

Bra att veta om ljud och ljudnivåmätare

En ljudnivåmätare är ett viktigt verktyg inom ljudteknik, akustik, miljöskydd, arbetsmiljö och överallt där man vill kvantifiera ljudnivån. Ett stort antal olika typer av ljudnivåmätare med olika funktioner och finesser finns på marknaden. Vilket gör att det inte alltid är helt enkelt att veta vilken typ av mätare man behöver för sina ljudmätningar.

Denna skrift är för dig som inte är van att göra ljudmätningar men behöver skaffa in en ljudnivåmätare och känner att du behöver lära dig mer. De första avsnitten behandlar ljud & buller och ljudtermer som är bra att känna till. Avslutande avsnitt beskriver hur en ljudnivåmätare fungerar och vad du behöver känna till för att välja lämplig mätare för dina behov.



v1.3

Ljud

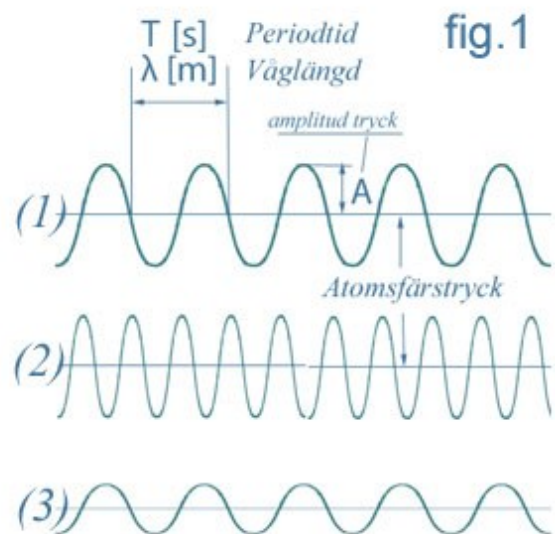
Det som skapar och sänder ut ljud kallar vi en ljudkälla. Exempel på en ljudkälla är en högtalare, någon som pratar eller sjunger, en elektrisk såg eller motor av något slag. Ljudkällan sätter luften i rörelse och en vågrörelse uppstår. Dessa svängningar kan ses som förtätningar och förtunningar i luften, det vill säga tryckvariationer i luften. Våra öron uppfattar dessa tryckvariationer och via hörselnerven får vår hjärna en signal den kan registrera – vi kan höra ljudet.



Ljudvågor

På grund av att ljud har olika styrka och olika frekvenssammansättning kan vi skilja på olika typer av ljud.

Ljudets styrka bestäms av tryckvariationernas amplitud och anges i enheten pascal [Pa]. När Du förflyttar Dig bort från en ljudkälla minskar ljudnivån, dvs amplituden sjunker. Det innebär med andra ord att det vi vanligtvis kallar sänkt volym är sänkt amplitud, och höjd volym är höjd amplitud.



I fig. 1 är amplituden för kurva 1 större än för kurva 3.

Ljudets frekvens, uttryckt i enheten hertz [Hz], är antalet perioder (svängningar) per sekund. Frekvens anger tonhöjd. Låg frekvens ger låg ton (baston) och hög frekvens ger en hög ton (diskantton). I fig. 1 är frekvensen för kurva 2 större än för kurva 1. När man anger frekvens (Hz) använder man prefixet k för tusen, det vill säga 1000 Hz är 1 kHz.

- Hörbart ljud för en människa har ett frekvensområde mellan ca 20 Hz – 20 kHz.
- Infraljud är frekvenser som är mindre än 22 Hz (*).
- Ultraljud är frekvenser som är större än 18 kHz. (*)

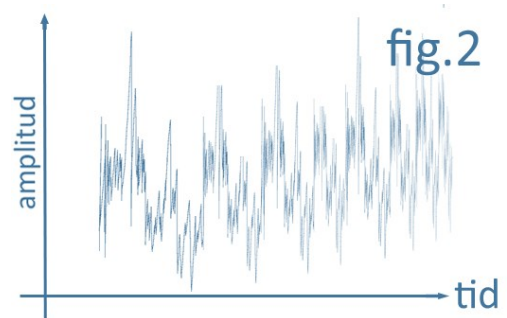
Infraljud	Hörbartljud	Ultraljud
<22 Hz		>18 kHz
	20	20k
		[Hz]

(*) Arbetsmiljöverkets/Arbetarskyddsstyrelsens definition.

Ljudvågens frekvens (f) och periodtid (T) har relationen:

$$f = \frac{1}{T}$$

En ren ton har en s.k. sinusform enl. fig.1. Men ljud är sällan en ren ton utan en mix av många olika toner och kan se ut som i figur 2. I till exempel industriell miljö är ljudet oftast sammansatt av en mängd olika toner och brus. Brus är ljud som innehåller alla frekvenser med en slumpartad styrkefördelning.



Utbredning i olika medier

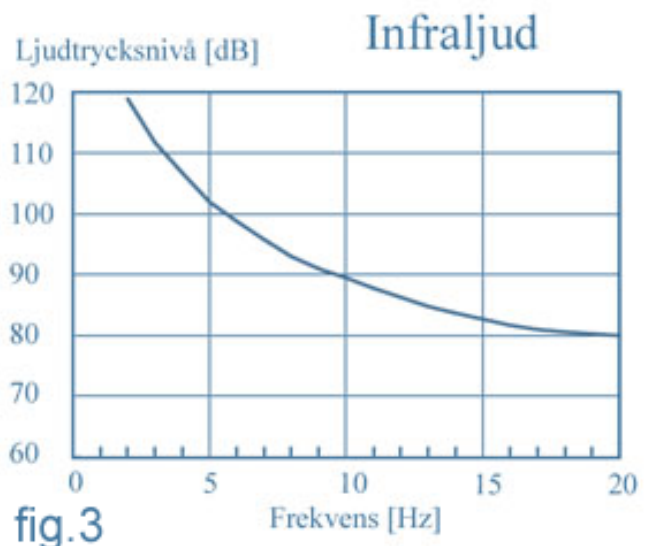
Förutom i luften kan ljud även fortplanta sig i alla medier som har en massa och är elastiska, det vill säga i gaser, vätskor och fasta material. Men ljud kan också under sin utbredning byta överföringsmedium. Ett välbekant exempel på detta är för dig som bor i lägenhet och när ljudet från grannens högtalaranläggning fortplantar sig i husets betongstomme och sedan via luften når ditt öra.

Infraljud

Infraljud utgörs av akustiska vågrörelser med frekvenser under 22 Hz. Vår förmåga att höra olika frekvenser varierar kraftigt och speciellt låga frekvenser har örat svårigheter att detektera. Men är ljudtrycksnivåerna tillräckligt höga kan vi dock uppfatta ljud även i infraljudsområdet. Ibland uppfattar vi infraljud även som vibrationer. Exempel på lågfrekventa ljudkällor är ventilationssystem, kompressorer och förbränningsmotorer. Lågfrekvent ljud har en "otäck" förmåga att kunna breda ut sig inom eller tränga in i byggnader.

Upplevelse av infraljud

Den så kallade perceptions-tröskelkurvan för infraljud framgår av figur 3. Perceptionströskeln anger den lägsta uppfattbara nivån för örat. Infraljud som ligger under tröskel-värdet anser man inte ge upphov till några besvär, enl. [Arbetsmiljöverkets bullerföreskrifter AFS 2005:16](#). Emellertid föreligger individuella variationer, för i likhet med andra typer av ljud tycks vissa personer vara påtagligt mer känsliga för lågfrekventljud än andra



Vid ca 15 Hz upphör den tonala hörupplevelsen och man upplever ljudet i stället som repeterande stötar eller tryckvågor. Nivåskillnaden mellan att inte höra och att få en smärftörnimmelse är betydligt mindre för lågfrekventljud än för ljud med högre frekvens. Detta beror på att man upplever en liten skillnad i ljudtrycksnivå som en mycket stor skillnad vid låga frekvenser.

Ultraljud

Ultraljud är ljud inom frekvensintervallet 18 kHz – 200 kHz. Det för människan hörbara ljudet ligger mellan 20 Hz och 20 kHz. Men i regel kan endast små barn uppfatta ljud med frekvens kring 20 kHz. Vår förmåga att uppfatta högfrekventa ljud avtar nämligen snabbt med stigande ålder.

Många djur kan höra ljud med betydligt högre frekvens än 20 kHz, hundar är ett exempel. Det finns speciella hundvisselpipor som har så hög frekvens att inga människor hör ljudet, men hundar hör visselpipan bra. Ultraljud är ju också ett välkänt begrepp inom sjukvården för t.ex. fosterdiagnostik.

Ultraljud källor

Högfrekvent ljud förekommer i flera tekniska sammanhang, som t.ex. i rengöringsprocesser och plastsvetsning. Ofta ligger frekvenserna mellan 20 kHz – 40 kHz. Några exempel på maskiner som kan generera dessa högfrekventa ljud är centrifuger, hydrauliska pumpar, slipverktyg och höghastighetsborrar.



Störningseffekter av ultraljud

Det är främst frekvensbandet 22 kHz – 28 kHz som kan orsaka problem. Vilket undersökningar på människor och på arbetsplatser har visat. Besvären kan till och med vara smärtsamma och upplevs ofta som en värmekänsla i hörselgången ("Störande buller – Landström m.fl. 1999"). Denna typ av ljud är relativt vanligt förekommande i arbetsmiljöer, t.ex. från slipverktyg och höghastighetsborrar.

Vid tillräckligt långvarig exponering av högfrekvent ljud med hög ljudtrycksnivå (>105 dB) ("Buller – AFS2005:16"), kan det inte uteslutas att permanenta skador på örat kan uppstå.

Ultraljud dämpas mer...

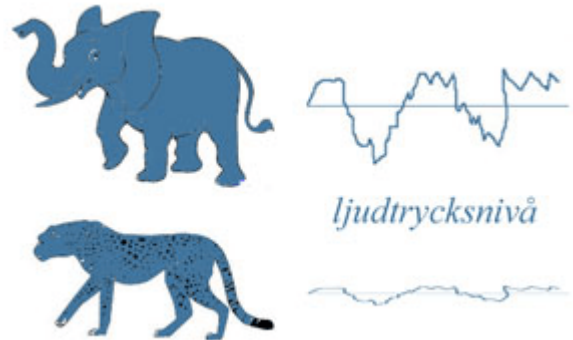
Högfrekventljud (ultraljud) utbreder sig endast korta sträckor i luft medan infraljud kan utbreda sig mycket långa sträckor. Anledningen är att dämpningen i luft är mer effektiv för höga än för låga frekvenser. Detta gör att det ofta är relativt enkelt att begränsa utstrålningen av ultraljud genom avskärmning eller inbyggnad. Även relativt enkla hörselskydd har normalt god dämpning för högfrekventljud.

Ljudnivå

Med ljudnivå menar man ljudtryckets nivå och som namnet antyder är det ljudtrycksnivån man mäter med en ljudnivåmätare.

Ljudtrycksnivå

Eftersom tryck mäts i enheten Pascal [Pa] så anges också tryckvariationernas amplitud i enheten Pascal. Ju större amplitud desto högre ljudtryck. Ljudtrycket är alltså ett mått på ljudets "energi".



Det minsta ljudtryck som det mänskliga örat normalt förmår att registrera är cirka 20 μPa (0,00002 Pa) och vid cirka 20 Pa upplever vi smärta. Tryckförhållandet mellan dessa värden är en miljon. Vår hörsels dynamik är alltså ofantligt stor.

Decibelskala

Men användning av den linjära skalan i Pascal vid mätning av ljudtrycksnivån leder till stor spridning i de olika värdena och det innebär att det är opraktiskt att mäta i enheten Pa. Därför används i stället en logaritmisk skala som anges i decibel (dB). Decibel är ingen enhet (storhet) utan ett logaritmiskt mått. Även värt att notera är att vårt öra inte heller reagerar direkt linjärt för ljud utan faktiskt mer logaritmiskt.

Det matematiska uttrycket för ljudtrycksnivå är:

$$L_p = 20 \log \left[\frac{p}{p_{ref}} \right] \text{ dB}$$

L_p = Ljudtrycksnivå
 p = pressure (ljudtryck)
 p_{ref} = 20 μPa

Ett ljudtryck på:

- 20 μPa är uttryckt i decibel: $20 \cdot \log (20/20) = 20 \cdot \log 1 = 20 \cdot 0 = 0 \text{ [dB]}$
- 20 Pa är uttryckt i decibel: $20 \cdot \log (20/20 \cdot 10^{-6}) = 20 \cdot \log 10^6 = 20 \cdot 6 = 120 \text{ [dB]}$

Decibelskalan är alltså en logaritmisk skala som i det här fallet används för att beskriva ljudets styrka (ljudtrycksnivå) i förhållande till en referensnivå. Referensnivån är 20 μPa (0 dB) vilket är det svagaste ljudtryck som vi kan uppfatta.

Addition och subtraktion av decibelnivåer

Decibel är ett logaritmiskt värde som inte går att addera eller subtrahera på samma sätt som linjära värden. Därför måste man ta hjälp av linjära enheter, i detta fall Pa, för att göra beräkningen och därefter gå tillbaka till logaritmiska värden.

- Addition av decibelnivåer sker enligt formeln:

$$L = 10\log(10^{x1/10} + 10^{x2/10} + \dots + 10^{xn/10})$$

- Subtraktion av decibelnivåer sker enligt formeln:

$$L = 10\log(10^{x1/10} - 10^{x2/10} - \dots - 10^{xn/10})$$

En enkel tumregel som kan vara praktisk att komma ihåg är att om man lägger ihop två identiska källor (lika ljudnivå) ökar ljudnivån med 3 dB medan additionen av 10 identiska källor ökar ljudnivån med 10 dB.

Upplevd ljudnivå db

En ökning av 6 dB innebär en fördubbling av ljudtrycket. Men det krävs en större ökning för att örat skall uppleva det som väsentligt högre. En bra tumregel för "upplevd ljudnivå" är därför:

- 1 dB är den minsta skillnaden som de flesta kan uppfatta.
- 5 dB märkbar skillnad.
- 10 dB upplevs av de flesta som en fördubbling eller halvering.

Decibelnivåer jämförelse

- 0-15 dB Svagast uppfattbara ljud
- 10 dB Fallande löv
- 20 dB Viskning
- 30 dB Svagt vindbrus
- 40 dB Svag radiomusik
- 50 dB Ljudnivå i ett kontorslandskap
- 60 dB Normalt tal
- 70 dB Bil invändigt
- 80 dB Startande långtradare
- 85 dB Risk för hörselskada vid långvarig exponering
- 90 dB En vanlig motorgräsklippare
- 100 dB Motorsåg, avstånd 1m
- 120 dB Tryckluftsborr
- 120 dB Smärtgräns
- 140 dB Motor från ett jetplan
- 150 dB Skott från ett hagelgevär
- 180 dB Kanonskott, trumhinnan spricker

Olika termer vid ljudnivåmätning

Vid ljudnivåmätning är det viktigt att ta hänsyn till tidsaspekten. En mätning görs under en viss tid, allt ifrån några sekunder till timmar eller dagar. Vissa ljudmätningar görs också kontinuerligt, det vill säga mätningen görs under dygnets alla timmar och årets alla dagar (24/7). För att beskriva ljudnivån under en mätning eller tidsperiod används tre grundläggande termer man bör känna till.



Momentan ljudnivå

Under en mätning kommer ljudnivån att variera med tiden. Benämningen momentan ljudnivå är ljudnivån vid ett visst tidsögonblick under mätningen. Hur stort det "tidsögonblicket" är beskrivs längre fram under avsnittet "Hur en ljudnivåmätare fungerar".

Maximal och minimal ljudnivå

Det är ofta intressant att under en mätning (tidsperiod) veta den högsta och lägsta uppmätta ljudnivån. Därför har ofta ljudnivåmätare en Max/Min-funktion.

Ekvivalent ljudnivå

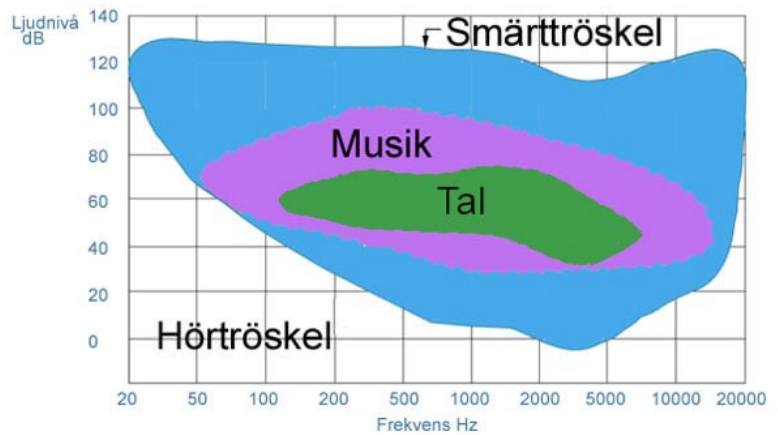
För att beskriva den genomsnittliga ljudnivån under en viss tidsperiod använder vi termen ekvivalent ljudnivå. När ett värde anges för den ekvivalenta ljudnivån skall också mättiden anges, till exempel 4 h eller 8 h (1 dag). En vanlig beteckning för ekvivalent ljudnivå är $Leq(x)$ och där x är mättiden.

Sammanfattning:

- Momentan ljudnivå är den aktuella ljudnivån vid en viss tidpunkt.
- Max/Min-ljudnivå anger högsta/lägsta ljudnivå under en viss tidsperiod.
- Ekvivalent ljudnivå avser en medelljudnivå under en given tidsperiod.

Hörnivå

Det ljud som en människa kan uppfatta har ett frekvensområde mellan ca 20 Hz – 20 kHz. Med åldern försämras dock hörseln och det är främst de högre frekvenserna som påverkas av denna hörselnedsättning. Men även om vi kan höra ljud inom ett visst frekvensområde så varierar vår förmåga kraftigt att höra olika ljudfrekvenser. Till exempel har örat svårare att uppfatta ljud med låga frekvenser än med höga.

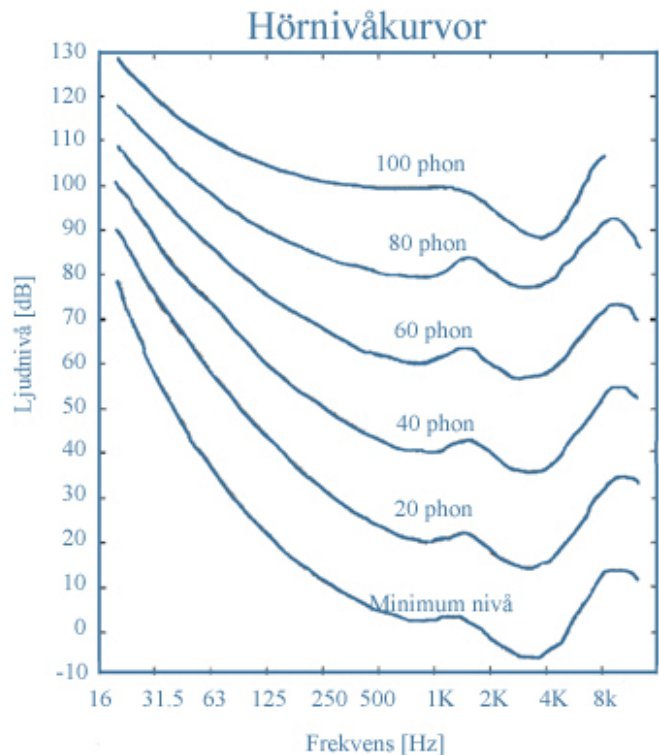


Figuren till höger (ovan) visar människans hörselomfång. Ljudnivån/amplituden visas på y-axeln och frekvensen på x-axeln. Av figuren kan vi se att vår hörsel inte är lika känslig för alla frekvenser. Den är mest känslig emellan ca 2 kHz – 4 kHz och minst känslig vid låga frekvenser. De flesta talljud ligger mellan 125 Hz och 8 kHz.

Hörnivåkurvor

I ett försök att efterlikna hörselsinnetts sätt att väga samman ljudstyrka och frekvenskänslighet, dvs vårt hörseltryck, har man skapat begreppet hörnivå. Hörnivå mäts i enheten phon.

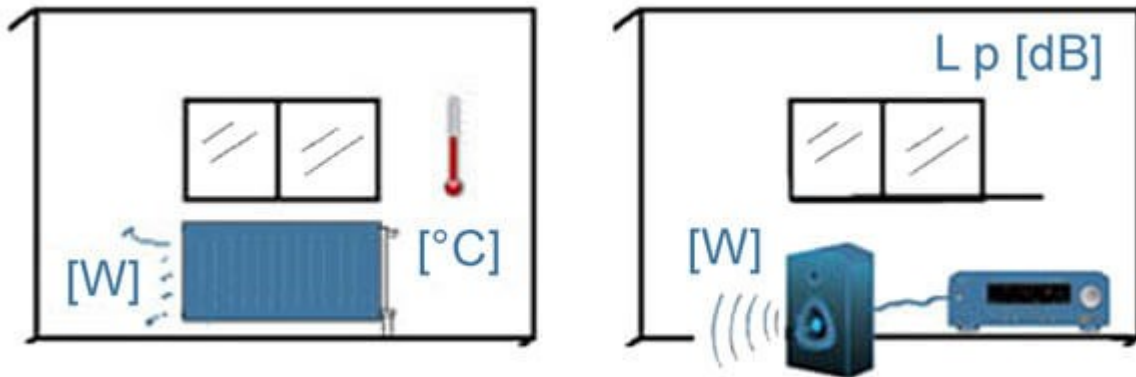
Figuren till höger visar hörnivåkurvor eller om man så vill phon-kurvor. Varje phon-kurva visar den nivå i dB som krävs för respektive frekvens för att ett normalt öra skall uppfatta att ljudnivån är lika. Hur örat upplever en ton på 1 kHz med ljudtrycksnivån X dB definierar ljudnivån för en kurva med hörnivån X phon. Kurvorna är framtagna genom att ett antal försökspersoner har fått avgöra en ren tons hörbarhet vid olika ljudstyrkor och frekvens. Så självklart kan de individuella avvikelserna vara stora.



I figuren syns hörtröskeln, dvs den nivå där vi börjar uppfatta ljudtonen, som kurvan längst ner (jämför även med figuren ovan). Vi kan också se att om ljudnivån är tillräckligt hög är skillnaden mellan hur örat uppfattar låga och höga frekvenser klart mindre än vid en lägre ljudnivå.

Ljudeffekt

Ljudeffekt är den totala akustiska effekten som en ljudkälla sänder ut. Ljudeffekten är oberoende av avståndet till ljudkällan, vilket inte ljudnivån (ljudtrycksnivån) är. Står du på olika avstånd från en ljudkälla kommer du att höra ljudet (ljudnivån) olika starkt (eller svagt). Ljudtrycksnivå är ju något vi kan uppleva med vår hörsel, vilket ej är fallet med ljudeffektnivå. Alla ljudkällor har en karakteristisk ljudeffekt. Effekt anges normalt i enheten Watt [W].



Något som är bekant för de flesta av oss är rumstemperatur och värmeelement. Ett värmeelement har en viss värmeeffekt [W]. Samma värmeelement ger olika rumstemperatur [°C] i olika rum, vilket bland annat beror på att rum har olika storlek, isolation, etc. En stereoanläggning med en viss ljudeffekt [W] som placeras i de olika rummen kommer att ge olika ljudnivå [dB] då de olika rummen har olika storlek, dämpning, etc.

Värmeeffekten skall här jämföras med ljudeffekten och temperaturen alltså med ljudnivån. Det är ju temperaturen du känner och normalt kan bedöma i ett rum och på samma sätt är det med ljudnivån. Så om vi sammanfattar det hela kort kan vi säga att temperatur och värmeeffekt inte har ett direkt samband vilket inte heller ljudnivå och ljudeffekt har.

Definition av ljudeffekt:

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} [\text{dB}]$$

L_w = ljudeffektnivån i dB

W = den avgivna ljudeffektens tidsmedelvärde i W (Watt)

W_0 = standardiserad referensljudeffekt 10^{-12} W (1 pW)

Av ekvationen kan vi se att en fördubbling (2ggr) av ljudeffekten innebär en ökning av 3 dB ($10 \cdot \log 2$).

Samband mellan ljudtryck och ljudeffekt

Den avgivna ljudeffektens fördelning i omgivningen runt ljudkällan kommer att avgöra vilken ljudtrycksnivå det blir på olika avstånd. Hur ljudet breder ut sig skiljer sig åt om ljudkällan står utomhus eller inomhus. Inomhus kommer lokalens akustiska kvalité att avgöra hur vi upplever ljudnivån från till exempel en maskin.

Praktisk användning av ljudeffektvärdet

Ljudeffekt är alltså ett objektivt sätt att beskriva hur mycket något låter oberoende av den miljö objektet befinner sig i och avstånd till mätpunkt. Det innebär att **ljudeffekt är ett användbart värde när man ska jämföra utrustning eller maskiner med varandra** eller då man önskar beräkna ljudnivån på ett visst avstånd från ljudkällan.



Att mäta ljudeffekt

Vill du "mäta" ljudeffekt eller rättare sagt räkna ut ljudeffekt från ljudnivåmätningar med hjälp av en ljudnivåmätare har du att förhålla dig till någon av de standarder som beskriver detta. Dessa standarder definierar bl.a. olika typer av ljud och ljudkällor, testmiljö, mätosäkerhet, kriterier för bakgrundsbuller samt typ av instrument och mikrofonpositioner.

- ISO 3741 - beskriver precisionsmetod för att bestämma ljudeffekten från en ljudkälla från ljudtrycksnivåer uppmätta i ett efterklangsrum
- ISO 3744/639x - beskriver metoder för att bestämma ljudeffekten eller ljud energi från en ljudkälla från ljudtrycksnivåer uppmätta på en fiktiv yta som omsluter ljudkällan
- ISO 3745 - beskriver olika metoder för att bestämma ljudeffekten och ljudenerginiivåer från ljudkällor som större maskiner eller delar av sådana.

Buller

Buller är helt enkelt ljud vi inte tycker om, dvs det vi uppfattar som störande ljud. Inställningen till ljudkällan är alltså oftast mer betydelsefull än själva ljudnivån om vi kommer att uppfatta ljudet som störande eller ej. Detta dock under förutsättning att ljudnivån inte är så hög att det är direkt skadligt ljud för hörseln.



Buller påverkas vi av

Vår hörsel är ett unikt och känsligt system. Buller och störande ljud i för höga nivåer kan ge tillfällig hörselnedsättning och vad värre är även ge permanenta hörselskador. Den tid vi exponeras för buller måste vara acceptabel. Därför är det viktigt att undersökning och övervakning sker av ljudnivån i vår arbetsmiljö. Buller påverkar oss inte bara negativt i form av trötthet, stress och koncentrationssvårigheter, utan kan även ge fysiska problem som högre blodtryck.

Krav från myndigheter

Flera olika myndigheter är involverade i arbetet och ansvaret för bullerfrågor. (se: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/buller/vem-gor-vad/>)

EU-kommissionen utfärdar direktiv och förordningar för medlemsstaterna om buller. WHO skriver till exempel forskningssammanställningar och riktvärden.

Arbetsmiljöbuller

Den tid vi spenderar på vårt arbete är ju betydande. Därför är nivån på den arbetsmiljö eller det industribuller vi vistas i under en normal arbetsvecka viktig.



Att tänka på för Dig som arbetsgivare:

- Identifiera bullerkällor och minimera dessa så långt som det är praktiskt möjligt.
- Undersök alternativa processer, utrustning och/eller arbetsmetoder som kan göra arbetet tystare. Gör tiden kortare när det förekommer buller.
- Håll Dig uppdaterad om de senaste rekommendationerna och råden kring bullerbekämpning.
- Gör bullermätningar för att avgöra hur bullernivåerna ligger i jämförelse med givna gränsvärden (se avsnittet "Gränsvärden"). Ligger nivåerna över gränsvärdena, upprätta en handlingsplan. Bullrets skadliga inverkan på de anställda måste minska.

Tips på åtgärder vid bullerproblem:



- identifiera vilka risker som finns
- identifiera vilka individer som exponeras för buller
- tillhandahåll hörselskydd som en första snabb åtgärd
- eliminera/reducera bullerkällan (som naturligtvis kan vara ett omfattande arbete)
- informera och utbilda de anställda om bullerproblematiken
- ordna hörselkontroll av personer i riskzonen
- använd mätutrustning för att hålla kontroll och övervaka bullret

Lagar och föreskrifter

Arbetsmiljöverkets bullerföreskrifter AFS 2005:16 ger råd och anvisningar om hur du som arbetsgivare skall agera för att uppfylla de ställda kraven. Bullerfrågorna kräver att man arbetar förebyggande, regelbundet och långsiktigt. Finns inte egna interna resurser för att arbeta med dessa frågor rekommenderas att ta in extern hjälp. Företagshälsovård eller konsulter inom området kan hjälpa till med mätningar, åtgärdsförslag och upprätta handlingsplaner. Det är dock alltid arbetsgivaren som är ansvarig för handlingsplanen.

Maskiner och apparater som avger buller

För att veta vad som gäller för tillverkare av apparater och maskiner, se [Maskinförordningen och maskindirektivet avseende buller \(decibelmatare.se\)](https://decibelmatare.se)

Gränsvärden

Arbetsmiljöverkets bullerföreskrifter AFS 2005:16 ger information om vilka bullergränsvärden du som arbetsgivare skall iakttä. Föreskrifterna ger även råd och anvisningar om hur man skall agera för att uppfylla de ställda kraven. Överstiger ljudexponeringen angivna bullergränsvärden kräver föreskrifterna att man tar fram en handlingsplan. När vi talar om gränsvärden för bullernivåer är det i termer av genomsnittliga värden och enskilda bullertoppar, och det är tre olika bullermätningar eller bullervärden som är viktiga:



- Genomsnittligt buller (ekvivalent ljudnivå (Leq)) under 8h, dvs en normal arbetsdag. Bullermätningen sker här med ett s.k. A-filter i ljudnivåmätaren. För att visa att mätningen skett med ett A-filter anger man värdet i dB(A).
- Maximal ljudnivå är den högsta tillfälliga nivån under en viss tidsperiod, och i detta fall under en arbetsdag (8h). Mätning sker med A-filter dB(A).
- Impuls ljud är "plötsliga" ljud. Exempel är slagljud eller skottljud. Mätning ger impulstoppvärdet, alltså det maximala ljudtrycksvärdet. Här sker mätningen med ett så kallat C-filter i ljudnivåmätaren. För att visa att mätningen skett med ett C-filter anger man värdet i dB(C).

(För mer om A och C-filter, se sid 13 "Frekvensvägningsfilter")

Framför allt finns det två viktiga bullerriktvärden att hålla reda på och där arbetsgivare är skyldig att vidta åtgärder om de uppmätta värdena överskrider dessa gränsvärden.

Nivå 1 – 80 dB(A)

- Daglig (8h) bullerexponeringsnivå 80 dB(A)
- Impulstoppvärde 135 dB(C)

Överskrider ljudnivån dessa gränsvärden för buller under en arbetsdag (8h) är arbetsgivaren skyldig att:

- Informera, samråda och utbilda arbetstagarna om de aktuella riskerna.
- Erbjud lämpliga hörselskydd.
- Genomföra en riskbedömning, det vill säga göra en bedömning av hur stora riskerna är och vilka negativa konsekvenser det kan ha för de anställda. Riskbedömningen skall göras skriftligt. Erbjud hörselundersökning till arbetstagarna om riskbedömningen visar risk för hörselskada.

Nivå 2 – 85 dB(A)

- Daglig (8h) bullerexponeringsnivå 85 dB(A)
- Maximal ljudtrycksnivå 115 dB(A)
- Impulstoppvärde 135 dB(C)



Överskrider ljudnivån dessa gränsvärden för buller under en arbetsdag (8h) är arbetsgivaren skyldig att:

- Upprätta skriftlig handlingsplan och:
 - vidta omedelbart åtgärder för att minska bullernivån under gränsvärdena.
 - utreda orsakerna till varför gränsvärdena överskridits.
 - vidta åtgärder så att gränsvärdena inte överskrids i fortsättningen.
- Markera och skylta samt begränsa tillträde till utsatta utrymmen och lokaler.
- Även se till att det används lämpliga hörselskydd.
- Erbjud hörselundersökning till berörda arbetstagare.

Hörselskydd

Våra öron kan ta skada av att under en längre tid utsättas för en ljudnivå över ca 85 dB (AFS 2005:16). Tänk därför på att alltid använda någon form av hörselskydd, såsom öronproppar, hörselkåpor eller annat dämpande skydd i de miljöer där du misstänker att ljudnivån överstiger 85 dB.

Men använder arbetstagaren hörselskydd med en dämpning som innebär att man klart hamnar under gränsvärdet behövs dock inga omedelbara åtgärder göras. Men arbetsgivaren är fortfarande skyldig att uppfylla de krav som hör ihop med dessa bullergränsvärden. Också vid lägre ljudnivåer, som 75–80 dB, kan användning av hörselskydd vara befogat, då speciellt känsliga personer kan riskera skador vid exponering för lägre nivåer än de angivna gränsvärdena.

Hur en ljudnivåmätare fungerar

För att använda en ljudnivåmätare behöver man ha en viss förståelse för hur den är uppbyggd och vilka funktioner som behövs för att mäta vissa parametrar.

Uppbyggnad

De olika beståndsdelarna i en traditionell ljudnivåmätare kan beskrivas med bilden till höger. Vi ska nu titta närmare på var och en av de olika delarna.

• Mikrofon

Mikrofonens uppgift är att omvandla ljudtryck till en elektrisk spänning. En högtalare omvandlar en elektrisk signal till ljudvågor medan en mikrofon omvandlar ljudvågor till en elektrisk signal. Ett mätresultat kan inte bli bättre än den använda mikrofonen. Det finns olika typer av mikrofoner med olika för- och nackdelar.

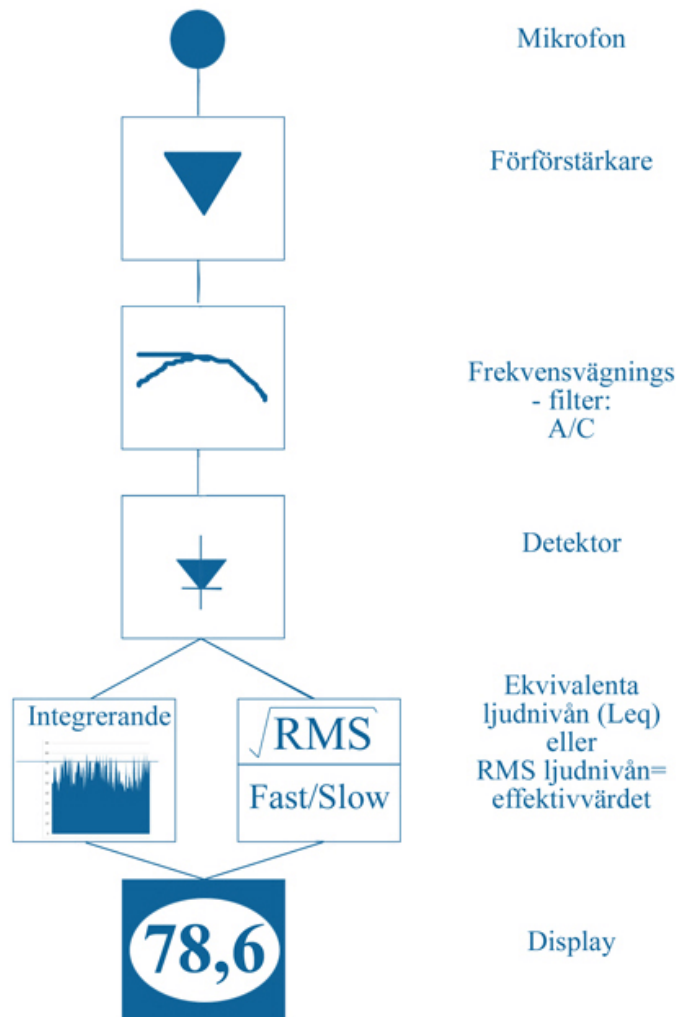
• Förförstärkare

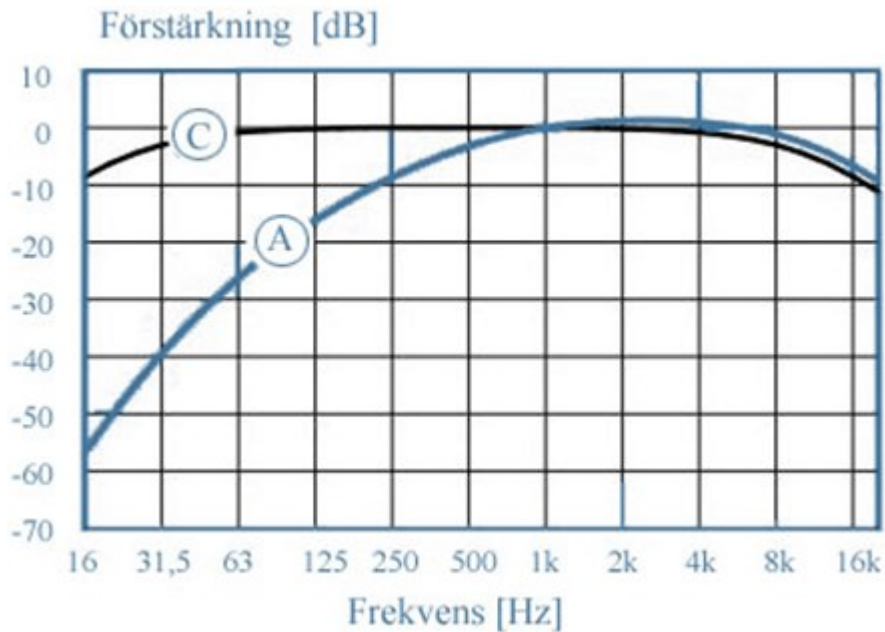
En förförstärkare är nödvändig för att förstärka mikrofonens relativt svaga elektriska signal.

• Frekvensvägningsfilter

Som beskrivits i tidigare avsnitt "Hörnivå" har ljudets frekvens en stor betydelse för hur man uppfattar ljudet. För att efterlikna människoörats känslighet gör man därför ljudmätningar med standardiserade vägningsfilter. **Frekvensvägningsfiltrets uppgift är alltså att korrigera ljudnivån för de olika frekvenserna på ett sätt som liknar örats egenskaper.**

De mest använda filtren är A-filter med enheten dB(A) och C-filter med enheten dB(C).





Vid bedömning av hörselskaderisk använder man A-filter. A-filter efterliknar nämligen örats känslighet vid svaga ljud. Man säger att ljudnivån är A-vägd när man använder A-filter.

C-filter efterliknar örats känslighet vid starka ljud och det dämpar därför inte låga frekvenser lika mycket som ett A-filter, utan det tar större hänsyn till låga frekvenser. Vid mätning av ljudtoppar, s.k. impuls ljud använder man C-filter och man säger att ljudnivån är C-vägd.

Z-filter representerar det aktuella ljudet, dvs ingen viktning. Det finns också ett B-filter för att hantera de mellanstarka ljuden. Det liknar A, fränsett av att den lågfrekventa dämpningen är mindre extrem. Men användningen av B-filter förekommer numera mer sällan.

• Detektor

För att göra om AC-signalen till en DC-signal (likspänning) behöver man använda en detektor. Det kan göras på i princip två sätt:

1) Tidsvägd ljudnivåmätning

En konventionell ljudnivåmätare använder en RMS (root-mean-square) detektor vilket ger ljudtrycksnivån (dB) eller det så kallade effektiva medelvärdet (effektivvärdet) av mikrofonsignalen.

Vid mätning av ljudtrycksnivån använder man sig av en tidsvägning. Tidsvägning är ett mått på hur fort instrumentet reagerar på variationer av ljudet. Men tidsvägning är också ett sätt att mäta ljudnivån som liknar hur örat uppfattar ljud i tidsdomän, alltså med avseende på tid. Vi har ovan beskrivit hur man använder frekvensvägningsfilter i ljudmätare för att efterlikna hur örat uppfattar ljud med avseende på frekvens.

Tidsvägd ljudnivåmätning kan ses som ett slags löpande medelvärde av ljudnivån. De tre tidsvägningar som används är

- Slow (långsam), tidskonstant=1 sek.
- Fast (snabb), tidskonstant=125 ms.
- Impulse (impuls), tidskonstant=35 ms.

De två vanligaste använda tidsvägningarna är F och S. En ljudnivåmätare som är inställd på "Fast" kan registrera snabba växlingar i ljudnivån medan en inställning på "Slow" innebär att instrumentet reagerar mer långsamt. Om ljudnivån är konstant kommer båda inställningarna att visa samma nivå på ljudnivåmätaren. Olika bestämmelser och standarder definierar vilken tidsvägning man skall använda för en given mätsituation.

För "korta ljud" som slagljud och skottljud används en mätning som heter C-vägd toppljudtrycksnivå (LpC,peak) och som mäter det s.k. impulstoppvärdet. För att mäta impulstoppvärdet använder man alltså ett C-filter i instrumentet och inställningen "peak". Standarden IEC 61672-1 definierar kraven på "LpC,peak". Denna mätning finns bara på de mer avancerade ljudnivåmätarna.

2) Integrerande medelvärdesmätning som ger tidsgenomsnittlig ljudnivå

En integrerande ljudnivåmätare mäter den ekvivalenta ljudnivån (Leq) under en vald tidsperiod. Den ekvivalenta ljudnivån är som ett medelvärde över tiden. För förklaring av "Ekvivalent ljudnivå" se sid 7. Denna mätmetod refereras till som både "integrerande" och "integrerande medelvärdes"- mätningar. Den senare termen är mest korrekt men båda benämningarna förekommer.

De flesta klass 1 mätare är av integrerande typ och klarar därmed av att mäta ekvivalent ljudnivå (Leq). Däremot för klass 2 mätare är det inte lika självklart utan här finns det båda typerna, dvs mätare som bygger på enbart tidsvägd ljudnivåmätning och de som är av integrerande typ.

• Mikroprocessor

För bearbetning av mätdata samt för hantering av minneskretsen som lagrar all mätdata behöver man använda en mikroprocessor.

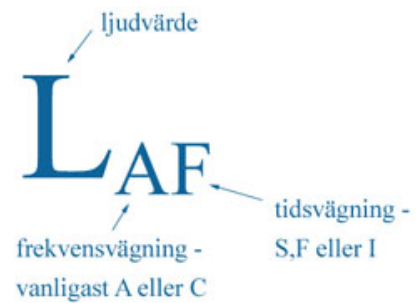
• Display

En ljudnivåmätare behöver ju oftast också ha en skärm (display) för att kunna presentera mätresultatet. Som användare vill man ju ha en klar och tydlig visning av mätresultatet oberoende av hur ljusförhållandena är vid själva mätplatsen.



Mätparametrar för ljudnivåmätare

För att beskriva vilken mätparameter man avser så finns det ett gemensamt system med förkortningar. För ett ljudnivåvärde anger man ett stort L. Därefter vilken frekvensvägning (1) man använder och sedan tidsvägning (2). Dessa två ska vara nedsänkta relativt ljudnivåvärdet. Finns det ingen angivelse kan man anta att A (A-filter) och F (Fast) har använts då dessa två är vanligast.



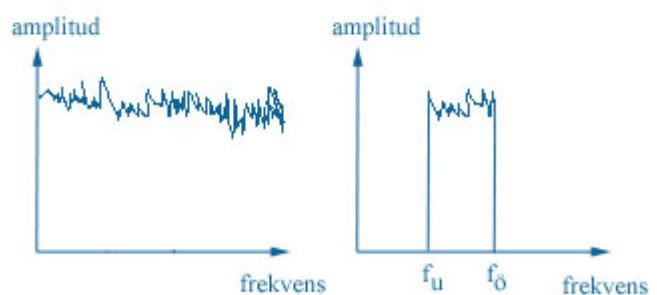
Frekvensanalys

I många sammanhang är en ljudmätning där man enbart mäter ljudnivån inte tillräcklig. För att förstå ljudets karaktär och kunna vidta lämpliga åtgärder behöver man också veta vilka frekvenser eller frekvensintervaller ljudet består av.

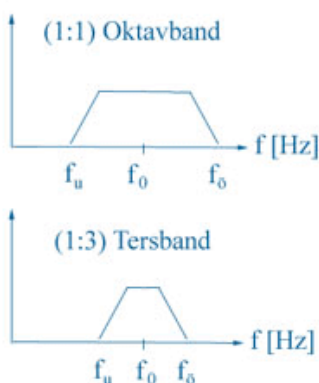
Oktavband & Tersband

När vi vill bestämma en ljudsignals frekvensfördelning kan frekvensområdet delas upp i flera olika sektioner eller frekvensband. Denna uppdelning sker med hjälp av olika bandfilter. Ett bandfilter släpper fram frekvenser mellan en övre och undre gränshänsfrekvens, se figur. Med ett filters bandbredd avser man avståndet mellan den övre och undre gränshänsfrekvensen.

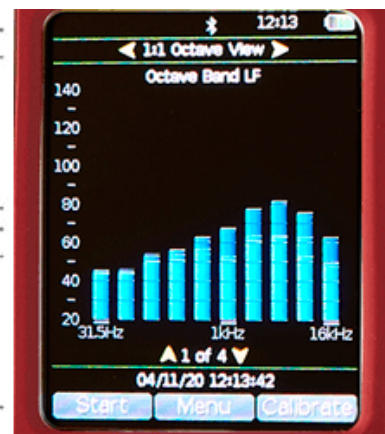
Frekvensbandfilter



För ljudmätningar är oktav- och tersband de vanliga filtertyperna. En oktav är ett frekvensband där den högsta frekvensen är dubbelt så stor som den lägsta frekvensen. Ett tersband har 1/3 bredd av ett oktavband.



Oktavbandsfilter	
Mittfrekvens, f_m	$f_m = \sqrt{f_u f_o}$
Undre gränshänsfrekvens, f_u	$f_u = f_m / \sqrt{2}$
Övre gränshänsfrekvens, f_o	$f_o = \sqrt{2} f_m$
Bandbredd, $B = f_o - f_u$	$B = (\sqrt{2} - 1/\sqrt{2}) f_m$
Tersbandsfilter	
Mittfrekvens, f_m	$f_m = \sqrt[3]{f_u f_o}$
Undre gränshänsfrekvens, f_u	$f_u = f_m / \sqrt[3]{2}$
Övre gränshänsfrekvens, f_o	$f_o = \sqrt[3]{2} f_m$
Bandbredd, $B = f_o - f_u$	$B = (\sqrt[3]{2} - 1/\sqrt[3]{2}) f_m$

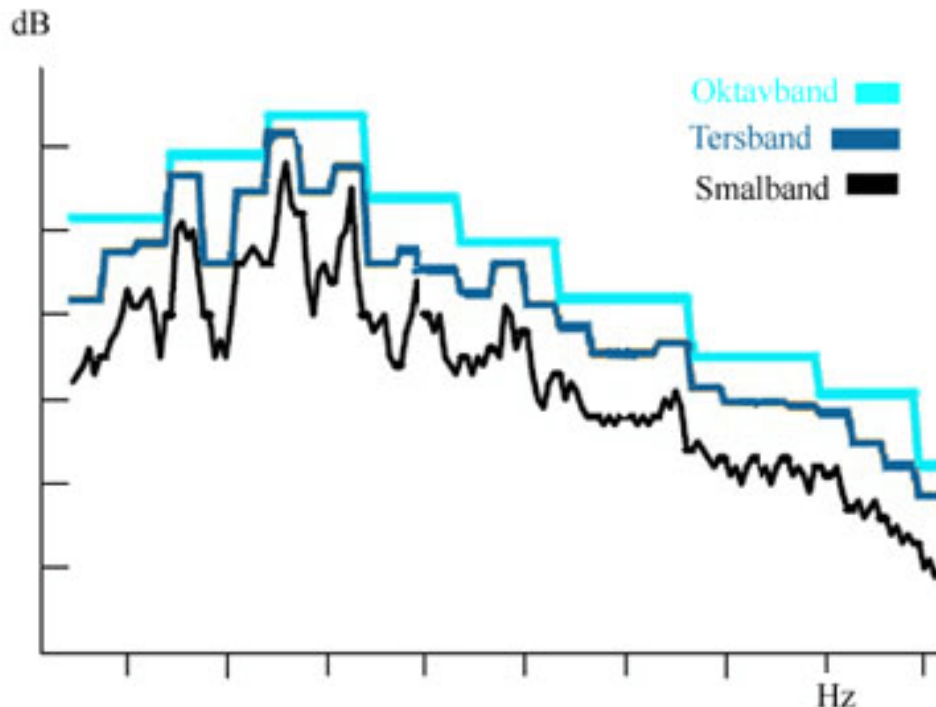


Centerfrekvenserna för oktavbanden mellan 31.5 Hz och 16 kHz är standardiserade enligt följande: 31,5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz och 16 kHz

Vanligt är att en ljudnivåmätare med oktavbandsfilter (1:1) har 10 st standardiserade band från 31,5Hz till 16kHz. Medan en ljudnivåmätare med tersbandsfilter (1:3) ofta har 33st band från 12,5Hz till 20kHz. Oktavbandsanalys ger en grov översikt av bullrets frekvensinnehåll och man kan bl.a. använda det för att göra jämförande mätningar. Medan tersbandsanalys är att föredra när man använder buller- och vibrationsmätningar för att ta fram beslutsunderlag för åtgärder samt i byggnadsakustiska sammanhang.

Smalbandsanalys

Ibland behöver ljudets frekvensinnehåll analyseras i ännu smalare frekvensband, så kallad smalbandsanalys. För detta ändamål använder man en spektrumanalysator med så kallad FFT-analys (Fast Fourier Transform) där signal-behandlingen sker digitalt. Ljudspektrat presenteras då uppdelat i ett antal linjer eller sammanbundna punkter.



Mätnoggrannhet

Även vid omsorgsfullt utförda bullermätningar har de uppmätta ljudnivåerna en viss onoggrannhet, vilket kan bero på bland annat:

- själva instrumentets onoggrannhet
- kalibreringen
- felaktig användning

Standard för ljudnivåmätare

En ljudnivåmätarens egenskaper är internationellt standardiserad och den aktuella standarden att förhålla sig till är IEC 61672. Standarden specificerar två olika typer eller klasser nämligen klass 1 och klass 2.

Klass 1

Man använder benämningen precisionsinstrument för ett klass 1 instrument då det ger mer noggranna mätningar än ett klass 2 instrument. Onoggrannheten vid mätning av ljudnivåvärden kan antas uppgå till ± 1 dB(A). Frekvensområdet är också större för ett klass 1 instrument jämfört med ett klass 2. Typiskt frekvensområde är 20 Hz – 16 eller 20 kHz.

Klass 2

För en klass 2 mätare kan man anta att onoggrannheten vid mätning av ljudnivån uppgår till ± 2 dB(A). Typiskt frekvensområde är 20 Hz – 8 kHz, men vissa klass 2 mätare har samma frekvensområde som en klass 1 mätare. Då en klass 2 ljudmätare har en mindre noggrann specifikation har den generellt också ett klart lägre pris än en klass 1 mätare.

Din ljudnivåmätare skall vara klassad

Vilken typ av ljudnivåmätare du behöver beror på vad du skall mäta och vilken mätstandard du behöver uppfylla. Ska du använda dina mätningar i något sammanhang som ett juridiskt bevis är en klass 1 mätare troligtvis att föredra då den har högre noggrannhet. För mer generella mätningar och fältmätningar räcker det oftast med ett klass 2 instrument.

Vid köp av en ljudnivåmätare skall man alltid försäkra sig om att instrumentet har en klassificeringsmärkning, antingen IEC 61672 klass 1 eller klass 2. Om tillverkaren inte anger någon klassning/standard som instrumentet uppfyller så är det ingen mätare utan mer en indikator.....

Bra att tänka på vid köp

Utbudet av handhållna ljudnivåmätare är stort. Att inför ett köp jämföra olika mätare är inte alltid enkelt. Men följande "kom ihåg" kan vara bra att tänka på:

- Viktigt att instrumentet uppfyller gällande standard för ljudnivåmätare IEC 61672-1 klass 1 eller klass 2.
- Se till att följande tre basfunktioner finns på mätaren:
 1. Tidsvägningsfilter (Fast/Slow) (för förklaring, se sid 16)
 2. Frekvensvägningsfilter A/C (för förklaring, se sid 14)
 3. Max/Min-funktion (för förklaring, se sid 7)
- Behöver du även kunna mäta med tidsvägning "Impulse" (LAI eller LCI)? Se då till att även din ljudnivåmätare klarar det. Tidsvägning "Impulse" finns nämligen inte på alla mätare.
- För att mäta "korta ljud" som slagljud och skottljud behöver du kunna mäta topp ljudtrycksnivå ($L_{C,peak}$) som också benämns impulstoppvärdet. Mätaren ska alltså ha ett C-filter samt möjlighet att välja inställningen "peak".
- Vill du kunna göra mätning under en viss tidsperiod, och se förändring av ljudnivån över tid, behöver din mätare ha ett internt minne. Vill du använda din dator för att studera din mätning i efterhand behöver det också finnas en programvara.
- Vill du kunna mäta den ekvivalenta ljudnivån (L_{eq}) behöver du en integrerande ljudnivåmätare. (för förklaring av ekvivalent ljudnivå, se sid 7)
- För att kunna fastställa om bullret är hörselskadligt krävs, enl. Arbetsmiljöverkets handbok om "Buller och bullerbekämpning", som minimum att ljudnivåmätaren kan mäta:
 1. A-vägd ekvivalent kontinuerlig ljudtrycksnivå (L_{Aeq})
 2. A-vägd maximal ljudtrycksnivå med tidsvägning F (L_{AFmax})
 3. C-vägd impulstoppvärde (L_{Cpeak}).

Ju fler olika typer av mätningar man vill klara av att göra får ju också till följd att priset på ljudmätaren stiger.

För översikt över ett stort antal modeller av ljudmätare i olika prisklasser, se:

<https://www.faleco.se/cirrus-optimus-ljudnivamatare/>



Varför behövs en akustisk kalibrator?

För alla traditionella ljudnivåmätare (oberoende av fabrikat) rekommenderas att Du gör en kalibrering (justering) av mätaren med en akustisk kalibrator före varje mätning. Vissa mätmetoder föreskriver även att man efter mätningen kontrollerar ljudnivåmätaren med kalibrator. Detta för att se eventuell förändring av ljudnivåmätaren under själva mätningen som ju kan pågå under en längre tid samt vid olika klimatförhållanden.



Från Arbetsmiljöverkets bullerföreskrifter AFS 2005:16 kan vi läsa följande rekommendation: *“För att uppnå erforderlig mätnoggrannhet är det viktigt att det använda instrumentets kalibrering kontrolleras med en akustisk kalibrator före och efter varje mätning.”*

Kalibrering

Ordet kalibrering kan vara något förvirrande för det används för att beskriva två olika typer av händelser/procedurer nämligen:

1) Kalibrering (verifiering)

Utförs av ett ackrediterat kalibreringslabb och beroende på omfattningen mäter man upp flera frekvenser och nivåer. Rekommenderat kalibreringsintervall från tillverkaren är oftast 1 år. Men det är upp till Dig som användare och vilken mätstandard Du mäter mot som avgör tidsintervallet. I akustiska mätstandarder förekommer både 1 och 2 års tidsintervall.

Certificate of calibration

What is a Calibration Certificate?
Calibration is a process used to maintain the accuracy of a measurement device. The calibration process involves comparing the measurement device to a known reference – the reference being highly accurate in relation to the device being calibrated.

2) Kalibrering (justering)

En akustisk kalibrator ”justerar” mätaren vid en enda frekvens och nivå. Kalibratören används alltså av Dig som användare och är ett viktigt tillbehör vid ljudmätningar.



För instruktion hur Du utför en kalibrering (justering), se manualen för respektive modell.

A series of 25 horizontal dashed lines spanning the width of the page, intended for writing or drawing.

A series of 25 horizontal dashed lines spanning the width of the page, intended for writing or drawing.

Faleco