

1994:14

Underlag för åtgärder mot ventilationsbuller

– vilka tonfrekvenser är minst och mest störande?

*Ulf Landström
Lena Söderberg
Bertil Nordström
Anders Kjellberg*

Tekniska enheten, Umeå
Enhetschef: Ulf Landström

Underlag för åtgärder mot ventilationsbuller -vilka tonfrekvenser är minst och mest störande?

Ulf Landström
Lena Söderberg
Bertil Nordström
Anders Kjellberg

Vid Arbetsmiljöinstitutet arbetar drygt 300 forskare med arbetslivets miljö. Forskningen leds av 30 professorer. Institutet bedriver i stor utsträckning tillämpad forskning, men vissa problemområden kräver också grundforskning.

Institutets vetenskapliga kompetens finns inom sex olika ämnesområden: fysiologi, kemi, medicin, psykologi, teknik och toxikologi. Denna breda kompetens gör att olika problem kan angripas tvärvetenskapligt.

Institutet svarar för utbildning av företagsläkare, företagssköterskor, skyddsingenjörer, sjukgymnaster och beteendevetare.

Information om arbetsmiljöforskning är en annan viktig uppgift för institutet.

© Arbetsmiljöinstitutet och författarna 1994

ISBN 91-7045-???-?

ISSN 0346-7821

Förord

Följande undersökning utgör del i ett mer omfattande projekt inriktat på att utreda hur åtgärdsinsatser mot ventilationsbuller bör utformas för att minimera störningsupplevelsen och därtill relaterade effekter. Forskningsprojektet avses att innefatta utvärderingar av tonkaraktäristik, bandbredd, ljudtrycksnivå och tidsfluktuationer. Följande rapport utgör beskrivning av försök inriktade på tonparametern, med särskild inriktning på tonpositionen inom det lågfrekventa området.

Författarna framför ett särskilt tack till samtliga medverkande försökspersoner. Projektet har finansierats av Byggeforskningsrådet.

Författarna

Innehåll

1. Inledning	1
2. Metodik	3
2.1 Försökspersoner	3
2.2. Exponeringsrummet	3
2.3. Generering och inställning av ljud	3
2.4. Arbetsuppgift	6
2.5. Skattningar	6
2.6. Inställning av tonfrekvens	6
2.7. Försöksdesign	6
3. Resultat	7
3.1 Inställningar av tonfrekvens	8
3.2 Skattningar av upplevd störning, ansträngning, obehag och prestation	8
4. Diskussion	9
5. Sammanfattning	11
6. Summary	11
7. Referenser	12

1. Inledning

Ventilationsbuller återfinns idag i så gott som alla typer av inomhusmiljöer; i bostäder, fritidslokaler, serviceinrättningar, skolor, sjukhus, fabrikslokaler, maskinrum, verkstäder, lagerlokaler, kontrollrum, kontor, fordon, sammanträdesrum, undervisningslokaler, vilorum, manöverrum, vårdlokaler etc. Ventilationssystemets utformning och dimensionering och därmed även bullernivån, påverkas givetvis i hög grad av faktorer som behovet av luftombyte, temperaturreglering, rummets storlek, antalet personer i lokalen, typ av verksamhet etc. Detta medför att ventilationsbullernivån normalt är avsevärt högre i fabrikslokaler, maskinrum, verkstäder etc, än i exempelvis bostäder, kontor och undervisningslokaler. I många miljöer kan personer därför utsättas för långvariga exponeringar av höga ventilationsbullernivåer, som kan vara både störande, tröttande och talmaskerande.

De ventilationsbullerproblem som berör flest människor, härrör dock från jämförelsevis tysta miljöer, exempelvis bostäder, kontor, undervisningslokaler, sammanträdesrum och vårdlokaler. Problemet berör därmed ett mycket stort antal personer. Klagomålen på ventilationsbullret i dessa miljöer har under senare år vuxit markant, medan insatserna mot ventilationsbullret var mycket begränsade under 70- och 80-talet. Rekommendationer som är tillämpbara på ventilationsbuller anger vanligen en högsta acceptabel nivå på 40 dBA (1, 3, 16, 17), i vissa fall 35 dBA (2). Dessa rekommenderade högsta nivåer överskrids emellertid i många miljöer.

Exponeringsnivåer och besvär p.g.a. ventilationsbuller i tysta miljöer beskrivs bl.a. i en undersökning av kontorsmiljöer (10). Tekniska mätningar och analyser av ventilationsbullret kombinerades med bedömningar från kontorspersonalen m.a.p deras störningsupplevelser, påverkan på arbetsprestation, trötthet, spänningsvärk, huvudvärk m.m.

På två av arbetsplatserna var den genomsnittliga nivån 39 dB(A), medan den var 35 resp 34 dB(A) på de två andra. Den rekommenderade högsta acceptabla nivån 40 dB(A) överstegs för arbetsplatserna med de högre ventilationsbullernivåerna i 24 resp 48 % av mätplatserna. För de två övriga arbetsplatserna var situationen avsevärt bättre, där ingen resp 14 % av mätplatserna översteg 40 dB(A)-nivån.

Under 70- och 80-talet fördes en ofta återkommande diskussion kring infraljudets, dvs ljudfrekvenser under 22 Hz, bidrag till effekterna av ventilationsbuller, eftersom infraljud i andra tidigare studier har visat sig kunna upplevas som störande och kunna leda till sänkt vakenhet. Av de smalbandsanalyser som genomfördes på de 155 kontorsarbetsplatser som ingick i undersökningen, framgick att infraljudet inte i något fall kunde antas vara av betydelse för störningsreaktionen. Denna slutsats grundar sig på att ljudtrycksnivåerna under 22 Hz ligger avsevärt under den s.k. hörperceptionströskelkurvan, och alltså inte är uppfattbart. Att infraljud på dessa nivåer inte har störnings- eller vakenhetseffekter har påvisats i tidigare studier (13), och finns även formulerat i AFS 1992:10 (1). Hörbart ljud från ventilationsbuller förekommer i allmänhet endast vid frekvenser över ca 50 Hz varför åtgärder mot ventilationsbullret bör alltså inriktas mot frekvensområdet 50 Hz–10.000 Hz. Utfallet bedöms i detta avseende vara representativt för dagens kontor, men det ska poängteras att nivåer över perceptionströskeln i infraljudområdet givetvis kan genereras från kraftigt dimensionerade ventilationssystem, i exempelvis fabrikslokaler, lagerlokaler, varuhus, m m.

I undersökningen från 1991 skattade kontorspersonalen ventilationsbullret som "något störande" till "ganska störande" vid de två arbetsplatser där exponeringsnivån genomsnittligt låg vid ca 40 dB(A). Vid de två arbetsplatserna med 5 dB lägre medel-

nivå låg medelskattningen mellan "inte alls störande" och "något störande". Skillnaden i nivå medförde alltså en avsevärd sänkning av den genomsnittliga störningsnivån.

Att en 5 dB sänkning av ventilationsbullernivån ger en så stor effekt beror på att en sådan förändring påverkar hörstyrkan betydligt mer inom det lågfrekventa området än vad det skulle göra i ett högre frekvensområde. Detta framgår av de sk phon-kurvorna (6). Även minskningar på 2 till 5 dB inom den lågfrekventa delen i ventilationsbullret ger således påtagliga vinster i form av till sänkta störningsupplevelser.

Hur störande ett ventilationsbuller upplevs beror inte enbart på dess dB(A)-nivå. Förekomsten av toner och intermittenta inslag i bullret, kan också påverka störningsupplevelsen.

Man har i flera sammanhang uppmärksammat att en ren ton i ett buller kan göra det mer störande (8, 14) Förslag finns också utarbetade för hur man ska ta hänsyn till förekomsten av toner vid den hygieniska bedömningen av ett buller (4, 8, 14). Effekterna av lågfrekventa toner är dock mindre väl utredda. Landström m fl (9) jämförde i en laboratorieundersökning tonartat (100 Hz), bredbandigt och maskerat ventilationsbuller avseende effekter på prestation, vakenhet och störningsupplevelse. Man fann där tendenser till ökad sömnhet och lägre tolerans för tonartat ventilationsbuller. Då ett maskerande rosa brus lades till det tonartade ventilationsbullret var tendensen att prestationen förbättrades och vakenhet ökade men att man samtidigt blev mer störd av bullret. Samtliga effekter var emellertid svaga och i de flesta fall inte statistiskt säkerställda.

I en uppföljande laboratorieundersökning (5) exponerades 24 försökspersoner i ett simulerat kontorsrum för ventilationsbuller av varierande nivå- och frekvenskaraktäristik. Resultaten visade bl a att den högsta acceptabla nivån var ca 7 dB *högre* för ventilationsbullret med pålagrad ton (30 Hz) än för de andra bullertyperna.

Landström och medförfattare (9), studerade toleransnivåer för rena toner och brus (100 och 1000 Hz) och fann att toleransnivån var mycket lägre för en ton än för ett brus vid 1000 Hz, medan tendensen var den motsatta vid 100 Hz.

Hittillsvarande försök visar med tydlighet att en sänkt ljudtrycksnivån kan vara en effektiv åtgärd förutsatt att den inriktas på det ur påverkanssynpunkt mest kritiska frekvensområdet. Hittillsvarande studier talar dessutom för att förändringar av bullrets frekvenssammansättning ibland kan vara en väl så framgångsrik åtgärder som en sänkning av dB(A)-nivån. Vilken spektral sammansättning av ventilationsbullret som är optimal ur störningssynpunkt, är dock fortfarande oklart.

I föreliggande undersökning studeras lågfrekventa toner i ett ventilationsbuller, och vid vilka tonfrekvenser som ventilationsbullret upplevs som mest och minst acceptabelt.

Försöket utgör en del av en ansats att på basis av systematiska laboratorieförsök, utarbeta säkrare riktlinjer för hur ett ventilationsbuller bör utformas för att eliminera riskerna för störningseffekter eller andra besvär. Exponeringarna sker under kontrollerade betingelser, där särskild vikt läggs vid att efterlikna en autentisk miljö. Den övergripande idén är att låta personer exponeras för olika typer av ventilationsbuller och att låta dem själva förändra ventilationsbullrets karaktär så att detta optimeras med avseende på låg störningsupplevelse, god komfort, befrämjad prestation, etc.

Undersökningen syftar i första hand därvid till att ge ett säkrare kunskapsunderlag för åtgärder och design baserade på parametrarna, ljudtrycksnivåer, frekvenskaraktäristik och tidsfluktuationer.

2. Metodik

2.1 Försökspersoner

Tjugo försökspersoner (10 män och 10 kvinnor) med en medelålder av 21 år (variationsvidd 18–27 år) deltog i försöket.

2.2. Exponeringsrummet

Försökspersonerna exponerades i ett ljudisolerat rum med dimensionerna; längd 3,50 m, bredd 2,50 och höjd 2,30 m. Bakgrundsnivån i rummet låg under 20 dB(A), 60 dB(lin). Temperaturen balanserades vid 22 C. Fullgod läsbelysning ombesörjdes av tak- samt bordslampa (250 Lux). Rummet var försett med tak-, golv- och väggbeklädnad för att erhålla en lämplig rumsakustik. Möblering och övrig utrustning var vald för att eliminera "laboratorieatmosfären". Högtalare och övrig teknisk utrustning var av dessa skäl på olika sätt omsorgsfullt dolda. Försökspersonerna placerades under försöken vid ett skrivbord med uppgift att fullgöra en läsarbetsuppgift, justera ljudet samt genomföra olika skattningar (se följande metodbeskrivningen).

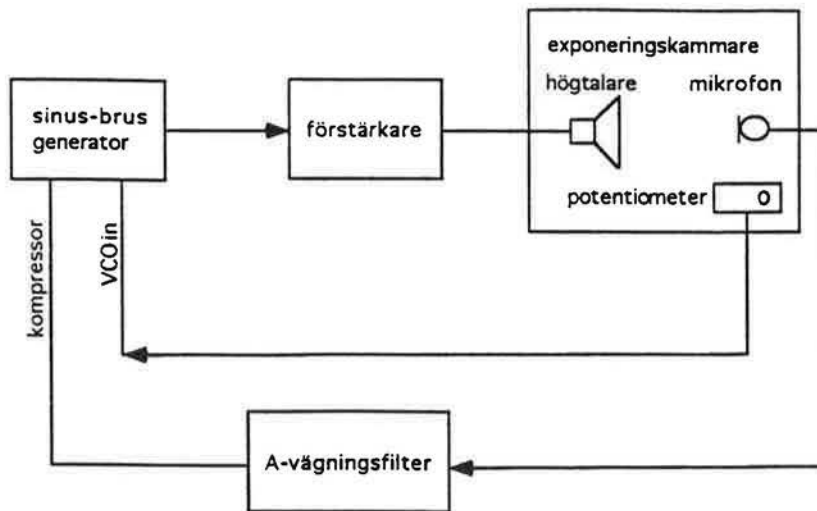
2.3. Generering och inställning av ljud

Försökspersonerna exponerades för ett ventilationsbuller som bedömdes vara representativt för denna typ av buller i kontorslokaler. En ren ton pålagrades på detta buller där försökspersonerna dessutom kunde reglera tonens frekvens. Tonens nivå reglerades automatiskt så att ljudnivån låg konstant på 40 dB(A).

Exponeringarna för toner och brus baserades på en sinus-brusgenerator (Brüel & Kjær typ 1027). Utsignalen från generatorm kan regleras automatiskt med hjälp av inbyggda kompressorkretsar. Både sinussignalens frekvens och det smalbandiga brusets mitt-frekvens kan styras med en extern spänning (VCO).

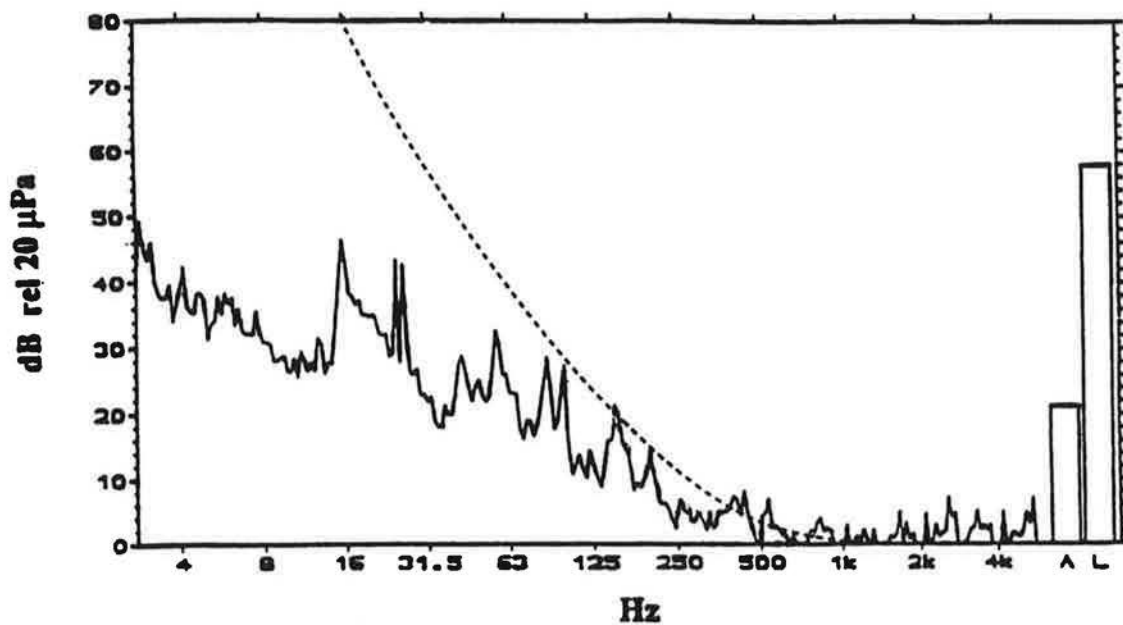
För att hålla en konstant ljudnivå, 40 dBA, i exponeringskammaren utnyttjades sinus-brusgenerators kompressorfunktion på följande sätt. Till generators utgång anslöts via effektförstärkare en i exponeringskammaren placerad högtalare. En mikrofon placerades nära försökspersonens öra. Signalen från mikrofonen A-vägdes i en ljudnivå-mätare och leddes därefter till generators kompressorringång. Mikrofonsignalen jämfördes där med en reglerbar referenssignal. Om mikrofonsignalens nivå avvek från referenssignalen reglerades automatiskt utsignalnivån från generatorm, och därmed ljudnivån i exponeringskammaren. Genom att ändra generators referensnivå kunde ljudnivån i kammaren regleras till en önskad nivå, som tack vare kompressorfunktionen hölls konstant, oberoende av den signalfrekvens som skickas till högtalaren. Försökspersonerna kunde därigenom ändra denna frekvens, med ljudnivån konstant bibehållen vid 40 dB(A). Med hjälp av en vridpotentiometer kunde försökspersonen flytta tonen inom frekvensområdet 35–500 Hz. Den nedre gränsfrekvensen valdes mot bakgrund av resultatet från tidigare refererade fältstudie, enligt vilken effekter från ventilationsbuller mycket sällan föranleds av frekvenser under denna gräns. Den övre gränsfrekvensen har satts till 500 Hz för att därigenom koncentrera studien till det låg-frekventa området.

Kopplingschema för generering och styrning av ljud visas översiktligt i Figur 2.

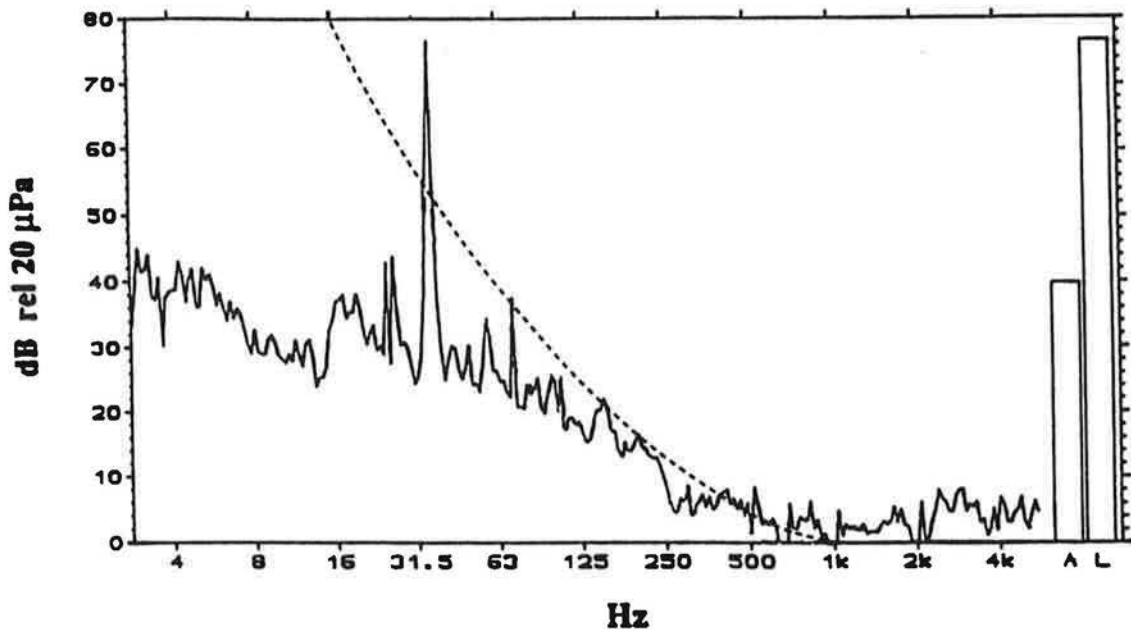


Figur 2. Kopplingsschema för generering och styrning av ljud.

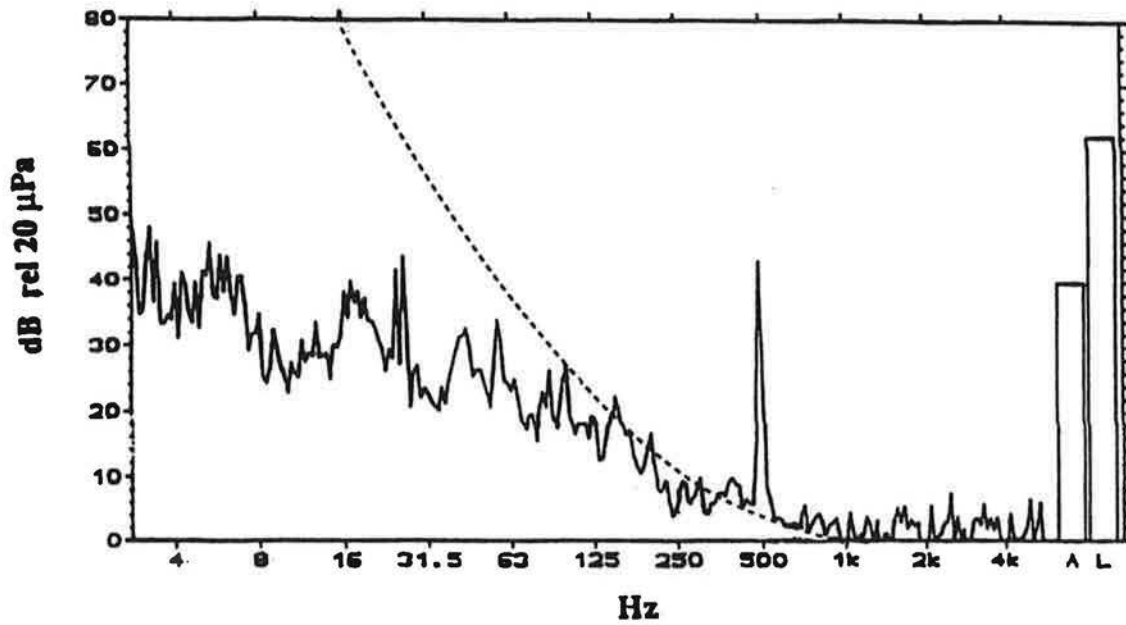
Frekvenskaraktärstiken för bakgrundsbullret, samt exempel på frekvenskaraktärstik för tonventilationsbullret vid tre olika frekvensinställningar, framgår av figur 3, 4, 5 och 6.



Figur 3. Frekvensfördelning (tersnivåer) för bakgrundsbullret i försöksrummet. Hörtröskeln inlagd med streckad linje (6).



Figur 4. Exempel på frekvensfördelning (tersnivåer) för ventilationsbuller, innehållande ton vid frekvensen 35 Hz. Hörtröskeln inlagd med streckad linje (6).



Figur 5. Exempel på frekvensfördelning (tersnivåer) för ventilationsbuller, innehållande ton vid frekvensen 500 Hz. Hörtröskeln inlagd med streckad linje (6).

2.4. Arbetsuppgift

Vid undersökningen uppdrogs försökspersonerna att identifiera fel av olika karaktär i ett längre korrektur. Försökspersonen uppdrogs att genomföra korrekturläsningen med högsta möjliga prestation med avseende på läshastighet och att identifiera enklare typografiska fel samt svårare sammanhangsfel.

2.5. Skattningar

Skattningarna av störningsupplevelse, ansträngning, obehag och prestation utfördes på en 100 mm grafisk skala enligt Figur 6. Skattningarna kunde variera mellan 0 och 100 (mm). Skattningsskalorna har av projektgruppen tillämpats i en rad tidigare studier (9, 12).



Figur 6. Skala för skattning av störning (ansträngnings- obehags- och prestationsskalorna var utformade på motsvarande sätt).

2.6. Inställning av tonfrekvens

Med hjälp av en vridpotentiometer ombads försökspersonen för varje ljud att "ställa in" det "mest acceptabla ljudet" respektive "minst acceptabla ljudet" med hänsyn till komfort, störning och prestation under det samtidigt pågående arbetet.

Inställningen innebar, som tidigare beskrivits, att en ton förflyttades inom frekvensområdet 35 Hz till 500 Hz, med samtidig korrigering av tonens nivå så att ljudnivån bibehålls på 40 dB(A).

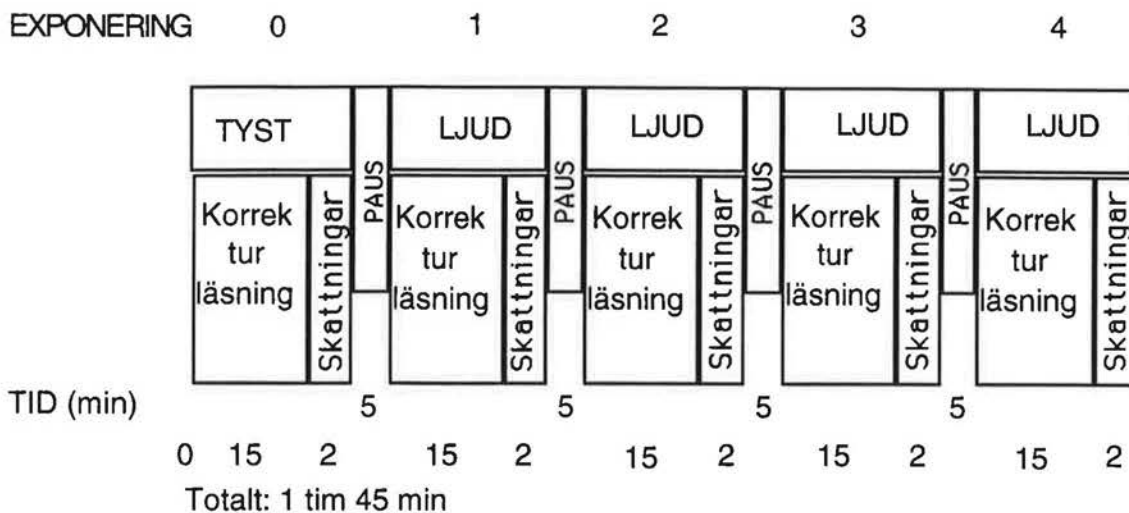
2.7. Försöksdesign

Varje försök innefattade fem delmoment vardera om 15 minuter. Under det första momentet exponerades försökspersonen för kammarens bakgrundsbuller och under följande fyra exponerades de för det simulerade ventilationsbullret med ton. Under två av dessa omgångar ställde försökspersonen in det mest acceptabla ljudet, och under de två andra ställdes det minst acceptabla ljudet in. Ordningen mellan dessa inställningar varierades för att undvika systematiska tidsföljdfel.

Under alla delmoment arbetade försökspersonerna med korrekturläsning samtidigt som de ställde in ljudet.

Efter varje omgång skattade försökspersonerna störning, obehag, prestation och ansträngning, varefter en fem minuters paus var inlagd.

Försöksuppläggningsen redovisas översiktligt i Figur 7.



Figur 7. Sekvensen exponeringar, skattningar och pauser under försöket.

3. Resultat

Trevägs variansanalyser genomfördes för en design med upprepad mätning i två faktorer (minst-mest acceptabelt samt mätning 1-2) och en med oberoende grupper (kön). Den enda effekt som var statistiskt signifikant var skillnaden mellan det mest och det minst acceptabla ljudet. I resultatredovisningen presenteras därför endast medelvärden av de två omgångarna och ingen uppdelning görs på män och kvinnor.

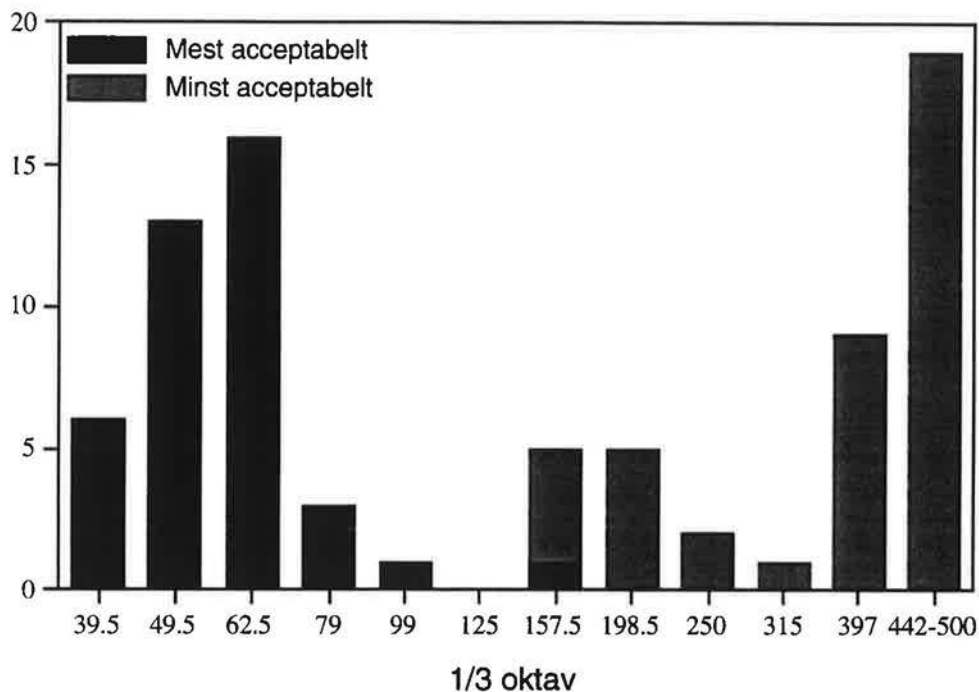
Tabell 1. Inställning av tonens frekvens då det mest och det minst acceptabla ljudet ställdes in. Varje värde utgör medelvärde av två inställningar:

FP	Mest acceptabelt Hz	Minst acceptabelt Hz
1	67	241
2	51	448
3	56	476
4	61	495
5	58	448
6	47	427
7	48	179
8	46	463
9	42	443
10	36	485
11	37	430
12	63	259
13	52	179
14	113	404
15	63	438
16	61	475
17	68	492
18	62	151
19	79	195
20	55	476
Mv	58	380

3.1 Inställningar av tonfrekvens

Varje försökspersons genomsnittliga inställda tonfrekvens för ljudet, som bedömdes som mest resp minst acceptabelt framgår av Tabell 1. Vid inställningen av det mest acceptabla ljudet valde samtliga försökspersoner vid båda inställningarna en lägre tonfrekvens än då det minst acceptabla ställdes in. De genomsnittliga inställda frekvenserna för det mest och det minst acceptabla ljudet var 58 resp 380 Hz. I figur 8 visas de enskilda inställningarnas fördelning över 1/3 oktavband. Noteras bör att ingen person valde den lägre eller övre ytterfrekvensen (35 resp 500 Hz). Endast i sju av de 40 inställningarna av det minst acceptabla ljudet låg tonen över 490 Hz.

Antal



Figur 8 Fördelning av inställda tonerna på 1/3-oktaver (endast nedre hälften av den högsta 1/3-oktaven) för det mest och det minst acceptabla ljudet.

3.2 Skattningar av upplevd störning, ansträngning, obehag och prestation

Tabell 2 ger medelvärden av skattningarna gjorda i samband med det mest och det minst acceptabla ljudet. Skattningsmedelvärdena (och standardavvikelser) vid exponering för bakgrundsbullret var för störning 8,6 (s: 9,7), ansträngning 57,6 (s: 29,9), obehag 11,6 (s: 14,3) och prestation 93,2 (s: 4,8). I samtliga variabler utom ansträngning var dessa skattningar signifikant lägre än de som gjordes under det mest acceptabla ventilationsbullret ($t=2,91-6,09$, $p<0,01$). Av Tabell 2 framgår att störningsupplevelsen och obehagsupplevelsen var signifikant högre och prestationen signifikant lägre under exponering för det minst acceptabla ljudet. Även ansträngningen upplevdes högre men denna var dock ej signifikant skild från upplevelsen under det mest acceptabla ljudet.

Tabell 2. Medelvärden (standardavvikelser) av skattad störning, ansträngning, obehag och prestation vid det mest och det minst acceptabla ljudet (n=20). Signifikanta ($p < 0,05$) differenser markerade med asterisk (parad t-test).

Skattning	Mest acceptabla ljud	Minst acceptabla ljud
Störning	24,4 (9,8)	72,3* (15,7)
Ansträngning	52,8 (26,3)	69,0 (18,8)
Obehag	25,0 (16,6)	67,3* (22,4)
Prestation	87,8 (8,0)	81,8* (10,8)

4. Diskussion

Resultaten visade entydigt att ventilationsbullret upplevdes som mest acceptabelt då tonen låg i den lägre delen av frekvensvariationsområdet. Hälften av inställningarna låg i intervallet 48-64 Hz. Undersökningsresultaten överensstämmer med resultaten från en tidigare undersökning av Landström och medförfattare (9). I denna studie visades att en lågfrekvent ton upplevs som mindre störande än ett bandbrus i samma frekvensområde, medan en högfrekvent ton, i den studien 1000 Hz, är betydligt mer störande än ett motsvarande brus.

Störningsupplevelser och effekter som har samband med dessa, uppträder vid exponeringsnivåer över hörperceptionströskeln. Ovanför denna ökar risken för dessa effekter då den upplevda ljudstyrkan ökar under förutsättning att andra förhållanden är konstanta. Eftersom ljudstyrkan går att prediceras relativt väl med tekniska mått kan även skillnader i störningsgrad prediceras med dessa så länge som dessa beror på skillnader i ljudstyrka. Eftersom störningsgraden påverkas av många andra förhållanden än ljudstyrkan är det givetvis av stor betydelse att utvärderingar i detta avseende baseras på noggranna kontroller vad gäller övriga störningsbetingelser.

Trots att ljudnivån hölls konstant vid 40 dB(A) kunde försökspersonerna skapa ljud som gav mycket skilda störningsnivåer genom att ändra tonens frekvens. Delvis beror detta på brister i den A-vägda ljudnivån som indikator på ljudstyrkan. Detta framgår om man ställer tonens nivå vid 35 och 500 Hz (då ljudnivån hålls konstant vid 40 dB(A)) mot phon-kurvorna. 35 Hz-tonen ligger då nära 40 phon-kurvan, medan 500 Hz-tonen ligger nära 50 phon-kurvan. Skillnaden i upplevd ljudstyrka skulle alltså motsvara en skillnad i nivå på nästan 10 dB. Skillnaden i phon-nivå mellan den mest och minst acceptabla tonfrekvensen, 58 respektive 380 Hz, är något mindre.

Om inställningarna av tonens frekvens bara styrdes av den upplevda ljudstyrkan skulle man dock vänta sig att inställningarna skulle ha lagts vid den lägsta och högsta frekvensen (35 respektive 500 Hz) då det mest respektive minst acceptabla ljudet ställdes in. Som framgår av Figur 8 var detta inte fallet, särskilt inte vid inställningen av den mest acceptabla tonen.

Vid samma dB(A)-nivå upplevdes alltså ljudet med det starkare lågfrekventa inslaget som betydligt mindre störande än det mer högfrekventa ljudet. Detta resultat liksom det från Landström och medförfattarens försök (9), pekar alltså på att A-vägningen över-skattar lågfrekventa toners bidrag till störeffekten. Detta gäller dock bara toner. Vid lika dB(A)-nivå upplevs vanligen tvärtom ett lågfrekvent brus mer störande än ett hög-frekvent brus (7, 9, 15). Detta förhållande kommer att testas i ett uppföljande försök, med motsvarande design som redovisats i denna rapport.

Detta skulle innebära att den generella användbarheten av dB(A)-nivån, då man vill göra utvärderingar med avseende på förväntade störningseffekter, är mycket begränsad. Då ljuden innehåller bredare bandbredd eller brus, torde dB(A)-värdet vanligen leda till en underskattning av det lågfrekventa ljudet. Om det finns en ton i är förhållandet vara det motsatta.

Förslag har framställts att man, för att komma åt A-vägningens underskattning av lågfrekventa ljudkomponenter, också bör analysera den C-vägda nivån. En stor skillnad mellan dessa nivåer indikerar starka lågfrekventa komponenter. I ett sådant fall skulle ett antal dB läggas till det A-vägda värdet. Resultaten i föreliggande studie talar starkt mot en sådan utvärderingsmetod vid närvaro av toner. Skillnaden mellan det A- och det C-vägda värdet var således genomgående väsentligt större för det starkast accepterade ljudet jämfört med det sämst accepterade.

5. Sammanfattning

Landström U, Söderberg L, Nordström L, Kjellberg A. Utvärdering av tonartat ventilationsbuller - vilka frekvenser är minst och mest störande? Undersökningsrapport 1994:14, sid 1-12.

20 försökspersoner exponerades för ett tonartat ventilationsbuller, med uppgift att korrigera tonfrekvensen, med bibehållen nivå på 40 dBA, till en lägsta resp högsta störningsupplevelse. De genomsnittliga inställda frekvenserna var 58 resp 380 Hz. Den högre frekvensen motsvarades av signifikant högre störningsupplevelse, obehagsupplevelse samt upplevd lägre prestation. Ansträngningsgraden var högre men under 5 % signifikansnivå. Undersökningen visar att lägre tonfrekvenser upplevs mindre störande än högre vid samma dBA-nivå. A-vägningen tenderar således att överskatta störningsupplevelsen vid tonartad lågfrekvens exponering.

6. Summary

Landström U, Söderberg L, Nordström L, Kjellberg A. Evaluation of tonal ventilation noise - which frequencies are least and most annoying? National Institute of Occupational Health, Investigation report 1994:14, pp 1-12.

20 subjects were exposed to a tonal ventilation noise, with the information to adjust the tonal frequency at 40 dBA, to the lowest and highest annoying experiences. The adjusted frequencies were 58 and 380 Hz. The higher frequencies was correlated to significant higher annoyance, discomfort and lower performance. The rate effort was higher but below the significant level of 5 %. According to the investigation, lower tonal frequencies are less annoying the higher. The dBA ratings thus may result in an overestimation of the annoying reactions in cases of tonal low frequency components.

7. Referenser

1. Arbetarskyddsstyrelsen. *Buller*. Arbetarskyddsstyrelsen, 1992 (AFS 1992:10).
2. Billgren G, Lindberg K, Simmons C, Svensson J, Söderquist J. *Lågfrekvent buller från ventilationsanläggningar*. Byggforskningsrådet och Byggnadsstyrelsen 1992.
3. Boverkets nybyggnadsregler, BFS 1988:18
4. Hellman RP. *Contribution of tonal components to the overall loudness, annoyance, and noisiness of noise. Relation between single tones and noise spectral shape*. NASA, 1985 (NASA Contractor report 3892).
5. Holmberg K, Nordström B, Landström U, Kjellberg A. *Effekter av ventilationsbuller med avseende på frekvenskaraktäristik och nivå*. Arbetsmiljöinstitutet, 1993 (Undersökningsrapport 1993:21).
6. International Standardization Organization. *Normal and equal loudness contours for pure tones and threshold of hearing under free-field listening conditions*. ISO, Geneva 1961:ISO/R226-1961.
7. Kjellberg A, Goldstein M. Loudness assessment of band noise of varying bandwidth and spectral shape. An evaluation of various frequency weighting networks. *J Low Freq Noise Vib* 1985;4:12-26.
8. Kryter KD, Pearson KS. Judged noisiness of a band of random noise containing an audible pure tone. *J Acoust Soc Am* 1965;38:106-112.
9. Landström U, Kjellberg A, Byström M. Acceptable levels of sounds with different spectral characteristics during the performance of a simple and a complex non-auditory task. *J Sound Vib* 1993;160(3):533-542.
10. Landström U, Kjellberg A, Löfstedt P, Söderberg L. *Ventilationsbuller på kontor. Ljudkaraktäristik, exponeringsnivåer och besvärsupplevelser*. Arbetsmiljöinstitutet, 1991 (Arbete och Hälsa 1991:11).
11. Landström U, Kjellberg A, Söderberg L, Nordström B. *Studier av tonartat, bredbandigt samt maskerat ventilationsbuller avseende effekter på prestation, vakenhet och störningsupplevelse*. National Institute of Occupational Health, Solna, Sweden, 1991 (Undersökningsrapport 1991:27).
12. Landström U, Kjellberg A, Tesarz M, Åkerlund E. *Samband mellan exponeringsnivå och störningsgrad för buller i arbetslivet*. Arbetsmiljöinstitutet, 1992 (Arbete och Hälsa 1992: 42).
13. Landström U, Lundström R, Byström M. Exposure to infrasound- perception and changes in wakefulness. *J Low Freq Noise Vib* 1983;2:1-11.
14. Pearson KS, Bishop DE, Horonjeff RD. Judged noisiness of modulated and multiple tones in broad-band noise. *J Acoust Soc Am* 1969;45:742-750.
15. Persson K, Björkman M. Annoyance due to low frequency noise and the use of the dB(A) scale. *J Sound Vib* 1988;127(3):491-497.
16. Socialstyrelsen. *Socialstyrelsens allmänna råd om buller inomhus*. Socialstyrelsen, 1989.
17. Svensk Byggnorm, SBN 80, 1986

UNDERSÖKNINGSRAPPORTER

- 1993:37 Yrkeshygieniska risker vid ytbehandling i träindustrin. Emission från syrahärdande lacksystem. M Hultengren, S Johnsson och G Rosén.
- 1993:38 Upptaget av vibrationsenergi i handen – Biologiska faktorerers inverkan. L Burström och S Hörnqvist Bylund.
- 1993:39 En longitudinell dagboksstudie om belastningsskador: Resultat från första undersökningstillfället. M Dallner och E Åhsberg.
- 1993:40 Polischefers arbetsvillkor. Rapport från projektet Akademiker under 90-talet. En studie av SACO-medlemmarnas arbetsvillkor. G Aronsson och L E Lagerwall.
- 1993:41 Tandläkarnas arbetsvillkor i privattandvård och folktandvård. E Bejerot.
- 1993:42 Partikelexponering under svetsarbete vid tre mindre bilverkstäder. B Sannagård och W Sahle.
- 1993:43 Bestämning av tremolit i dolomit – en metod som använder en Macintosh kopplat till ett ljusmikroskop. L Lundgren, S Lundström, G Sundström, G Bergman och S Krantz.
- 1993:44 Vårdarbetsmiljöforskning i Sverige. A Toomingas.
- 1993:45 Störningsupplevelse vid exponering för toner och bredbandigt buller i arbetet. U Landström, A Kjellberg, L Söderberg, M Tesarz och E Åkerlund.
- 1993:46 Analys av Kevlar® i lungvävnad. G-B Berglund och B Paulsson.
- 1993:47 Tonfrekvensens inverkan på störningsupplevelse av buller. U Landström, M Byström och A Kjellberg.
- 1993:48 Hur bemöts män och kvinnor av manliga och kvinnliga chefer? A Lantz, G Westlander och L Laflamme.
- 1993:49 Socialt stöd och arbetsvillkor – en studie av läkare med personalledande uppgifter. A Lantz och L Laflamme.
- 1993:50 Exponering för damm och metaller vid ytbehandling med laser. O Nygren och J Flinkfeldt.
- 1994:1 EMG amplitud as an indicator of upper trapezius load – How do we calibrate? An invited Nordic Symposium, February 3, 1994. Abstract Book. J Winkel, SE Mathiassen and G M Hägg (Eds).
- 1994:2 Utvärdering av projektet "organisationsförändring utifrån ett kvinnligt organisationsperspektiv". B Pingel och H Robertsson.
- 1994:3 Avgivning av fibrer från ventilationsfilter. B Christensson och S Krantz.
- 1994:4 Biologiska effekter av lågfrekventa elektromagnetiska fält. Abstracts till 3:e Nordiska Arbetsmötet.
- 1994:5 Syokonsulenters arbetsvillkor. Synen på organisation, fysisk miljö och psykosociala arbetsvillkor. I Paulsson.
- 1994:6 Utvärdering av utbildning för vårdpersonal i förflyttningsteknik, egen träning och stresshantering. M Lagerström, I-L Engkvist, M Josephson, Å Backlund, D Christmansson, A-C Edlund, O Fager, M Hagberg, B Pingel, G Tjernström, E Wigaeus Hjelm, T Wikström och C Östman.
- 1994:7 Helkroppsvibrationer. Kroppens mekaniska impedans i sittande ställning vid exponering i vertikal riktning. A Sörensson och R Lundström.
- 1994:8 Stockholm Workshop '94. Hand-Arm Vibration Syndrome. Diagnostics and Quantitative Relationships to Exposure. Abstracts. G Gemne (Ed).
- 1994:9 Skolledarnas arbete och arbetsvillkor – psykologiska, sociala och organisatoriska aspekter. Rapport från projektet Akademiker under 90-talet. En studie av SACO-medlemmarnas arbetsvillkor. A Kvarnskog och G Aronsson.
- 1994:10 Working in groups in Swedish industry – a critical research review from a socio-psychological perspective. A Lantz och C Sconfienza.
- 1994:11 Laborativa studier avseende vakenhetshöjande ljud. U Landström, K Englund, B Nordström och A Åström.
- 1994:12 Förarterester avseende vakenhetshöjande ljud. U Landström, K Englund, B Nordström och A Åström.
- 1994:13 Kan man bli sjuk av lukter, mögel och bakterier i hus? Proceedings från ett seminarium i Umeå, 27-28 oktober 1992. K Andersson och G Blomquist (Eds).
- 1994:14 Underlag för åtgärder mot ventilationsbuller – vilka tonfrekvenser är minst och mest störande? U Landström, L Söderberg, B Nordström och A Kjellberg.