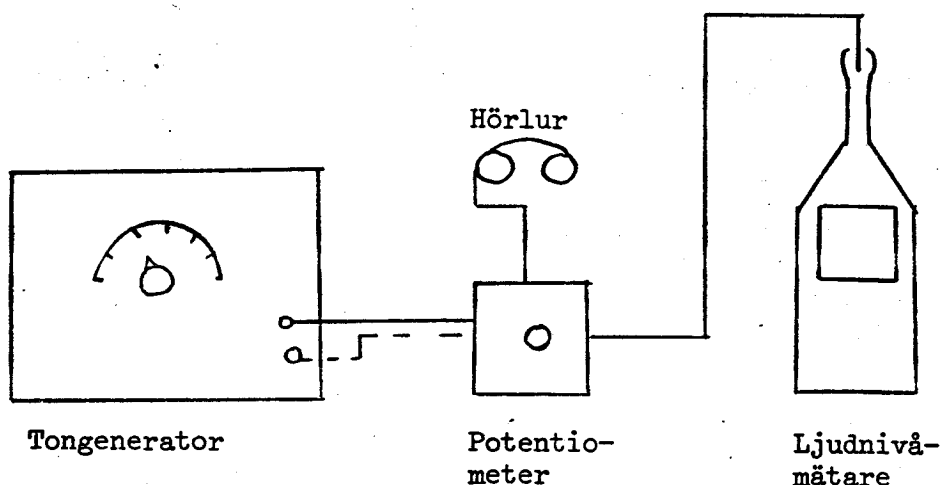
.....

.....

.....

Mätuppgift E. Upptagning av den personliga hörseltröskelkurvan.

Mätuppställning: Se fig. 4.



Figur 4. Apparatur för upptagning av hörseltröskelkurvan.

1. Ställ in ljudnivåmätarens funktionsväljare på läge "Lin" och "Slow".
2. Mät upp ljudnivåns dB-tal vid nedanstående frekvenser då signalen är nätt och jämt hörbar för ditt öra. (Vid svårigheter att höra ljudminimum variera frekvensen något vid oförändrad utspänning).

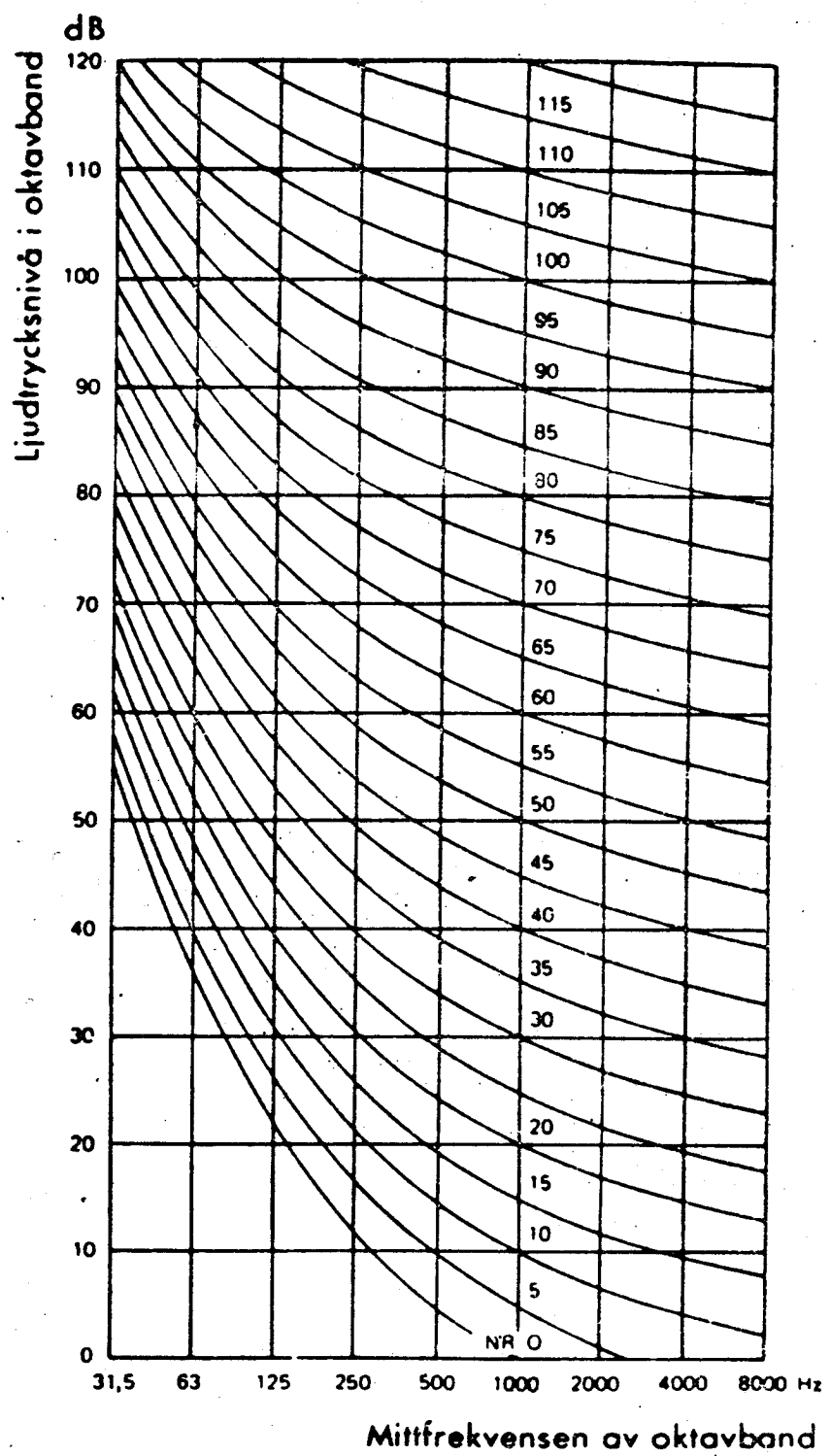
De avlästa dB-talen utgör ett relativt mått på den lägsta uppfattbara ljudintensiteten vid olika frekvenser. Korrigera de avlästa dB-talen så att referensnivån 0 dB motsvarar din egen hörseltröskel vid 1000 Hz.

Resultat:

Frekvens (Hz)	Avläst ljudnivå (dB)	Korr. ljudnivå (dB)
100		
200		
500		
800		
1000		0
2000		
3000		
4000		
8000		

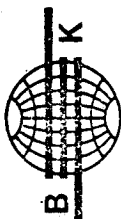
Bearbetning: Inför de korrigerade ljudtrycksnivåerna i diagram 3.

Slutsatser: .....  
.....  
.....



N - kurvor enligt ISO

# BULLERMÄTNINGSPROTOKOLL med oktavbandsanalys



Mätutrustning: Instrument karakteristik fast/slow  
 Kalibrering: Ekvivalent kontinuerlig ljudnivå (Lq) beräkn/mätt.  
 med mätutrustning:

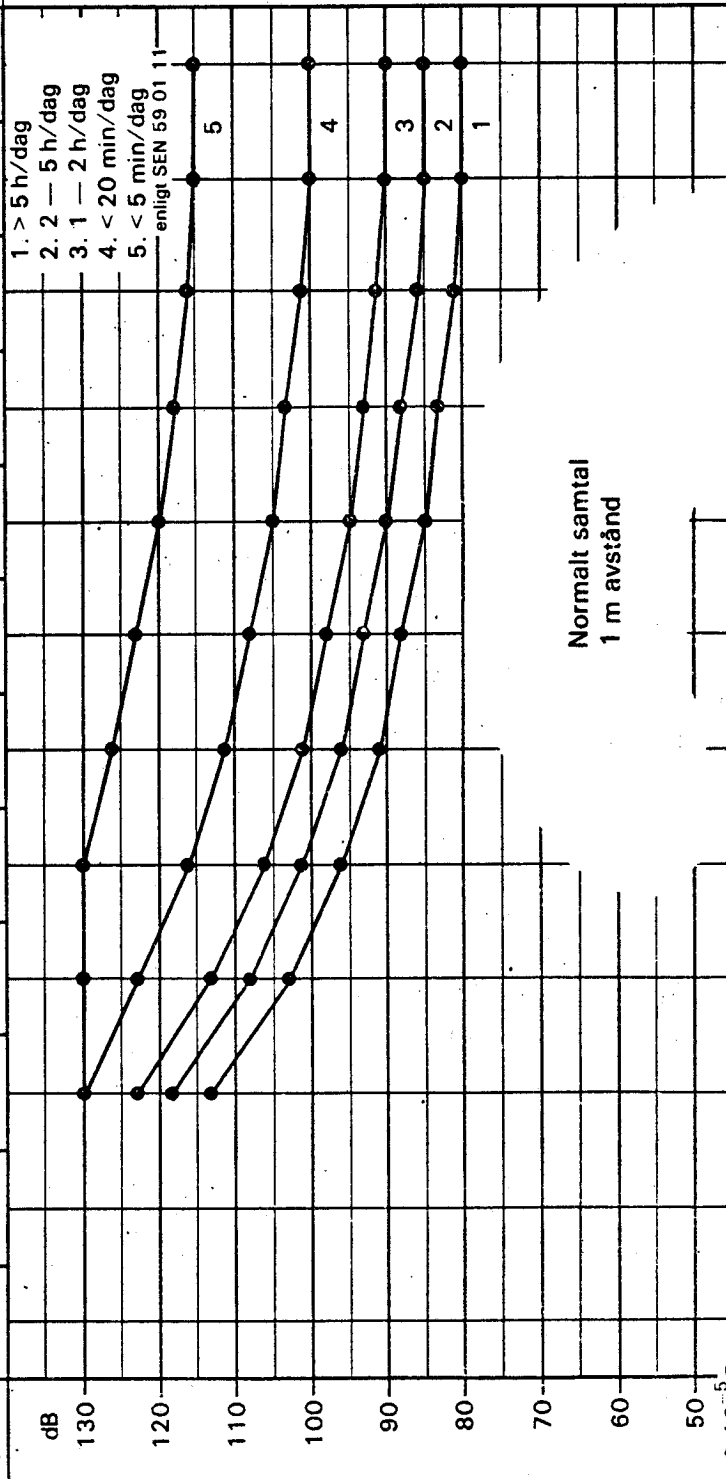
Företag: \_\_\_\_\_  
 Avd., Lokal: \_\_\_\_\_  
 Mät. datum: \_\_\_\_\_ kl. \_\_\_\_\_  
 Mätt av: \_\_\_\_\_  
 Mät. nr.: \_\_\_\_\_

Mät punkt nr \_\_\_\_\_  
 Mät punkt nr \_\_\_\_\_  
 Mät punkt nr \_\_\_\_\_  
 Kommentarer: \_\_\_\_\_

Närmaste bulleralstrande maskin på/avslagen?  
 \_\_\_\_\_  
 —X—X—X—  
 —+—+—+—

Mät- punkt	dB Lin		31.5		63		125		250		500		1000		2000		4000		8000		16000		
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
Lq																							
nr.																							
Lq																							
nr.																							
Lq																							
nr.																							
Lq																							

Lokalens dim: l = \_\_\_\_\_ b = \_\_\_\_\_ h = \_\_\_\_\_  
 Skiss över mätplatsen



Utvärdering \_\_\_\_\_ dat. \_\_\_\_\_ sign. \_\_\_\_\_

Mittfrekvenser 31,5 Hz

16000	8000	4000	2000	1000	500	250	125	63	31.5
-------	------	------	------	------	-----	-----	-----	----	------

re $2 \cdot 10^{-5}$  Pa

Instuderingsfrågor till laboration:

FM10 BULLERMÄTNING

1. Vad menas med närfält och efterklangsfält?
2. Inom vilka frekvenser kan vi normalt uppfatta ljud? Vilka våglängder svarar dessa ungefär mot i luft?
3. Definiera ljudtrycksnivå.
4. Under vilka förhållanden är ljudtrycksnivån ungefär lika stor som intensitetsnivån?
5. Vilka bullerkriterier brukar man ange?
6. Vilka egenskaper hos en porös absorbent bestämmer dess ljudabsorberande förmåga?
7. Varför använder man oftast vägningskurvor när man mäter buller?
8. Man anger ofta en ljudnivå i dB(A). Vad innebär detta?
9. Vilket hjälpmedel använder man för att få ett mått på ett buller som fluktuerar, t.ex. trafikbuller?