



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R25:1978

Värdering av standardiserad och alternativ testmetod för stegljud med beaktande av subjektiva aspekter

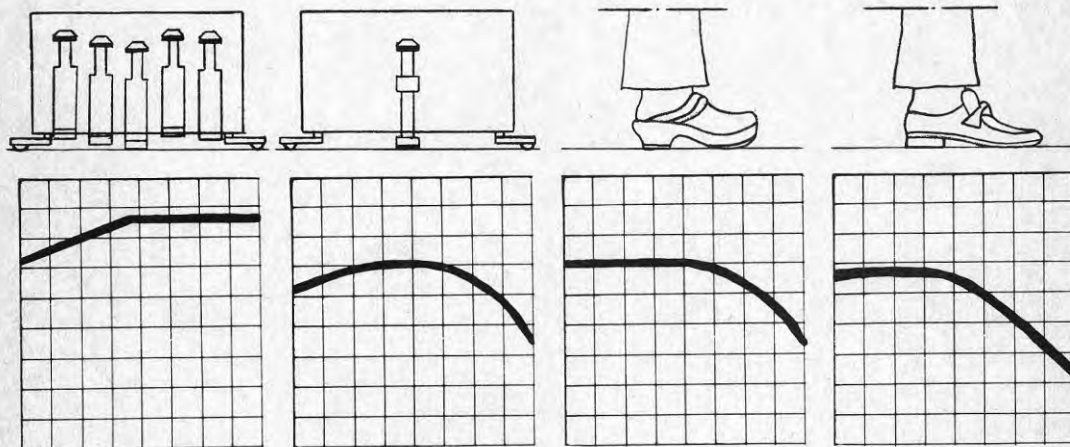
Jim R Nordstedt

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Byggforskningen

VÄRDERING AV STANDARDISERAD OCH ALTERNATIV
TESTMETOD FÖR STEGLJUD MED BEAKTANDE AV
SUBJEKTIVA ASPEKTER

Jim R Nordstedt



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750760-5 från
Statens råd för byggnadsforskning till Avd. för byggnadsakustik,
CTH, Göteborg

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Nyckelord:

stegljud
mätmetoder
testinstrument
objektiva tester
subjektiva tester

UDK 534.
620.1

R25:1978

ISBN 91-540-2835-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1978 851584

FÖRORD

Samhällsaktiviteternas alltmer störande effekter har höjt gemene mans medvetenhet till sin närmaste omgivning, varför kraven på en tillfredställande boendemiljö, t.ex. ifråga om stegljud, har vunnit ökad aktualitet. "Comparison between different methods for impact testing of floors" kan betraktas som ett bidrag till det internationella samarbetet för utvecklandet av "den nya generationen" stegljudstestapparatur, där testapparaturen anpassas till människans förutsättningar och ej tvärtom.

Projektets objektiva del har valts att presenteras i en så kortfattad version som möjligt för att underlätta läsarens tillgodogörande av stoffet. Subjektiva synpunkter framläggs däremot mer i genomläsningsform, bl.a. för att öka andra forskares möjligheter att reproducera försöken.

För läsaren i brådskande ärende rekommenderas den engelska sammanfattningen samt de objektiva testresultaten avd. 5.

Föreliggande arbete har till största delen bekostats av Statens Råd för Byggnadsforskning (BFR). Dock vill jag ta tillfället i akt och rikta ett speciellt tack till följande personer och företag vilkas insatser gjort projektets genomförande möjligt.

Professor Tor Kihlman för initiativet till projektet, Dr. Ted Schultz för vägledande råd, Mats Andre'n och Bo Lavin för deras sociologiska synpunkter, samt Forbo-Forshaga AB, Gullfiber AB, och Trelleborgs Gummifabriks AB för materiella bidrag.

Ett mycket stort tack riktas dessutom till det 40-tal underbara människor som välvilligt ställt upp på lyssnarförsöken och härvid tillsammans av sin tid ställt ett par hundra timmar till förfogande helt utan ersättningsanspråk. TACK.

Jim R. Nordstedt

Nov-77

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	sid
Engelsk sammanfattning	6
1. INTRODUKTION	
Inledande synpunkter på stegljudsgenerering och mätningar av stegljudsisolering	20
Något om verkliga stegljud	22
Kritiken av ISO-metoden	25
2. FÖRESLAGEN METOD	
Hammarapparat	28
Mätningar	28
Testrum	29
Provexemplar	30
Något om bakgrund och tanke bakom Schultz arbete	30
3. BESKRIVNING AV: KONSTRUERAD HAMMARE, BJÄLKLAGEN, GÅNGARE + SKODON, MATTOR	
Konstruerad hammare	34
Bjälklag	36
Gångare + skodon	38
Mattor	39
4. FÖRSÖKSBESKRIVNING, OBJEKTIVA TEST	
Mätningar	48
Instrumentering	50
Inspelningar	50
5. RESULTAT, OBJEKTIVA TEST	52
6. SUBJEKTIVA TEST	
Problemdiskussion och problemformulering	81
Försöksuppläggning	87
Förarbete	88
Experimentets genomförande	93
Bearbetningar av insamlade datamängder	95
7. KOMMENTARER	
Subjektivt mätresultat	108
Objektivt mätresultat	113
Stegljudsmetodernas egenskaper	119
Försökspersoner	124
Val av provobjekt	126
LITTERATURFÖRTECKNING	128
BILAGOR	130

COMPARISON BETWEEN DIFFERENT METHODS FOR IMPACT TESTING OF FLOORS

J.R. Nordstedt

Chalmers University of Technology
Dept. of Building Acoustics
Gothenburg, Sweden

This project was intended to give an answer to the question if measurements of impact noise on floors with a modified tapping machine, proposed by Dr. T. Schultz at BBN Inc., would yield results that better relate to subjective ratings than those of the present ISO tapping machine do. The studies were performed on two different slab constructions: one concrete and one wood joist. Out of this study it has not been possible to observe a significant difference in the ratings obtained with the two methods. However, the proposed method shows some advantages that facilitate impact noise testing in field and laboratory.

INTRODUCTION

Ever since it was introduced as an international standard for impact noise testing, the tapping machine standardized by ISO in 1960 (see ISO R140) has been criticized. It has been argued that this ISO method gives results that do not correspond to subjective evaluations of different floor constructions. Most of the criticism concerns the tapping machine itself, i.e. the difference in imparted

force to the floor surface by different impactors and the nonlinear resilience response that floor coverings may have to these forces. The difference in force depends on the approach velocity of the impactors, the internal impedance, and the point impedance of the floor. This has been examined by Watters¹ who found the ISO hammer force to be much larger than the force under a woman's shoe heel. This is a very important fact, influencing the impact insulation of flooring materials with nonlinear behaviour.

Lindblad² has shown that a much weaker impacting force must be used if linear behaviour is to be secured.

Of course, it is of fundamental importance that the objective impact test results are well related to subjective evaluations of impact noise in buildings (i.e. the subjective and objective rankings must be similar regardless of flooring materials and impactors). Mariner³ and Olynyk & Northwood^{4,5} have shown that this is not the case. The objective test results depend not only on the tapping machine but also on the evaluation method. By changing to a flat grading curve, as first proposed by Fasold⁶, one achieves a slightly better correlation than with the ordinary grading curve according to ISO R717.

The proposed method has so far been tested to a rather small extent. This paper presents a study of this new method in comparison with the ISO-method and results from live walker testing.

I PROPOSED TAPPING MACHINE AND TEST METHOD

A more complete description of, and background to, the proposed method is given by Schultz^{7,8,9,10}.

The standard tapping machine is modified to have an impacting force and internal impedance that represent a mean between male and female heel impacts, as follows: The hammers are replaced by one hammer with a mass of 200 g, and the hammer velocity upon impact is reduced to 0.55 m/s by a spring. The hammer is to be faced with a semi-

resilient material to achieve high frequency attenuation similar to the behaviour of a shoe heel. By reducing the impact rate of the machine to two impacts per second, the machine is simulating the pace of normal walking. Measurements are made of the peak impact levels in the receiving room. Peak reading is better than RMS reading because it avoids the problems due to lack of diffuseness at low frequencies and reverberation time corrections in the receiving room. Furthermore, several authors^{5,11,12} have come to the conclusion that it is the peak levels that determine subjective judgement of impact noise.

To transfer the measured data from the peak values of the proposed method to the RMS-values of the ISO tapping machine is difficult and has to be calculated for each case of interest.

II MEASUREMENTS

The following physical measurements have been made:

RMS normalized impact level L_{10} using the standardized tapping machine as sound source (i.e. measurements according to the present ISO-method). Five different positions of the tapping machine were used on each combination of basic slab and floor covering including measurements on bare slab.

Measurements according to the proposed method as described in the previous section. L_{peak} (time constants: in 35 ms and 3 s out) has been measured both A-weighted and in octave bands from 63 - 4000 Hz. Five tapping machine positions⁷ were used here also.

With two different live walker as sound sources, the L_{peak} was measured in the same way as in the previous paragraph. The walker walked in a path in the shape of the figure eight. Measurements were made with the live walkers using two different shoes, leather shoes and wooden shoes.

In each case tape recordings were made of the impact sound in the receiving room. These recordings were, however, made with only one tapping machine position for each floor. The recordings have been used in subjective listening tests.

Subjective tests:

In the subjective tests the 29 experimentees listened to the impact noise from the tape recordings. Comparisons were made two by two between different carpets where the experimentee had to classify the impact sounds as strong or weak. For each impactor this makes a total of 15 comparisons, which make it possible to establish a subjective ranking of the carpets for each impactor.

III TEST OBJECTS

We have restricted our studies to one 16 cm thick homogeneous concrete floor and one wood joist floor. The floors were installed in an ordinary laboratory test facility without flanking transmission. The volume of the receiving room is 96 m^3 , its reverberation time acceptable and 18 dBA background noise sound level.

The surface area is equal for the two floors, $3.90 \times 3.02 \text{ m}^2$. Below is shown a cross section of the wood joist floor. (Fig 1).

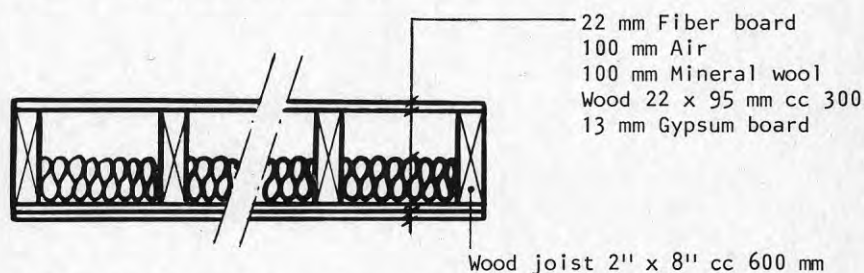


FIG. 1. Cross section of wood joist floor.

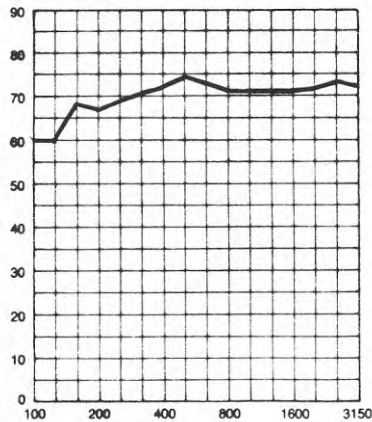
All carpets are of the same size as the actual test floor for two reasons. First, because it is favourable in live walker tests and secondly, lightweight structures like a wood joist floor, may be influenced in its flexural motion by a restraining or damping effect from the floor-covering.

The carpets can be described as follows:

NAME	NR	DESCRIPTION	WEIGHT kg/m ²
PATRIK	2	3 mm nylon pile + 4 mm pressed latex backing	2.3
BIRGER	4	4 mm nylon pile + 4 mm foam backing	2.2
NOVILON	1	0.3 mm surface layer + 0.9 mm foam + + 0.6 mm felt backing	1.5
LINOLEUM	5	1.7 mm surface layer + 0.3 mm fabric backing	2.5
ROBUST	6	5 mm fabric in two layers	1.3
SAFIR	3	0.9 mm (softened) PVC + 1.1 mm PVC-backing	2.6

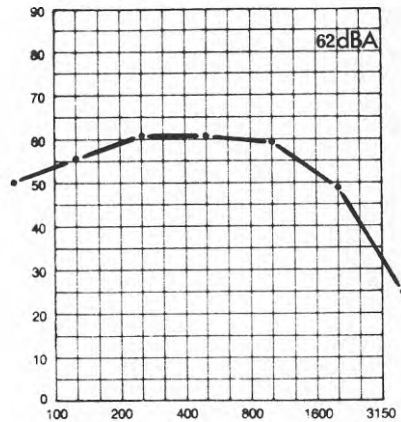
IV RESULTS

The first eight figures, 2 - 9, show the measured sound pressure levels for the four impactors on the two slabs without carpets. On the right hand side of the diagrams the measured average peak A-weighted sound levels are indicated. Discrepancies are occurring between the results of the two live walkers, indicating a significant difference in walking manner. The measured levels caused by walker 1 with wooden shoes, whom we may call aggressive walker, agree well with the levels caused by the modified tapping machine, except in the low frequency range where the impactors' mass is determinative for the impact levels.



Frekvens. Hz

FIG. 2. L₁₀ dB. ISO-machine on a concrete floor.



Frekvens. Hz

FIG. 3. L_{peak} dB. Modified tapping machine on a concrete floor.

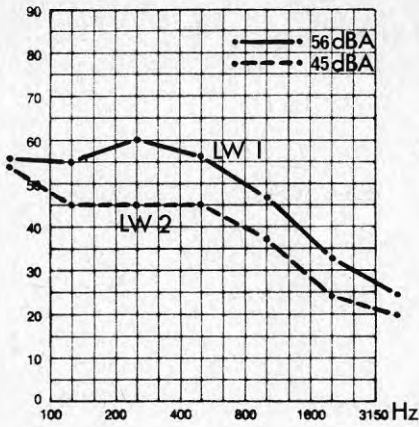


FIG. 4. L_{peak} dB. LW1 and LW2 with leather shoes on a concrete floor.

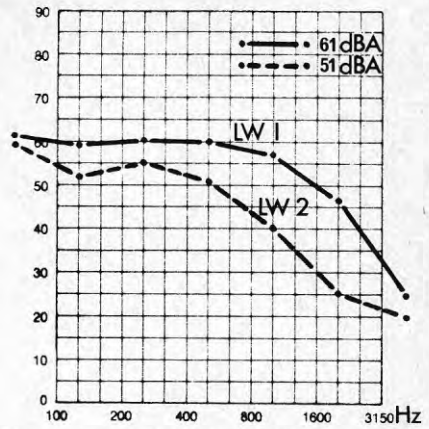


FIG. 5. L_{peak} dB. LW1 and LW2 with wooden shoes on a concrete floor.

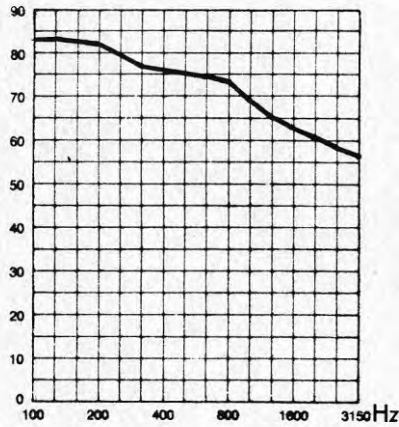


FIG. 6. L_{10} dB. ISO-machine on a wood joist floor.

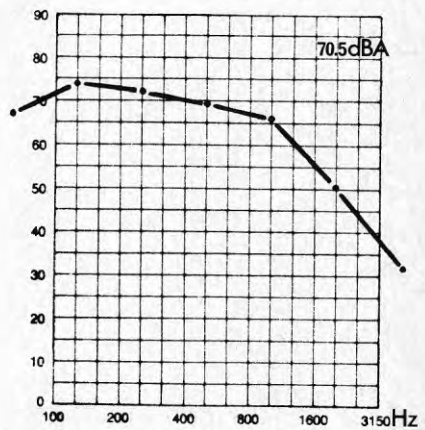


FIG. 7. L_{peak} dB. Modified tapping machine on a wood joist floor.

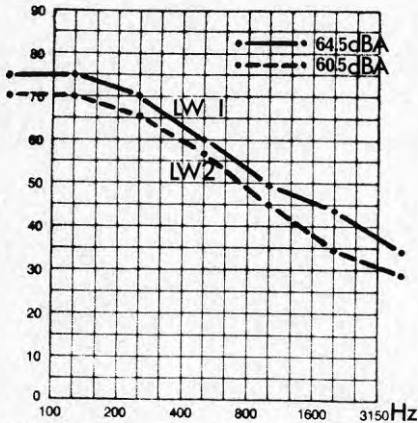


FIG. 8. L_{peak} dB. LW1 and LW2 with leather shoes on a wood joist floor

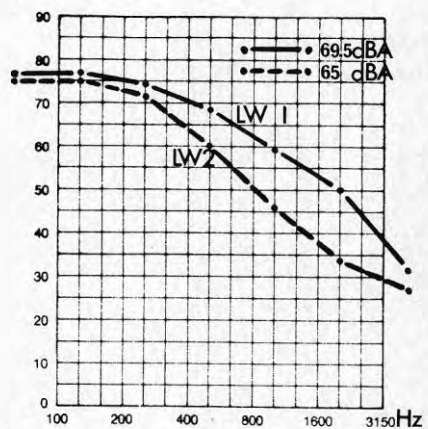


FIG. 9. L_{peak} dB. LW1 and LW2 with wooden shoes on a wood joist floor.

The difference between LW1 and LW2 on the wood joist floor is much smaller than that observed for the concrete floor. This is not a random effect but is probably due to the difference in point impedance between the two floors.

The next four figures, 10 - 13, give examples of the physical measurements with carpets on the impact levels. As we can see, there are considerable differences between the results from the live walkers and the modified machine depending on the test carpet.

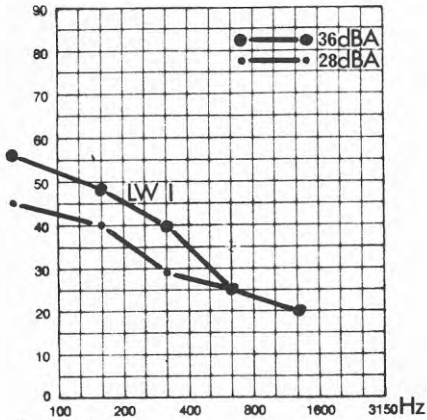


FIG. 10. L_{peak} dB. LW1, with wooden shoes, and modified tapping machine on a concrete floor with a soft carpet (BIRGER).

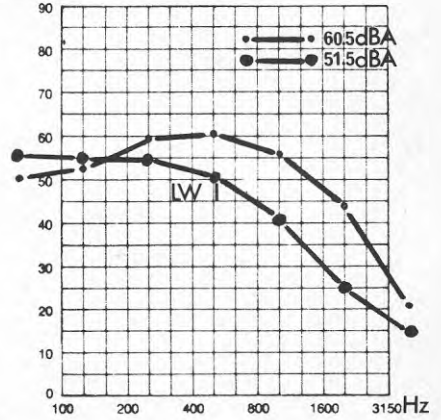


FIG. 11. L_{peak} dB. LW1, with wooden shoes, and modified tapping machine on a concrete floor with a hard carpet (SAFIR).

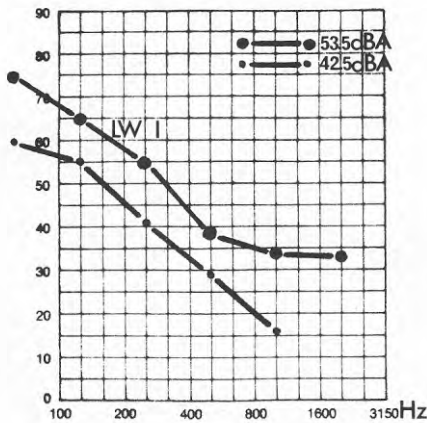


FIG. 12. L_{peak} dB. LW1, with wooden shoes, and modified tapping machine on a wood joist floor with a soft carpet (BIRGER).

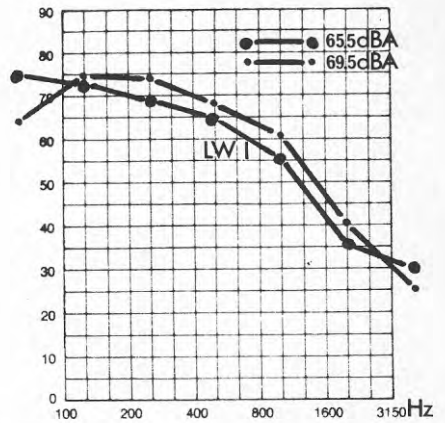


FIG. 13. L_{peak} dB. LW1, with wooden shoes, and modified tapping machine on a wood joist floor with a hard carpet (SAFIR).

Live walkers produce higher sound levels than the modified tapping machine on soft carpets and vice versa for hard carpets. This result depends essentially on the unavoidable difference in the impactor's internal impedance for frequencies below 150 Hz and perhaps a contribution from the restraining effect of the spring when the hammer penetrates a soft carpet.

Tables 1 - 4 below show the measured average peak A-weighted sound levels and the improvement in impact sound insulation, L_{peak} dBA, for the modified tapper. Moreover, Table 5 shows the measured L_{peak} -values (dB) for the modified tapping machine and the improvement in impact sound insulation ΔL_{peak} (dB), respectively ΔL_{ISO} (dB) for the modified tapper and the ISO-machine in the different octave bands.

If the results from the two slabs are compared with each other, one can observe that the improvement in impact sound insulation obtained with the different carpets, is higher in the concrete slab case. Furthermore, the impact sound insulation is for most of the carpets better when measured with the proposed tapper than with the ISO-machine, if a direct comparison of ΔL_{peak} (dB) and ΔL_{ISO} (dB) is admitted. If we make the comparison between the test results from the live walker and the modified tapper, the first impactor usually shows the better results except for soft carpets as mentioned earlier.

Table 1. L_{peak} (dBA) measured for different impactors and carpets on a concrete floor.

	Modified tapping machine	LW1 wooden shoes	LW2 wooden shoes	LW1 leather shoes	LW2 leather shoes
Bare slab	62	60.5	50.5	56	45.5
PATRIK	36.5	38.5	33.5	37	29.5
BIRGER	28	36	29.5	32	27
NOVILON	60.5	51	47	46.5	40
LINOLEUM	59	50.5	46	45	41.5
ROBUST	53	47.5	39	44.5	35.5
SAFIR	60.5	51.5	45.5	46	42.5

TABLE II. L_{peak} (dBA) measured for different impactors and carpets on a wood joist floor.

	Modified	LW1	LW2	LW1	LW2
	tapping	wooden	wooden	leather	leather
	machine	shoes	shoes	shoes	shoes
Bare slab	70.5	69.5	65	64.5	60.5
PATRIK	54	59	52.5	54	49
BIRGER	42.5	53.5	49	49.5	47
NOVILON	68.5	63	61	59	59.5
LINOLEUM	68.5	68	63	62	60
ROBUST	63	63.5	60.5	57.5	53.5
SAFIR	69.5	65.5	62	58.5	57.5

TABLE III. Improvement in impact sound insulation, ΔL dBA, for different impactors and carpets on a concrete floor.

	Modified	LW1	LW2	LW1	LW2
	tapping	wooden	wooden	leather	leather
	machine	shoes	shoes	shoes	shoes
PATRIK	25.5	22	17	19	15.5
BIRGER	34.5	24.5	21	24	18
NOVILON	2	9.5	4	9.5	5
LINOLEUM	3	10.5	5	11	3.5
ROBUST	9	13	11.5	11.5	9.5
SAFIR	1.5	9.5	5	10	2.5

TABLE IV. Improvement in impact sound insulation, ΔL dBA, for different impactors and carpets on a wood joist floor.

	Modified	LW1	LW2	LW1	LW2
	tapping	wooden	wooden	leather	leather
	machine	shoes	shoes	shoes	shoes
PATRIK	16.5	10.5	12	10.5	11.5
BIRGER	28	16	15.5	15	13
NOVILON	2	6.5	3.5	5.5	1
LINOLEUM	2	1.5	1.5	2.5	0.5
ROBUST	7.5	6	4.5	7	6.5
SAFIR	1	4	2.5	6	2.5

TABLE V. Measured octave band levels and improvement in impact sound insulation, L_{peak} dB and ΔL dB, respectively, for the modified tapping machine. For a comparison the corresponding improvements obtained with the ISO tapping machine, ΔL_{ISO} dB, are presented in the table.

A. CONCRETE FLOOR

			Octave band Hz						
			63	125	250	500	1000	2000	4000
Bare slab	L_{peak}	dB	49	55	60	62	59	48	23
PATRIK	L_{peak}	dB	48	49	42	26	16		
	ΔL	dB	1	6	18	36	43		
	ΔL_{ISO}	dB		5	14	25	43		
BIRGER	L_{peak}	dB	46	39	29	25	18		
	ΔL	dB	3	16	31	37	41		
	ΔL_{ISO}	dB		13	23	38			
NOVILON	L_{peak}	dB	48	54	59	61	56	38	15
	ΔL	dB	1	1	1	1	3	10	8
	ΔL_{ISO}	dB		3	5	5	10	25	
LINOLEUM	L_{peak}	dB	49	54	59	61	53	37	21
	ΔL	dB	0	1	1	1	6	11	2
	ΔL_{ISO}	dB		0	2	3	1	5	
ROBUST	L_{peak}	dB	48	53	56	54	41	19	12
	ΔL	dB	1	2	4	8	18	29	11
	ΔL_{ISO}	dB		1	4	8	19	40	
SAFIR	L_{peak}	dB	49	54	60	62	57	44	22
	ΔL	dB	0	1	0	0	2	4	1
	ΔL_{ISO}	dB		2	4	4	1	4	

B. WOOD JOIST FLOOR

			Octave band Hz						
			63	125	250	500	1000	2000	4000
Bare slab	L_{peak}	dB	66	74	73	70	66	48	31
PATRIK	L_{peak}	dB	63	68	59	33	15		
	ΔL	dB	3	6	14	27	51		
	ΔL_{ISO}	dB		1	11	21	32		

BIRGER	L_{peak}	dB	60	57	41	29	16		
	ΔL	dB	6	17	32	41	50		
	ΔL_{ISO}	dB		9	20	30	37	39	
NOVILON	L_{peak}	dB	66	73	73	68	60	38	24
	ΔL	dB	0	1	0	2	6	10	6
	ΔL_{ISO}	dB		0	1	2	6	16	
LINOLEUM	L_{peak}	dB	66	73	72	67	60	36	24
	ΔL	dB	0	1	1	3	6	12	7
	ΔL_{ISO}	dB		1	1	2	4	10	
ROBUST	L_{peak}	dB	66	72	69	60	44	20	15
	ΔL	dB	0	2	4	10	22	28	16
	ΔL_{ISO}	dB		1	2	6	17	26	
SAFIR	L_{peak}	dB	66	74	73	68	62	41	25
	ΔL	dB	0	0	0	2	4	7	6
	ΔL_{ISO}	dB		0	0	0	2	7	

Subjective results:

The results are presented in Figures 14 (concrete floor) and 15 (wood joist floor) and show the subjective ranking of the carpets obtained from the listening tests previously described.

The ordinate represent the different impact generators, while the abscissa gives the rank and ΣR_j , where ΣR_j indicates the sum of all rankings for each carpet as judged by the experimentees. For example, $\Sigma R_j = 29$ for carpet No 4 if all experimentees think this carpet is the best one.

The area marked with lines indicates the discrepancies between LW1 and LW2, which means that the better a machine impacter is the closer to this area will its results fall.

Carpets 5 and 3 are in the concrete floor case judged as No. 5 and 6, respectively, except for the ISO hammer machine case which shows the opposite ranking. On wood joist floor the carpets are ranked almost the same.

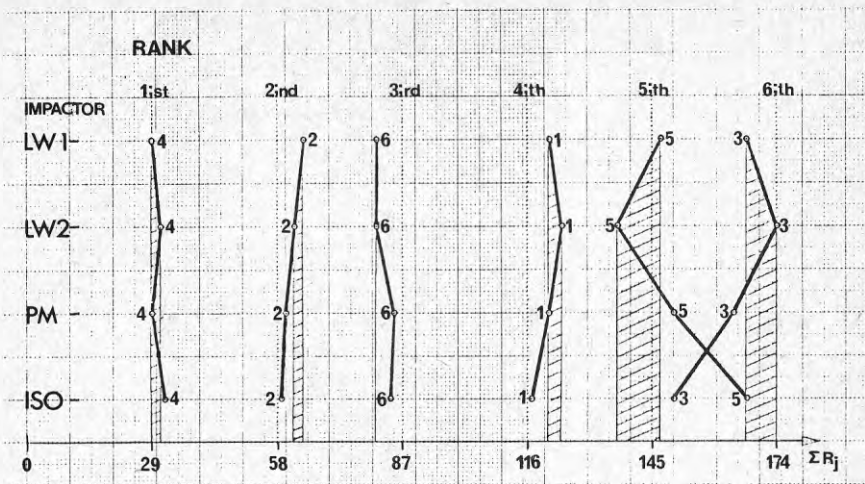


FIG. 14. Subjective ranking of carpets for different impactors on a concrete floor.

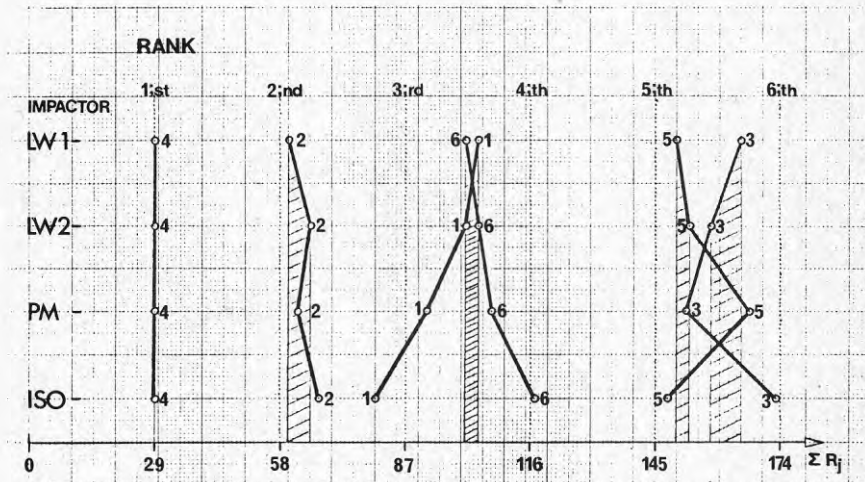


FIG. 15. Subjective ranking of carpets for different impactors on a wood joist floor.

More interesting is the behaviour of carpets 1 and 6 which on the concrete slab are clearly separated in the subjective ranking. On the other hand, when the wood joist floor is used, the results of the carpets come closer to each other and even change places in the ranking, which is especially pronounced when the ISO-machine is used. Thus, a carpet which is better than another carpet on one floor might on another floor subjectively be regarded as worse which is especially evident for the ISO-hammer machine method.

From the previous discussion and results, it is clear that it is hard to choose one impact generator as the best one since rankings based on subjective tests (see Figures 14 and 15) and objective measurements (see Tables 3 and 4) of the same floor coverings are nearly the same and included in the margin of error of the test.

V CONCLUSIONS

The conclusions to be drawn from these studies is that Schultz's method does not yield poorer rankings than the ISO-method; nor does it give significantly better results when compared with rankings based on subjective judgement. However, measurements according to the proposed method with the modified tapping machine or live walkers, are indeed much easier to carry out particularly the peak A-weighted impact sound level. With a little bit of refinement it would be possible to achieve a reliable test method that would essentially facilitate the impact measurements of today.

In a previous section the A-weighted levels are discussed for hard and soft carpets on the floor. Let us now consider these data in another way. For hard carpets the modified tapping machine yields too high dBA-levels compared with those of live walkers. Measurements on soft carpets result in the opposite situation. The highest consideration must be given to flooring materials between these extremes, when there is doubt as to whether sufficient sound insulation will be achieved or not.

The choice of carpets is also essential to the ranking result. The carpets are ranked subjectively, which can cause problems as the answers from the experimentees for natural reasons can differ from each other. This means that carpets that on the same floor give only slightly different impact sound levels in the receiving room can among themselves be ranked arbitrarily and are not depending on the inaccuracy of the method. Too big differences between the carpets are, on the other hand, not desirable because how much better one carpet is than another does not appear in a pure ranking situation. These extreme differences are thus not pertinent in the ranking of carpets. Instead, we ought to choose carpets which differ

a certain amount, neither too much nor too little, in order to avoid for example individual effects on the ranking reversability between carpets.

These discussed tendencies have influenced our results since our choice was based on an increasing difference from the worst to the best carpet.

ACKNOWLEDGMENT

I am obliged to Professor Tor Kihlman for valuable technical discussions during the work and to Dr. Ted Schultz, who both made this project possible. The financial support of the Swedish Council for Building Research is gratefully acknowledged. Mats Andrén and Bo Lavin provided valuable advice, and I also thank all others who have made contributions to this project.

J.R. Nordstedt

Nov-77

- 1 Watters, B.G. (1965). "Impact Noise Characteristics of Female Hard-Heeled Foot Traffic", J. Acoust. Soc. Am. 37 (4), 619-630.
- 2 Lindblad, S. (1968). "Impact Sound Characteristics of Resilient Floor Coverings", Bulletin 2, The Lund Institute of Technology, Div. of Building Technology.
- 3 Mariner, T. and Hehmann, H.W.W. (1967). "Impact Noise Rating of Various Floors", J. Acoust. Soc. Am. 41 (1), 206-214.
- 4 Olynyk, D. and Northwood, T.D. (1965). "Subjective Judgements of Footstep - Noise Transmission through Floors", J. Acoust. Soc. Am. 38, 1035 - 1039.
- 5 Olynyk, D. and Northwood, T.D. (1968). "Assessment of Footstep-Noise through Wood-Joist and Concrete Floors", J. Acoust. Soc. Am. 43 (4), 730 - 733.
- 6 Fasold, W. (1965). "Untersuchungen über den Verlauf der Sollkurve für den Trittschallschutz im Wohnungsbau", Acustica 15, 249 - 306.
- 7 Schultz, T.J. (1975). Memorandum, "Possible Approach for an Alternative Impact Test Method".
- 8 Schultz, T.J. (1975). Memorandum, "Tentative Alternate Method of Measurement of Impact Sound Transmission through Floor -Ceiling Assemblies Using a Modified Tapping Machine".
- 9 Schultz, T.J. (1976). "Alternative test method for evaluating impact noise", J. Acoust. Soc. Am. 60 (3), 645 - 655.
- 10 Schultz, T.J. (1974). "Impact Noise Testing and Rating", BBN Report No. 2668.
- 11 Hamme, R.N. (1965). "Sound Transmission through Floor - Ceiling Structures: 1. Evolution of New Impact Test Method", Geiger and Hamme Lab. Ann Arbor, Michigan, Report No. IBI - 1 - I.
- 12 Ford, R.D. and Warnock, A.C.C. (1974). "Impact Noise on Floors", NRC of Canada, Report No. 14051.

1. INTRODUKTION

INLEDANDE SYNPUNKTER PÅ STEGLJUDSGENERERING OCH MÄTNINGAR AV STEGLJUDSISOLERING

Tre viktiga saker är att tänka på vid konstruktionen av en apparat för stegljudsmätningar:

- För det första - de stegljud apparaten genererar får inte variera mellan olika tillfällen, dvs de stegljud den alstrar måste vara konstanta och av exakt samma typ vid varje användningstillfälle.
- För det andra - de stegljud apparaten alstrar skall efterlikna de stegljud en människa alstrar. Med efterlikna menas här att producera ett slags genomsnittligt mänskligt stegljud.
- För det tredje - de objektiva mätvärden av golvs stegljudsisoleringsförmåga som erhålls med en konstgjord stegljudsalstrare, skall överensstämma med de subjektiva uppfattningar en individ får. Ett klart samband mellan objektiv mätning och subjektiv uppfattning av en golvkonstruktions stegljudsisolerande effekt är önskvärd.

Samtliga konstruktionssynpunkter synes logiska vid framtagandet av stegljudstestapparatur där god objektiv-subjektiv resultat-korrelation utgör målet för utvecklingsarbetet. "Den nya generationen" testapparatur måste uppfylla dessa villkor och avhjälpa välkända svagheter hos nuvarande testapparatur- och metod, och härigenom grundlägga förutsättningar för kvalitativ som kvantitativ förbättring av mätningarna.

Önskvärdheten av ett starkt samband mellan objektiva resultat och subjektiva uppfattningar står helt klart. Även om man löst problemet med stegljudsalstringen maskinellt, och de mätvärden

man därvid erhåller blir exakta och fria från slumpmässiga variationer, vill man att resultaten skall ha en anknytning till verkligheten sådan den ter sig. Om man sålunda objektivt mäter upp ett antal golvbeläggnings isoleringsförmåga, och med hjälp av de erhållna mätvärdena rangordnar eller klassificerar golven efter stegljudsisolerande effekt, från bäst till sämst, skall den objektivt erhållna rangordningen vara överensstämmande med den subjektiva uppfattningen eller rangordningen av samma golvbeläggningar. Den bästa golvbeläggnings objektivet sett, skall vara den bästa subjektivt sett.

De två första konstruktionssynpunkterna enligt ovan medför med kända mål intentioner väljandet av, efter individuella premisser, typ av stegljudsalstrare samt överförandet av beslutsunderlaget till maskinell exakthet. Stegljud användbart till standardisering väljes således efter aktuella förutsättningar och önskemål, vilket medger skiljaktligheter vid valet land emellan, och medför möjligheter till skilda objektiva lösningar till samma målformulering. En annorlunda angreppsvinkel måste tillämpas på problemen med de lätta bjälklagen, och för dessa synes ett kombinationstest av hammarapparat och live walker vara den bästa lösningen.

Naturligtvis kan inte subjektiva bedömningar realiseras vid varje enskilt testtillfälle av en konstruktions godhetsklassning, utan här måste grundläggande forskningsarbete verifiera en god överensstämmelse emellan objektiva-subjektiva bedömningar vilket sedan kan utnyttjas vid kommande mättillfällen, givetvis inom ramen för förutsättningarna i bedömningen.

Efter dessa inledande synpunkter på stegljudsgenerering och mätning av stegljudsisolering kan en närmare redogörelse och analys av verkliga stegljud samt den kritik som riktats mot nuvarande ISO-hammarapparat vara på sin plats.

NÅGOT OM VERKLIGA STEGLJUD

Eftersom avsikten med en stegljudsapparat är att simulera verkliga stegljud på ett så bra sätt som möjligt, är det lämpligt att först redogöra något för vissa karakteristika hos den mänskliga stegfunktionen, uppträdande krafter, tidsförlopp etc.

Intressant är att jämföra de av maskinell och mänsklig stegljudsalstrare genererade krafterna och avgöra huruvida god eller dålig överensstämmelse dem emellan föreligger. Faktum är att det inte föreligger någon samstämmighet alls. Registrerad kraft under ISO-hammaren överskrider klart de krafter vilka orsakas av hammarapparatens mänskliga motsvarighet. Watters [3] har tillfört vetenskapen ökad kunskap om de uppträdande krafterna vid den mänskliga stegfunktionen, varav figur 1

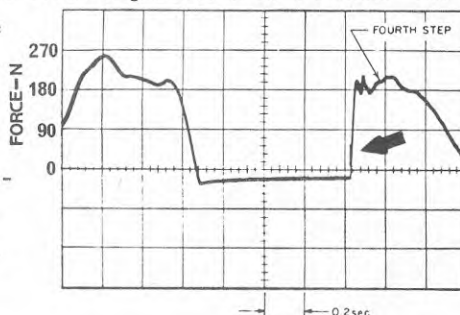
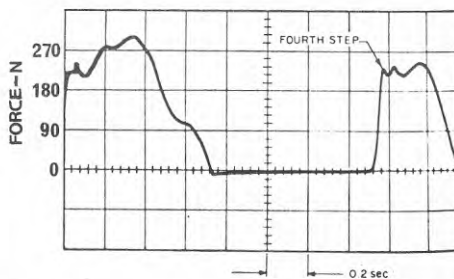


FIG. 1 . Force under heel—hardwood floor. [3]

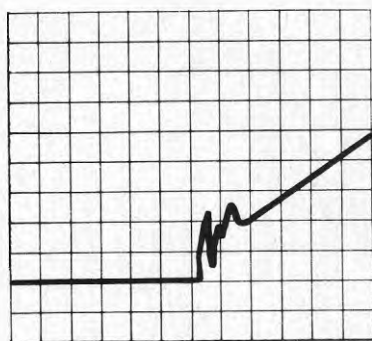
återger ett av de undersökta fallen i hans arbete. Krafttidsfunktionen visas här för fjärde steget då försökspersonen förhoppningsvis kan anses ha uppnått ett slags "steady-state" i gången. Förhållandet mellan de av hammare och gångare orsakade krafterna är i detta fallet av storleksordningen fyra. Vid en närmare betraktelse av figur 1, som gäller för ett råbjälklag, kan man för ögonblicket innan gångaren för över vikten på hälen urskilja en "föregångare" till den egentliga kraftpulsen på ca 50 - 80 N (se pilen i figur

1). Denna kraft härrör från skons första kontakt med golvet, då det karakteristiska "klickljudet" i gången uppträder. Nästa figur, figur 2

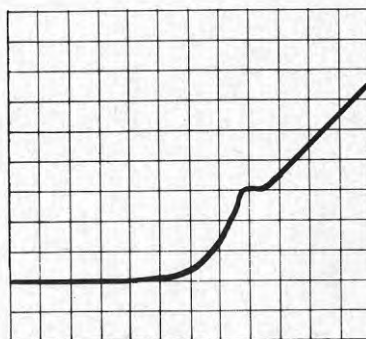


Figur 2. Force under heel - thick carpet on hardwood floor. [3].

ger på samma sätt som i figur 1 kraften under hälen för samma golvkonstruktion men här med en tjock matta på golvet. Här kan man inte längre notera den kraft som uppkommer vid skons första kontakt med golvet, utan kraften byggs upp långsammare varför kraft-tidsfunktionen får ett jämnare förlopp. För att möjliggöra en studie av den första delen av kraftuppbyggnaden måste tidsskalan transformeras upp väsentligt, då den första pulsen har en mycket kort varaktighet. Figur 3 illustrerar dessa första kraftpulser för både råbjälklaget och med en tjock matta på detsamma. Som figur 1&2 visat är kraften som gångaren orsakar cirka 250-300 N, dvs den kraft ISO-hammaren ger upphov till är betydligt större än vad fallet är för gångaren. I och för sig skulle de olika krafterna inte medföra några problem vid stegljudsisoleringsmätningar om vi arbetar med linjära karakteristika.



Impact on bare reinforced concrete floor 100 mm thick, $4.60 \times 3.65 \text{ m}^2$, covered with ceramic tiles set in mortar: 10 ms/div. Length of first force-pulse about 3 ms.



Impact on wilton carpet with underfelt: 10 ms/div. Length of first force-pulse about 30 ms.

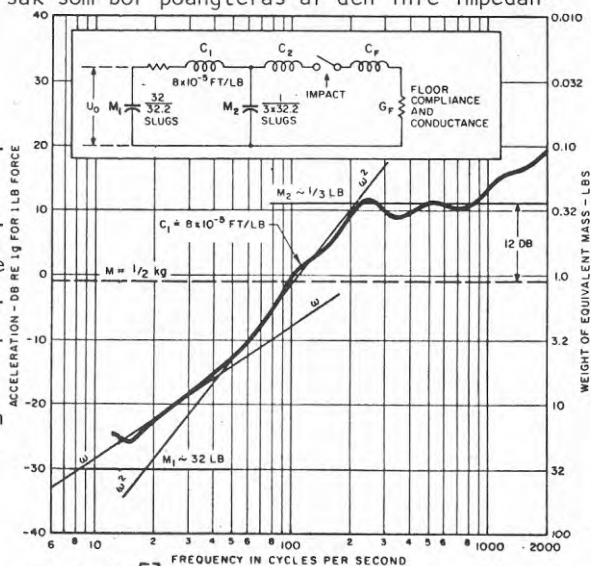
Figure 3. Force transmitted to the subfloor by a walker wearing heavy, steel-tipped shoes.

Watters [3] har även studerat skiljaktligheter mellan män och kvinnors gång vad beträffar fotens hastighet och infallsvinkel mot golvet vid stegljudsgenereringen. Ser vi på fotens anslags-hastighet för kvinnor ligger den genomsnittligt på 0.42 m/s, medan motsvarande värde för män är 0.78 m/s. Fotens infallsvinkel är ganska sned, $\approx 45^\circ$ för kvinnor, något mindre sned för män. Värdena skall jämföras med ISO-hammarens vilken träffar golvet vinkelrätt och med en hastighet av 0.88 m/s.

En variation i stegljudet uppkommer dessutom genom att det finns olika slag av gångare. Scarlett-Smith [9] har försökt indelagångarna i tre olika grupper. Hans beteckningar för de förekommande fallen är: Pushers, Pullers, och Shufflers.

Om vi låter gångare med olika gångstil gå på en golvkonstruktion, och mäter ljudnivån i dBA i ett rum under kan tämligen stora skillnader noteras vilket också konstaterats vid mina mätningar. Dr. Josse vid CSTB i Grenoble har utfört liknande mätningar med liktydiga resultat. Försökspersonernas ålder varierade i hans test från 21-54 år och deras vikt från 60-73 kg. Vid råbjälklagsmätningarna blev ljudnivåerna 58-69 dBA, medan en nylonmatta på råbjälklaget gav resultaten 40-57 dBA.

Tidigare har beskrivits kraft-och tidsförlopp för en gångare, men ytterligare en sak som bör poängteras är den inre impedansen hos en stegljudsalstrare. Se figur 4 vilken gäller för en kvinna med högklackade skor. I området 200-1000 Hz kommer inre impedansen att matcha en masslinje hörande till vikten 0.15 kg, vilket kan jämföras med masslinjen för ISO-hammaren.



Figur 4 [3].

KRITIKEN AV ISO-METODEN

Gösele [1] : "For acoustic evaluation of different floor constructions we need in practice an objective procedure which gives measurement results for impact sound transmission corresponding as nearly as possible with walking noise. When walking noise seems equally loud to the human ear under two floor constructions, then also the test method give equal numerical values".

Att den standardiserade hammarapparaten ej besitter erforderliga egenskaper för uppfyllandet av innebörden i ovanstående citat står helt klart. Orsaken till hammarapparatens utformning ligger i att man vid tiden för standardiseringen av en stegljudsapparat inte felfritt kunde mäta ljudnivån från enstaka hammerslag. Denna "instrumentinkompetens" medförde för stegljudsmaskinens vidkommande, att hammarantal, slagfrekvens och massa gavs sådana värden att en både kontinuerlig och hög ljudnivå, lätt avläsbar, erhöles. Med dagens mätinstrument faller dessa krav.

Cremer & Gilg framför i [10] åsikten att ISO-maskinens överensstämmelse med stegljudet från en kvinna i högklackade skor med stålklackar skulle vara bättre för detta fall än för övriga stegljud. Mariner [5] har studerat nämnda jämförelse för att undersöka hur pass bra ISO-maskinen är då de optimala betingelserna enligt Cremer & Gilg skulle föreligga. Resultaten framgår av figur 5. Som synes föreligger en mycket stor spridning i resultaten, spridningsområdet begränsas här av de två heldragna linjerna. En helt perfekt samstämmighet mellan de objektiva-subjektiva mätresultaten hade givit en rät linje i diagrammet. Ett visst INR-

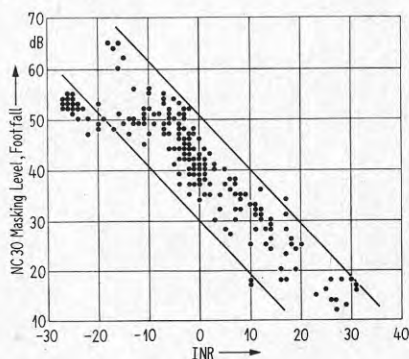
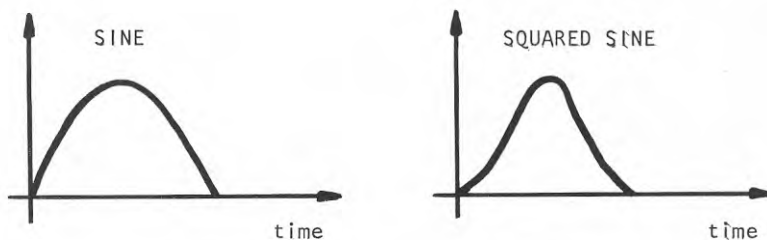


Fig. 5. Relationship between single-number standard hammer-machine rating (INR) and level of NC30-shaped masking noise required to reduce intruding footfall noise to a condition of acceptability (nondetectability). 300 tests represented. Walking done by woman in hard-tipped, high-heeled shoes. [5]

värde kan alltså satisfieras av golv för vilka "maskeringsnivån", ordinatan i figuren, tillåts variera så pass mycket som 20 dB. Detta är givetvis en brist hos ISO-maskinen då en primär funktion ej längre kan anses uppfyllt. Godhetsklassningen av mattor blir med andra ord inte densamma när den utföres med ISO-maskinen och av en subjektiv testning med försökspersoner som får lyssna på verkliga stegljud på samma golvkonstruktion. Detta är ju beklagligt eftersom det är människors bedömning av stegljudsisoleringsförmågan hos en konstruktion som skall ligga till grund för konstruktionens godhetsklassning.

I avsnittet om verkliga stegljud framgick att ISO-hammaren påför ett golv krafter vilka klart överstiger motsvarande krafter från en person som går på samma golv. Hammarna bearbetar således underlaget alltför intensivt. Mycken kritik har riktats mot hammarapparatens just i detta avseende. Har ett golv linjär karakteristik medför de olika lasterna inga problem. Om ett hårt golv utsätts för slag och styrkan på slaget fördubblas, dubbleras även åstadkommet ljud. För hårda golv kan våra linjära teorier tillämpas, men vad händer när en matta av något slag läggs på golvet och samma procedur som tidigare upprepas? Linjärt betraktat produceras dubbelt så mycket ljud, men i allmänhet till och med mer än dubbelt så mycket. Vi har med andra ord olinjära storheter istället för antagna linjära. Det är mycket ovanligt att mattor uppvisar en rent linjär karakteristik varför det är viktigt att hänsyn tas till mattans egenskaper som ju högst väsentligt kan påverka dess godhetsklassning. Linjär fjädring ger en kraftpuls för hammarlaget som är en ren sinuspuls (se figur 6). Frekvensspektrat för en



Figur 6. Olika typer av kraftpulser.

sådan kraftpuls faller vid höga frekvenser med 12 dB/oktav, en sinkvadratpuls frekvensspektra faller däremot med 18 dB/oktav [4]. Jämföres kraftpulserna i figur 6 med de i avdelning 3 uppmätta, ser vi att sinkvadratpulsens klart bättre överensstämmer med de uppmätta kraftpulsförloppen.

Det går givetvis ej att jämföra hammarapparatens enkla stegfunktion med det komplicerade dynamiska förlopp som en gångare uppvisar. Under 150 Hz kommer därför den föreslagna hammarapparatens att dåligt efterlikna mänskligt genererade stegljud (se figur 4). Man bör dessutom betänka att inre impedansen för ISO-hammaren och en gångare ej är desamma. Kraften som påföres en golvyta beror på inre impedansen hos hammaren och punktimpedansen för golvet, varför det vore naturligt att ge hammaren en inre impedans som överensstämmer med gångarens. Detta är inte fallet för ISO-hammaren, men så har skett i föreslagen metod.

2. FÖRESLAGEN METOD

Nedanstående redogörelse utgör endast de viktigaste punkterna i den föreslagna metoden. Mer detaljerade uppgifter kan för den intresserade hämtas ur ref (11).

HAMMARAPPARAT

Föreslagen metod baseras på utnyttjandet av den tillgängliga standardiserade hammarapparaten, specificerad i ISO/R-1960 (E), modifierad enligt följande: Av stegljudsmaskinens ursprungligen befintliga fem hammare avlägsnas fyra så att enbart hammaren i mittenpositionen behålles. Den kvarvarande hammarens vikt och nedslagshastighet minskas till 200 gram och 0.55 m/s respektive, med reservationen att fri fallhöjd 40 mm bibehålles. Hammarfotens sfäriska ändyta täcks med halvelastiskt material sådant att effektiva styvheten blir $7 \cdot 10^6$ N/m. Under hammarens kontaktpunkter med golvet, avstånd hammare - kontaktpunkt bör vara minst 200 mm, placeras ett mycket poröst gummiskikt av cirka 5 mm:s tjocklek.

Den enligt ovanstående premisser konstruerade hammarapparaten placeras på bjälklaget i var och en av nedan beskrivna positioner vid stegljudsisoleringsmätningar.

Position 1 - Hammarapparaten hammare skall falla på golvytans mittpunkt, dvs i skärningen mellan diagonalerna. För träbjälklag justeras denna punkt till centerlinjen hos den närmaste bjälken. Position 2 till 5 - Flytta hammarapparaten så, att hammaren faller successivt på de fyra skärningarna hos golvdiagonalerna med en cirkel av radien 280 mm centrerad på position 1. För bjälklagskonstruktioner innebär valet av hammarpositioner att: ett test sker med hammarapparaten över en bjälke och fyra i positioner mellan bjälkarna, en approximation av möjligheten att en gångare trampar på en bjälke då rummet korsas.

MÄTNINGAR

För varje hammarapparatposition beskriven enligt ovan mätes stegljudsnivåernas toppvärden för dels oktavbanden i intervallet 63-4000 Hz, dels den A-vägd ljudnivån med instrumentets dynamiska

impulskaraktistik (tidskonstanten 35ms). De mätta totala toppvärdesnivåerna av väntad signal plus bakgrund måste överskrida bakgrundsljudnivån med minst 10 dB i varje frekvensband.

För varje mikrofon- och hammarapparatposition mäts ljudnivåerna över ett tidsintervall om minst 10 sekunder för frekvenserna 500 Hz och därunder, samt om minst 5 sekunder för övriga frekvenser varpå genomsnittsvärdet av ljudnivåerna tages.

Endast en mikrofon får användas till de olika mätpositionerna i mottagarrummet, valda med följande restriktion: Ingen mikrofonposition tillåts vara närmare en rumsyta, diffusoryta eller konstruktionen som testas än 1 meter.

Ett tillräckligt antal mätningar genomföres för att försäkra sig om att medelvärdet hos topp-ljudtrycksnivån L_p är känd inom ± 1 dB (90 % konfidens) utom för det lägsta bandet där gränsen sätts till ± 2 dB.

TESTRUM

Testrummen skall vara så konstruerade att den testade konstruktionen, vilken bildar en horisontell avskiljning mellan sändar- och mottagarrummet, utgör den dominerande ljudtransmissionsvägen dem emellan. Den i mottagarrummet från övriga transmissionsvägar orsakade ljudnivån bör vara minst 10 dB lägre än motsvarande nivå från huvudtransmissionsvägen.

Emedan toppnivåer mätes kommer problemen med stående vågor och bristande diffusitet i mottagarrummet att minska i betydelse jämfört med om RMS-ljudtrycksnivåer hade mätts. Förutom att fordringarna på diffusitet mildras och rörliga diffusorer förbjuds, blir en normalisering eller annan justering av de mätta stegljudsnivåerna ej nödvändig eller tillåten.

För att uppnå en nöjaktig approximation av ett diffust ljudfält i ett frekvensband krävs förekomsten av ett tillfredställande antal rummoder inom testbandet, och att moderna och deras ut-

bredningsriktningar är fördelade så likformigt som möjligt över bandet. Detta innebär att det bör finnas minst 15 rumsmoder i det lägsta frekvensbandet. Tillräcklig ljuddiffusitet och moddensitet i mottagarrummet förutsätter krav på en minsta volym V hos rummet vid oktavbandsmätning:

$$V = \frac{4 \lambda^3}{3}$$

där λ är våglängden för det lägsta bandets mittfrekvens. Detta betyder för ett oktavband med mittfrekvensen 125 Hz en rekommenderad minimivolym av 28 m^3 medan motsvarande värde för 63 Hz blir 221 m^3 . För att erhålla den rätta fördelningen av rumsmoder ställs vissa krav på dimensionerna i testrummet. Två dimensioner får exempelvis inte vara lika och förhållandet mellan största och minsta rumsdimension får inte vara större än två. En av de rekommenderade proportionerna är 1 : 1.3 : 1.6.

De inre ytorna i laboratoriets mottagarrum skall vid varje testfrekvens ha en medelljudsabsorptionskoefficient mindre än 6% utom i det lägsta frekvensbandet där upp till 15% kan tillåtas.

PROVEXEMPLAR

Konstruktionerna vilka testas skall vara tillräckligt stora för att inkludera alla väsentliga konstruktionsdelar till sin normala storlek, och i proportioner typisk för faktisk användning. Rekommenderad storlek på testytan är minst 9.3 m^2 med en minsta dimension större än 2.4 m.

Eftersom golvtäckningsmaterial med betydande vikt, såsom mattor, kan påverka böjningsrörelserna hos lättviktsgolvet rekommenderas en heltäckning av golvet med aktuellt golvtäckningsmaterial. För mer massiva konstruktioner, exempelvis betongbjälklag, är det tillräckligt om det golvtäckande materialet är stort nog att ställa hammarapparaten på.

NÅGOT OM BAKGRUND OCH TANKE BAKOM SCHULTZ ARBETE

Vid plenarmötet i Stresa 1969 [13] enades deltagarna i ISO:s avdelning för akustik ISO/TC 43 om en revision av R140-mätmetod för luft- och stegljudsisolering. Forskare i USA anmodades att lämna

konstruktiva synpunkter på hur man skulle kunna få fram en bättre hammarapparat för stegljudsmätningar.

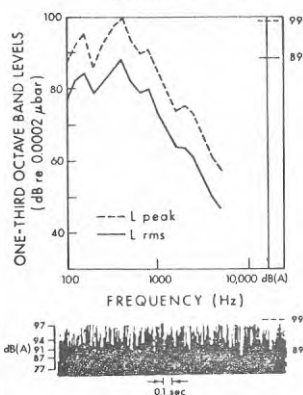
Dr Ted Schultz vid Bolt Beranek & Newman i Boston har ingående studerat stegljudsproblematiken och presenterar i [7] en alternativ testmetod för stegljudsisolering.

Dr Schultz [7] "The current method of measuring impact noise transmission involves the rise of a standard hammer machine to produce a series of impact on the floor-ceiling structure, and the measurement of the resulting noise produced in the room below. The method has been criticized on the ground that ratings based on the test data correlate poorly with the subjective judgements of people listening to real-life impacts on the same floors. An alternative test method is proposed that rises a modified hammer machine whose internal impedence, intensity of impact, and striking frequency simulate those of real foot-falls. The new method involves several changes from the present standard: short-term rms impact sound levels are measured instead of long-term rms levels; no normalization of the receiving room is required; since the short term rms levels are higher than the long-term levels usually measured, background noise is less of a problem than for the existing method. These proposed changes based on recent studies are expected to improve the correlation between test data and subjective judgements of floors".

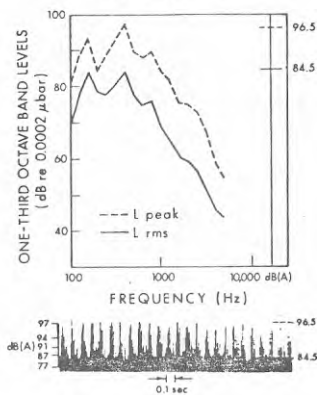
Det är således inte enbart testapparaturen som Schultz har riktat sitt intresse mot, utan han menar att även mätmetoden är mogen för en revidering. Hans föreslagna ändringar av testapparat- och metod har redovisats tidigare i detta avsnitt, dock kan en sak noteras vad gäller mätning av rms- och toppnivåer. Han nämner att en del av de problem som finns vid mätning av rms-nivåer minskar vid övergång till toppnivåmätning. Hur förhållandena förändras vid denna över-

gång illustreras av figur 7. [8]

7 a. Source: ISO Hammer Machine
 Measurement: Space-Average Peak & rms Sound Pressure Levels in Receiving Room
 Impact Rate: 10 Hz
 Receiving Room Condition:
 Avg Decay Rate: 26 dB/sec
 Reverberation Time: 2.3 sec
 Avg Absorption: 46 sabins

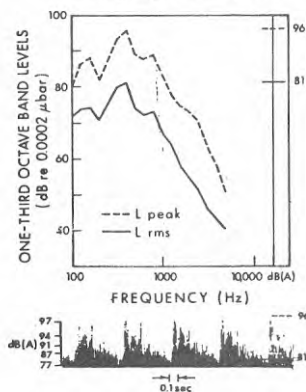


7 b. Source: ISO Hammer Machine
 Measurement: Space-Average Peak & rms Sound Pressure Levels in Receiving Room
 Impact Rate: 10 Hz
 Receiving Room Condition:
 Avg Decay Rate: 86 dB/sec
 Reverberation Time: 0.7 sec
 Avg Absorption: 151 sabins

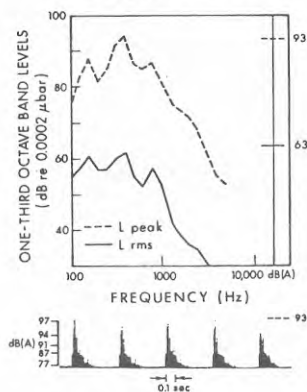


Jämförelsen görs för ISO-hammapparaten och en 1-hammarsmaskin i rum med liten respektive stor absorption. Av figurerna framgår klart att topp-nivåerna påverkas mycket lite av hammarnas slagfrekvens och rumsabsorptionen. Studeras figurerna 7a och 7d är skillnaderna i ljudnivå för topp- och rms mätningarna 6 respektive 26 dBA, dvs en väsentlig skillnad.

7 c. Source: One-Hammer Machine
 Measurement: Space-Average Peak & rms Sound Pressure Levels in Receiving Room
 Impact Rate: 2 Hz
 Receiving Room Condition:
 Avg Decay Rate: 26 dB/sec
 Reverberation Time: 2.3 sec
 Avg Absorption: 46 sabins



7 d. Source: One-Hammer Machine
 Measurement: Space-Average Peak & rms Sound Pressure Levels in Receiving Room
 Impact Rate: 2 Hz
 Receiving Room Condition:
 Avg Decay Rate: 86 dB/sec
 Reverberation Time: 0.7 sec
 Avg Absorption: 151 sabins



Det kan vara lämpligt att avsluta avsnittet med några ord av Schultz: "So far there has been no practical demonstration that the modified method will, in fact, yield good relation with human judgments of the acceptability of floors with respect to insulation against impact noise. The most important point is that the assessment of the success of the method must be primarily upon a showing of agreement with people's judgements, at least for footstep noise, but possible for impact noise in general".

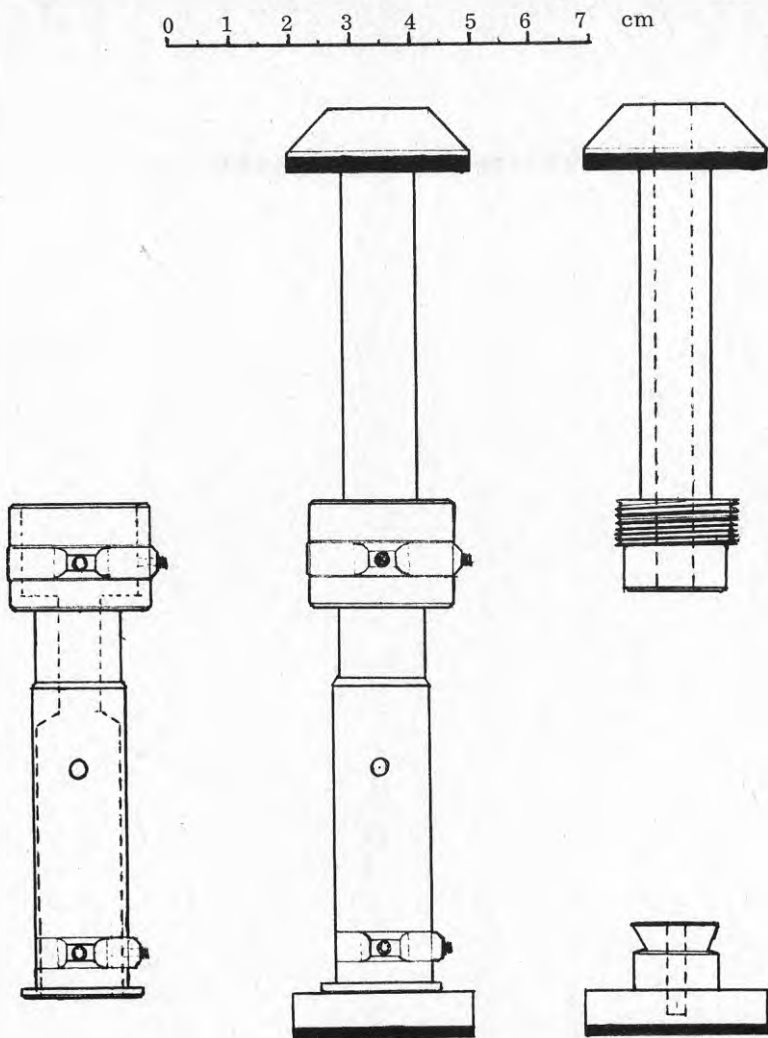
3. BESKRIVNING AV: KONSTRUERAD HAMMARE, BJÄLKLAGEN, GÅNGARE + SKODON, MATTOR.

KONSTRUERAD HAMMARE

Hammarapparaten kommer, starkt förenklat sett, att ha en inre impedans och att ge en kraft som motsvarar ett medelvärde av mäns och kvinnors fotsteg. Detta medför naturligtvis inte att stegljudsapparaten i alla avseenden tillfredställande simulerar steg från en person som går på ett golv. Det portabla utförandet medför att apparaten inte kan ges någon större vikt, vilket innebär en sämre lågfrekvensexcitering jämfört med "live walker". Den låga vikten tillsammans med att hammarapparaten står placerad på en bestämd punkt vid stegljudsgenereringen gör, att de speciella ljud som uppkommer då en person går på ett träbjälklag ej genereras av hammarapparaten. Därför vore det lämpligt om man i en framtida standard kunde ha en "standardiserad" "live walker" vid träbjälklagsmätningar förutom mätningar med den standardiserade hammarapparaten.

För hammarens del kom förslaget att innebära en viktminskning från 500 till 200 gram. 300 gram skulle således på lämpligt sätt avlägsnas från hammaren. Denna kan delas in i tre huvuddelar varav mittendelen, "kroppen", har tilldelats en betydande del av den totala massan. För behållandet av de för funktionen väsentliga måtten, valdes mittendelen som den del där viktminskningen skulle ske. Den härav konstruerade hammaren illustreras i figur 8.

Avsikten med den nya hammaren var att förbättra överensstämmelsen hammarapparat-"live walker". Eftersom gångaren har skor med sula av något material bekläddes hammarfotens yta med ett gummiskikt med data enligt avd. 2. Med ett sådant gummiskikt erhålls för ett hammarslag mot ett golv en frekvensgång hos ljudet i mottagarrummet som på ett bättre sätt korrelerar med verkliga stegljud än vad som är fallet för den standardiserade stegljudsapparaten.

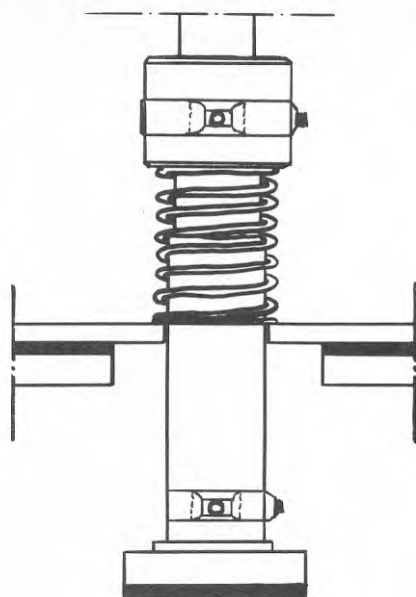


Figur 8. Konstruerad hammare.

I Dr. Schultz förslag skall även hammarens hastighet vid tillslaget mot golvytan minska. Problemet löstes genom att på lämpligt sätt anbringa en fjäder på hammaren.

Figur 9 visar hur fjädern monterats på hammaren.

Hammarapparatens funktion påverkas inte alls av fjädern då denna inte är fästad vid hammaren eller maskinen i övrigt. Kontakten fjäder-hammare är friktionsfri.



Figur 9. Fjäderkonstruktionen.

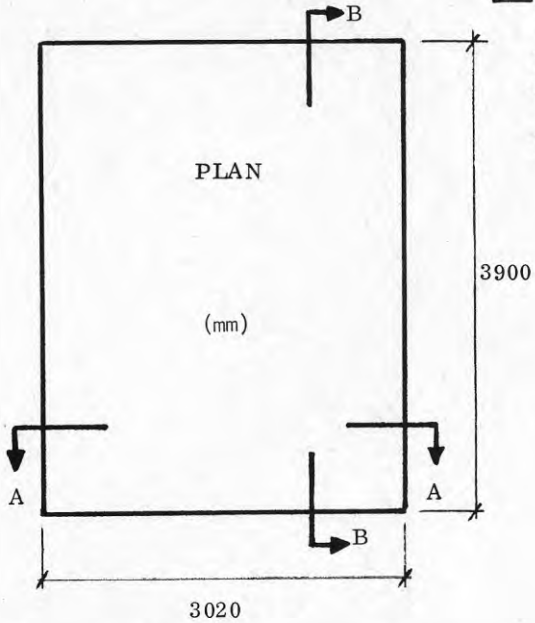
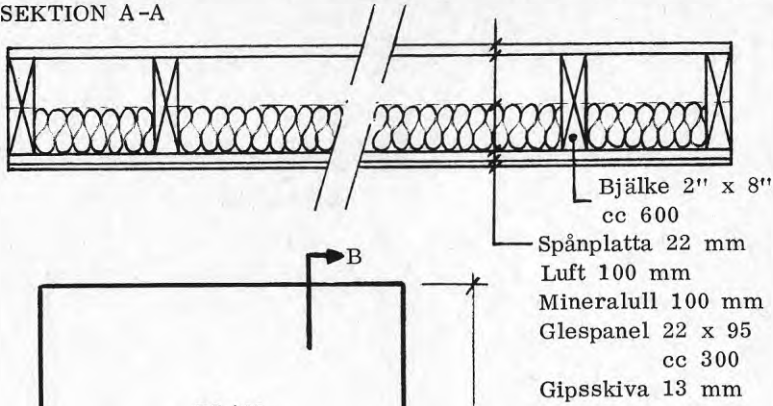
BJÄLKLAG

Då kunskaper om hur objektiva och subjektiva bedömningar påverkas av olika bjälklagskonstruktioner är viktiga att känna till för en fullständig analys av den föreslagna hammarapparatens och mätmetoden, har två bjälklag, ett isotropt och ett anisotropt, medtagits i undersökningen. Det förstnämnda bjälklaget är ett 16 cm tjockt betongbjälklag medan det andra representerar en vanlig typ av träbjälklag.

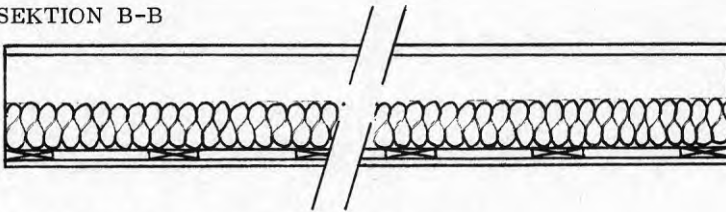
Både betong-och träbjälklagets ytstorlek är desamma, likaså uppläggningsättet, varför enbart träbjälklaget beskrivs i det följande. Träbjälklagets utformning framgår av figur 10.

Bjälklagen ligger fritt upplagda i bjälklagsöppningen. Runt kanten av detta har en specialgjord tätning av plåtprofiler fyllda med betong förfärdigats. På båda sidor om plåtprofi-

SEKTION A-A

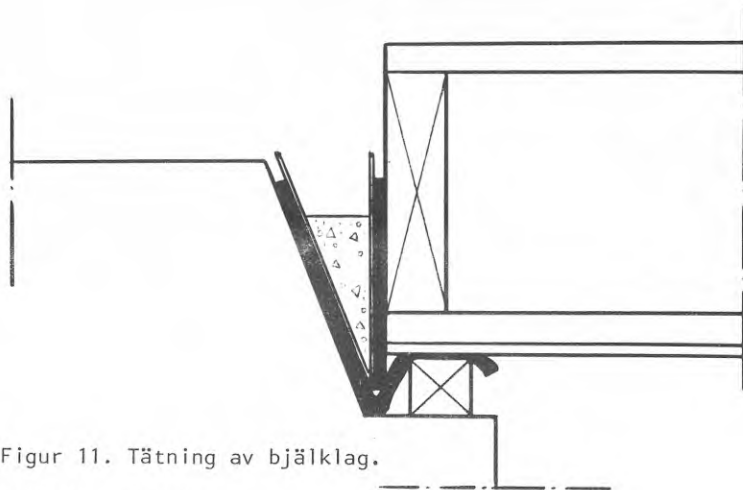


SEKTION B-B



Figur 10. Träbjälklag PLAN & SEKTION.

len placerades ett 10 mm tjockt, tämligen mjukt gummi. Gummi-skiktet bryter direktkontakten mellan stomme - plåtprofil - bjälklag. Även kontakten mellan bjälklaget och den 2'' x 2'' trälist som bjälklaget vilar på bryts, samtidigt som ett effektivare skydd mot eventuellt ljudläckage erhålls. Se fig. 11.

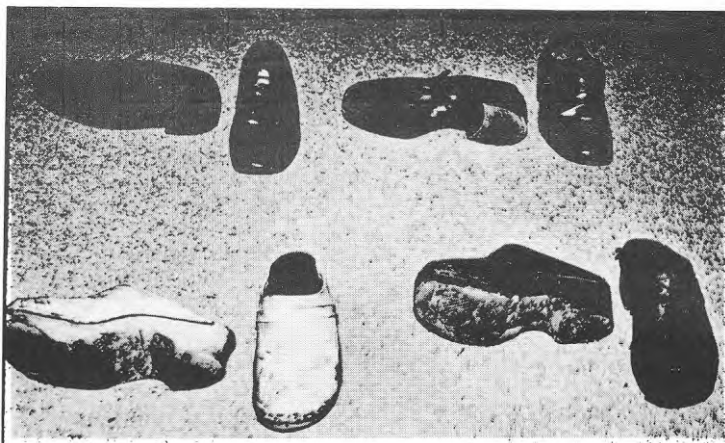


Figur 11. Tätning av bjälklag.

GÅNGARE + SKODON

Förutom "ordinarie" gångare för lyssningsförsöken, testades två andra gångare, kroppsvikt 75 resp. 73 kg, fortsättningsvis benämnda gångare 1 och 2.

Mätningarna utfördes med såväl träskor (vikt 460g) som läderskor (vikt 360g). Sula och klack utgjordes i träskofallet av hårdgummi, något slitet, medan läderskornas var av konstläder. Fig 12.



Figur 12. Skor använda vid stegljudstestet.

Önskemålet för testningen hade givetvis varit att kunna täcka alla förekommande fall av stegljudstyper. Detta fordrar dock att resurstillgången i fråga om tid till försöksverksamheten är stor på grund av mängden möjliga variabler.

MATTOR

Nedan har en beskrivning av mattorna gjorts.

För varje matta görs en kort utseendebeskrivning med därefter följande kraftpulsdiagram. Det senare visar kraftpulsen orsakad av dels föreslagen hammare, dels standardiserad 500 grams hammare. Denna uppställning möjliggör en direkt jämförelse av kraftpulsförloppen för de olika hammarna och illustrerar hur olika hammarmassa tillsammans med mattans egenskaper ändrar kraftpulserna.

Kraftpulsdiagrammen framtages på följande sätt. (Se figur 13.).

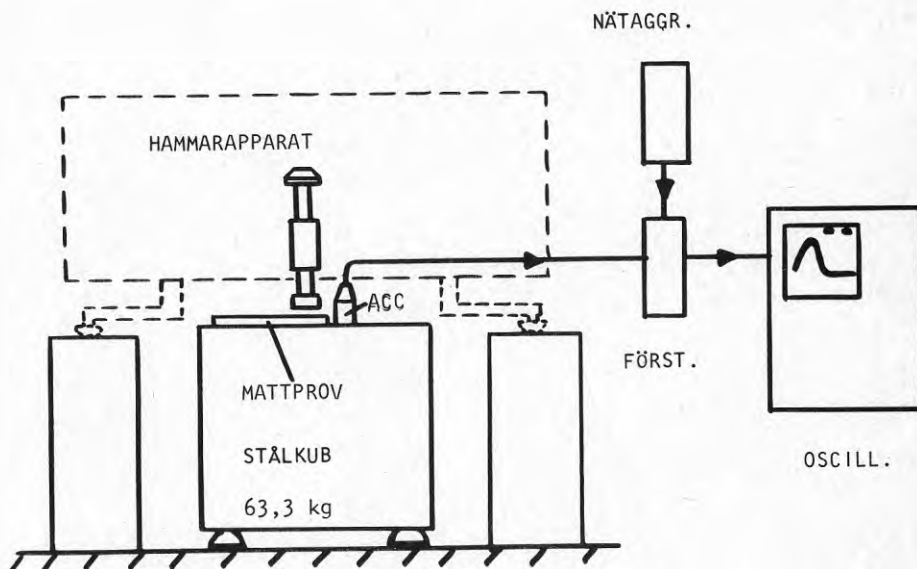


Fig 13. Mätning av kraftpulser. [12]

Mattprovet placeras på ett underlag med kända egenskaper, här en stålkub med massan 63,3 kg, uppställd på gummiunderlag, varpå hammaren från hammarapparaten får verka. Stålkubens enda kontakt med hammarapparaten uppstår i och med hammarens nedslag på mattprovet. Den härvid uppkomna accelerationen mätes med en accelerometer monterad på stålkuben intill nedslagspunkten för hammaren.

Signalen förstärkes och studeras på oscilloscop.

Med oscilloscopkamera registreras kraftpulsförloppen.

Kommentarer till varje matta följer direkt efter kraftpulsdiagrammen.

I kommentarerna har beräknade värden baserats på linjär betraktelse, detta delvis för att mer påtagligt kunna påvisa olinjära skeenden vid de olika studerade mattfallen. Brytfrekvensen f_p beräknas med Lindblads* formel $f_p = 1/2 t_p$ där t_p är totala pulslängden.

Maximal acceleration som är direkt proportionell mot hammarens nedslagshastighet och brytfrekvensen, har beräknats med utgångspunkt från uppmätta brytfrekvenser i stegljudsförbättringsdiagrammen (avdelning 5).

$$a_{\max} = 2\pi f_p \cdot v \quad \text{m/s}^2$$

Maximal slagkraft kan sedan, liksom den maximala intryckningen, enkelt beräknas.

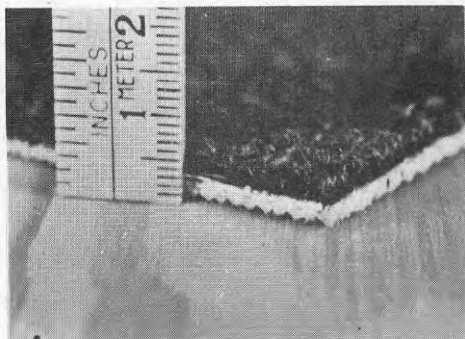
$$\begin{cases} F_{\max} = m_{\text{hammare}} \cdot a_{\max} & \text{N} \\ \delta_{\max} = v / 2\pi f_p & \text{mm} \end{cases}$$

Lindblad har likaså påvisat förhållandet att även om man har stora förluster och ganska stor olineäritet, så kommer intryckningsförloppet att endast lite avvika från sinushalvperiod.

Han skriver även att relaxation kan förekomma för en del material vilket innebär att kraftpulsförloppet förskjuts på ett sådant sätt att samma intryckning ger större kraft vid pålastning än för avlastning.

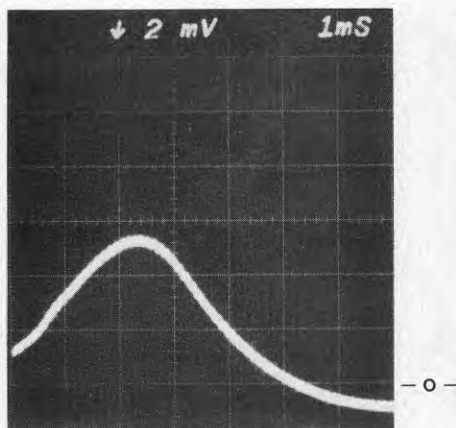
* [6]

Mattbeskrivning "PATRIK"

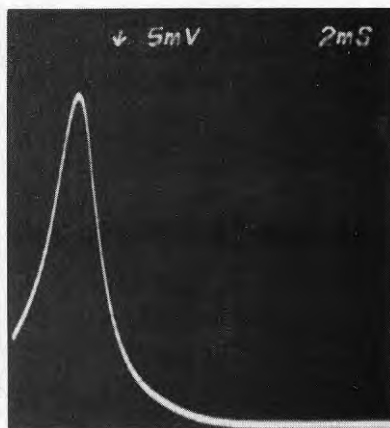


Typ: Tuftad öglematta
 Luggmaterial: Nylon (enkla stat)
 Luggvikt: 750 g/m^2
 Baksida: Präglad latex
 Bredd: ca 400 cm
 Ytvikt: ca 2.3 kg/m^2
 Helsyntetisk

Figur 14. Matta "PATRIK"



Figur 15. Kraftpuls av 200 grams hammare på matta "PATRIK".



Figur 16. Kraftpuls av 500 grams hammare på matta "PATRIK".

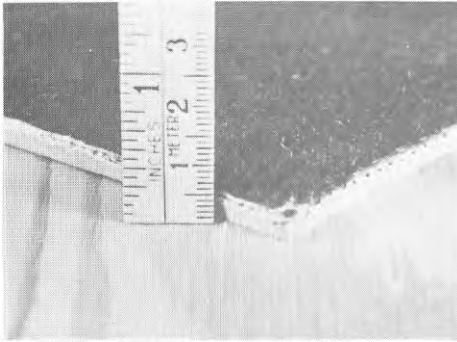
Kommentarer:

Hammarens nedslagshastighet
 Kraftpulslängd
 Brytfrekvens Diagram
 Beräknad
 Maximal acceleration under slaget
 Maximal slagkraft

	hammare 200g	hammare 500g
Hammarens nedslagshastighet	0.55 m/s	0.88 m/s
Kraftpulslängd	5.8 ms	5.9 ms
Brytfrekvens	63 Hz	80 Hz
Diagram	86 Hz	85 Hz
Beräknad	218 m/s^2	442 m/s^2
Maximal acceleration under slaget	44 N	221 N
Maximal slagkraft		

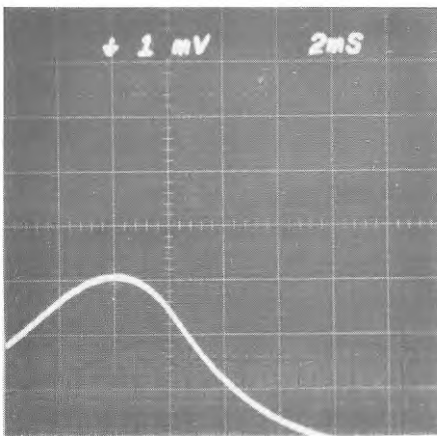
Intryckningen sker till stor del i ögledelen, nästan ingen i latexskiktet som är relativt styvt. Beräknad intryckning blir 1.39 och 1.75 mm för 200grams och 500grams hammarna respektive.

Mattbeskrivning "PETRUS"

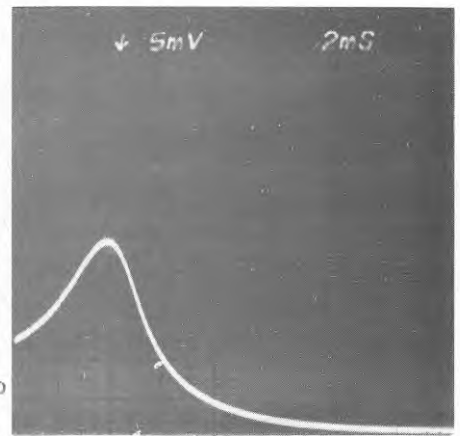


Figur 17. Matta "PETRUS"

Typ: Tuftad
 Totaltjocklek: 10 mm
 Luggmaterial: Nylon 6 mm
 Baksida: Planskum 4mm
 Bredd: ca 400 cm
 Ytvikt: ca 1.9 kg/m²



Figur 18. Kraftpuls av 200 grams hammare på matta "PETRUS".



Figur 19. Kraftpuls av 500 grams hammare på matta "PETRUS".

Kommentarer:

Hammarens nedslagshastighet

Kraftpulslängd

Brytfrekvens Diagram

Beräknad

Maximal acceleration under slaget

Maximal slagkraft

hammare 200g

hammare 500g

0.55 m/s

0.88 m/s

11 ms

10 ms

46 Hz

50 Hz

159 m/s²276 m/s²

32 N

138 N

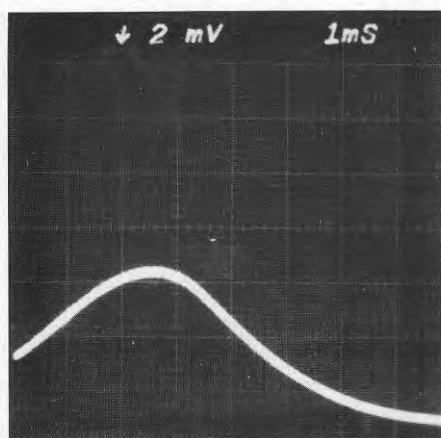
Både lugg och skumskikts deformerbarhet är stor. Beräknad intryckning blir 1.9 och 2.8 mm för 200grams och 500grams hammarna respektive. En såpass stor intryckning som vi har i detta fallet medför att fjädern på hammaren kommer att ta upp en del av kraften från hammaren.

Mattbeskrivning "BIRGER"

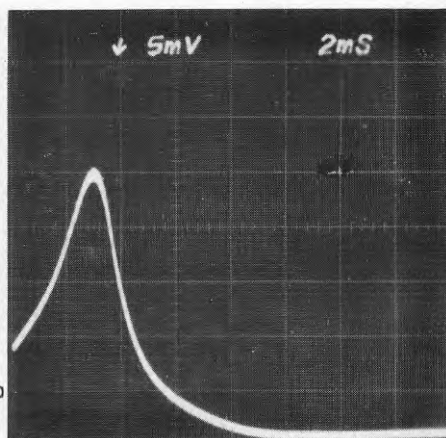


Figur 20. Matta "BIRGER"

Typ: Tuftad öglematta
 Luggmaterial: Nylon
 Luggvikt: 407 g/m^2
 Baksida: Planskum
 Bredd: ca 400 cm
 Ytvikt: ca 2.2 kg/m^2
 Helsyntetisk



Figur 21. Kraftpuls av 200 grams hammare på matta "BIRGER".



Figur 22. Kraftpuls av 500 grams hammare på matta "BIRGER".

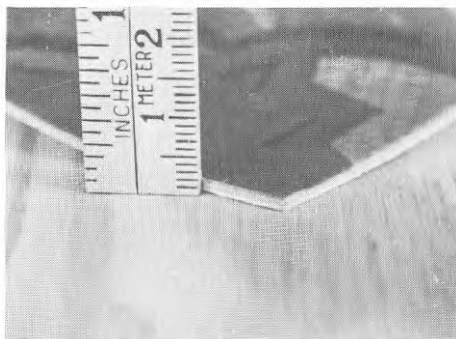
Kommentarer:

Hammarens nedslagshastighet
 Kraftpulslängd
 Brytfrekvens Diagram
 Beräknad
 Maximal acceleration under slaget
 Maximal slagkraft

hammare 200g	hammare 500g
0.55 m/s	0.88 m/s
6.6 ms	7.2 ms
40-60 Hz	63 Hz
76 Hz	69 Hz
207 m/s^2	348 m/s^2
41 N	174 N

Både öglor och skumskikt komprimeras vid nedslaget. Beräknad intryckning blir 1.46 och 2.22 mm för 200 grams och 500 grams hammarna respektive.

Mattbeskrivning "NOVILON"



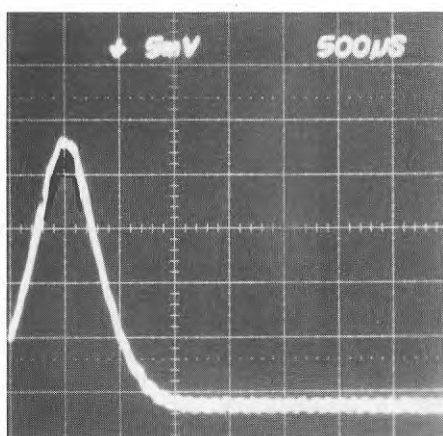
Figur 23. Matta "NOVILON"

Totaltjocklek: ca 2mm

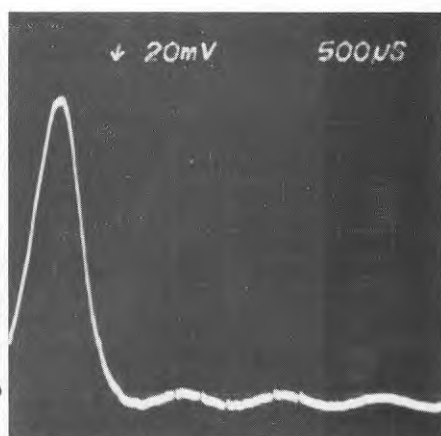
Skikt: Slitskikt ca 0.3mm

Skumskikt ca 0.9mm

Bottenskikt ca 0.6mm

Ytvikt: ca 2.5 kg/m²

Figur 24. Kraftpuls av 200 grams hammare på matta "NOVILON".



Figur 25. Kraftpuls av 500 grams hammare på matta "NOVILON".

Kommentarer:

Hammarens nedslagshastighet

Kraftpulslängd

Brytfrekvens

Diagram

Beräknad

Maximal acceleration under slaget

Maximal slagkraft

hammare 200g

hammare 500g

0.55 m/s

0.88 m/s

1.5 ms

1.2 ms

500 Hz

500 Hz

330 Hz

420 Hz

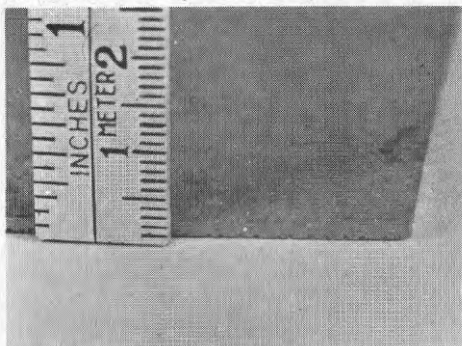
1730 m/s²2760 m/s²

345 N

1380 N

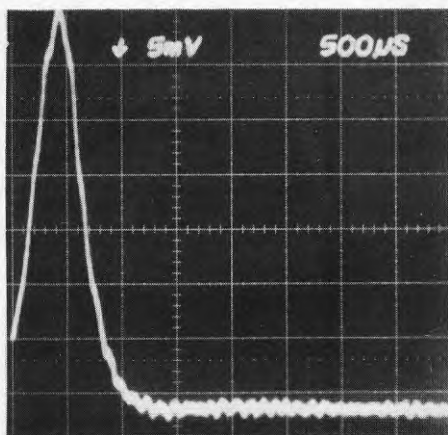
NOVILON är en 3-skiktsmatta med inneslutet skumskikt vari den primära deformationen troligen sker. Beräknad intryckning blir 0.18 och 0.28 mm för 200 grams och 500 grams hammarna respektive.

Mattbeskrivning "LINOLEUM"

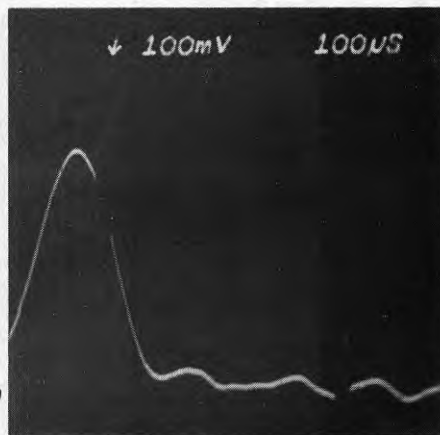


Figur 26. Matta "LINOLEUM"

Totaltjocklek: ca 2 mm
 Baksida: Väv
 Ytvikt: ca 2.5 kg/m²



Figur 27. Kraftpuls av 200 grams hammare på matta "LINOLEUM".



Figur 28. Kraftpuls av 500 grams hammare på matta "LINOLEUM".

Kommentarer:

Hammarens nedslagshastighet
 Kraftpulslängd
 Brytfrekvens Diagram
 Beräknad
 Maximal acceleration under slaget
 Maximal slagkraft

hammare 200g hammare 500g

0.55 m/s	0.88 m/s
1.15 ms	0.33 ms
500 Hz	1250 Hz
435 Hz	1515 Hz
1727 m/s ²	6910 m/s ²
345 N	3460 N

Beräknad intryckning blir 0.18 och 0.11 mm för 200 grams och 500 grams hammarna respektive.

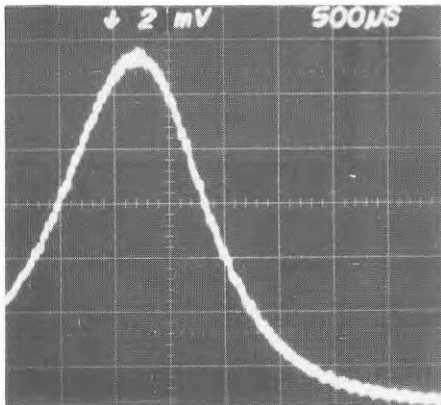
Mattbeskrivning "ROBUST"

Typ: Filtmatta
Tvåskikts

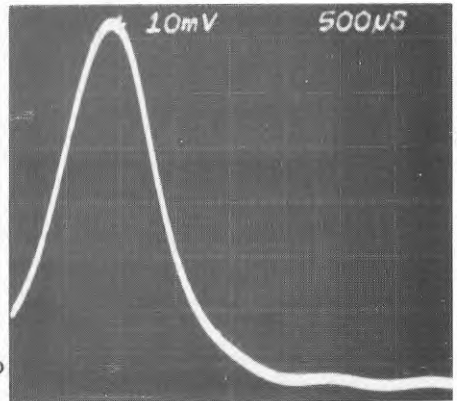
Totaltjocklek: 5 mm

Bredd: ca 2 m

Ytvikt: ca 1.3 kg/m²



Figur 29. Kraftpuls av 200 grams hammare på matta "ROBUST".



Figur 30. Kraftpuls av 500 grams hammare på matta "ROBUST".

Kommentarer:

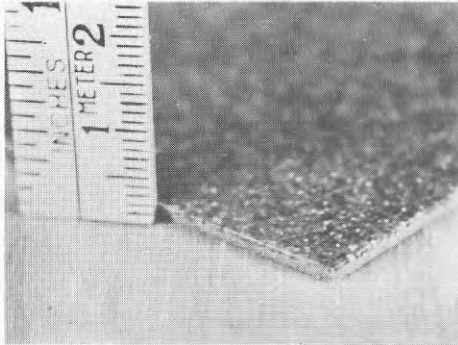
Hammarens nedslagshastighet
Kraftpulslängd
Brytfrekvens Diagram
 Beräknad
Maximal acceleration under slaget
Maximal slagkraft

hammare 200g hammare 500g

0.55 m/s	0.88 m/s
3.1 ms	2.6 ms
125 Hz	200 Hz
160 Hz	190 Hz
430 m/s ²	1100 m/s ²
85 N	550 N

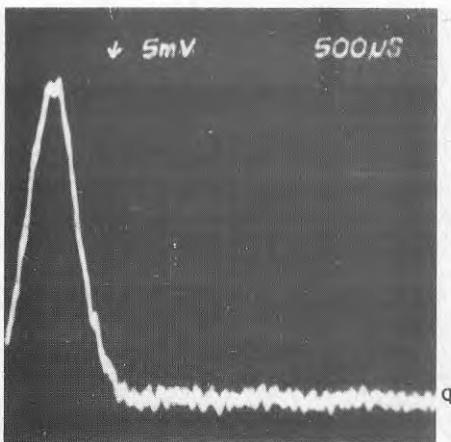
Intryckningen i mattan beräknas för båda hammarna bli densamma, 0.7 mm.

Mattbeskrivning "SAFIR"

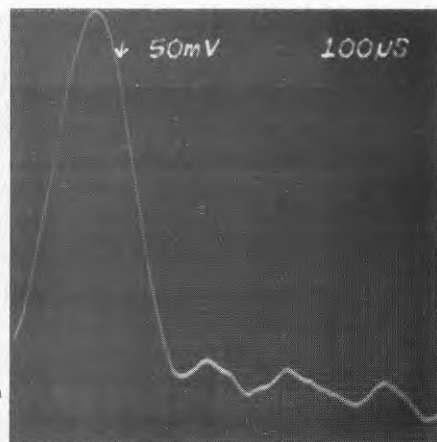


Typ: Plastmatta
 Totaltjocklek: 2 mm
 Slitskikt: Mjukjord, ren
 PVC 98 %
 Tjocklek 0.9mm
 Bredd: 1.83 m
 Ytvikt: ca 2.6 kg/m²

Figur 31. Matta "SAFIR"



Figur 32. Kraftpuls av 200 grams hammare på matta "SAFIR".



Figur 33. Kraftpuls av 500 grams hammare på matta "SAFIR".

Kommentarer:

	hammare 200g	hammare 500g
Hammarens nedslagshastighet	0.55 m/s	0.88 m/s
Kraftpulslängd	1.15 ms	0.40 ms
Brytfrekvens	500 Hz	1250 Hz
Diagram	435 Hz	1400 Hz
Beräknad	1730 m/s ²	6900 m/s ²
Maximal acceleration under slaget	345 N	3450 N
Maximal slagkraft		

Beräknad intryckning blir 0.18 och 0.11 mm för 200 grams och 500 grams hammarna respektive, dvs samma som för LINOLEUM-mattan.

4. FÖRSÖKSBESKRIVNING, OBJEKTIVA TEST

MÄTNINGAR

ISO-testmetod

Mätningarna har utförts enligt ISO R140 på följande sätt:

Med stegljudsgeneratoren placerad på det aktuella bjälklaget, med eller utan matta, mätes för var och en av de fem specificerade hammarapparatpositionerna ljudtrycksnivån i mottagarrummet med dator + parallellanalysator, varefter L_M , genomsnittlig ljudtrycksnivå, kan bestämmas ur de fem mätningarna.

Under mätningarna används en roterande mikrofon vilken för ett samplingsintervall om 1 sekund ger 50 samplings/roterat varv av mikrofonen.

En mycket god stegljudsisolerande förmåga hos en matta påverkar högfrekvensdelen av mottagarrummets frekvensspektra så att manuell avläsning av parallellanalysatorn ibland måste tillgripas.

Stegljudsnivån L_{10} , vilken bestäms för de 16 tersbanden inom frekvensområdet 100-3150 Hz, beräknas enligt formeln:

$$L_{10} = L_M + 10 \log A_M / 10 \text{ dB}$$

där mottagarrummets absorption A_M bestäms genom sedvanlig efterklangstidsmätning. Beräknade stegljudsnivåer utnyttjas i sin tur för framtagning av index för stegljudsnivån I_i (se t ex Svensk Byggnorm), samt för bestämning av en mattas stegljudsisoleringsförbättrande förmåga ΔL , vilken utgör differensen i mottagarrummets stegljudsnivå mätt utan och med matta på den testade konstruktionen.

Vad gäller betongbjälklagsmätningarna innebär hammarapparatens 5 hammare, som ligger i en linje, inga problem. Däremot förorsakar "linjekällan" olika ljud beroende på anbringningssättet på ett träbjälklag. Orsaken härtill är om "linjekällan" verkar tvärs eller längs med bjälkarna. Vid testen har det första fallet

studerats.

Föreslagen testmetod

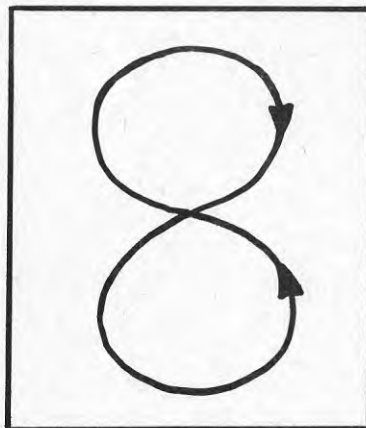
För var och en av de i avdelning 2 beskrivna hammarapparatpositionerna uppmättes ljudtrycksnivåernas toppvärden i ett antal mätpunkter för säkerställandet av en tillräcklig noggrannhet vid bestämningen av rummets ljudtrycksnivå.

Uppmätta ljudtrycksnivåer, utan normalisering till standardabsorption, för oktavbanden 63-4000 Hz samt dBA-nivån inritas i diagram. Avsikten med efterklangstidsmätningar är således inte normaliseringskäl utan enbart för att kontrollera existensen av tillräckligt låg absorption i mottagarrummet enligt förutsättningarna för laboratorietest med föreslagen metod.

Stegljudsisoleringsförbättringen ΔL erhålls ur differensen för de enligt ovan uppmätta nivåerna utan och med matta på bjälklaget.

Mätning på "live walker"

Testet skiljer sig från mätningarna på den föreslagna hammarapparaten såtillvida att "gångaren" hela tiden rör sig på bjälklaget. (Fig 34) Till följd härav försvinner naturligtvis de fem mätpositionerna på bjälklaget men mätningarna i övrigt sker på samma sätt som för den föreslagna hammarapparaten.

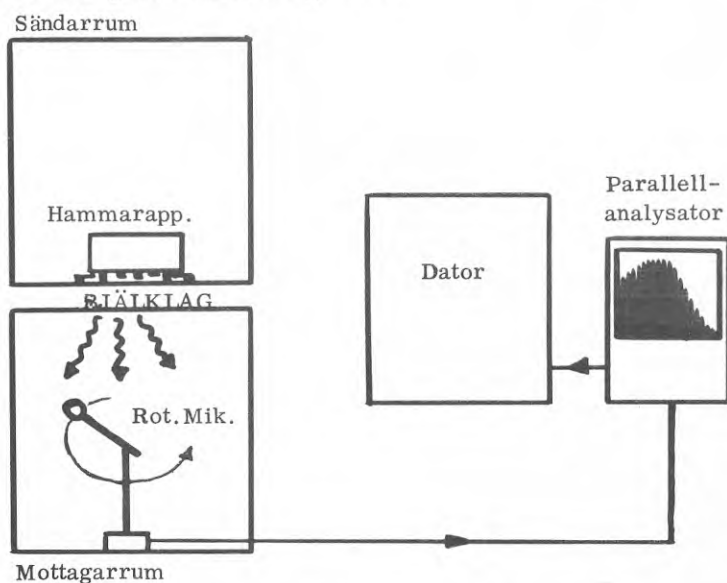


Figur 34. Gångarens väg vid live walkertestet.

INSTRUMENTERING

Då ljudtrycksnivåerna för den standardiserade hammarapparaten bestämdes utnyttjades ett datorsystem med parallellanalysator. Se figur 35.

I fallet föreslagen hammarapparat samt vid mätningarna på "live walker", begränsas instrumenteringen till en Brüel & Kjaer Impuls Precisionsljudnivåmätare typ 2204.



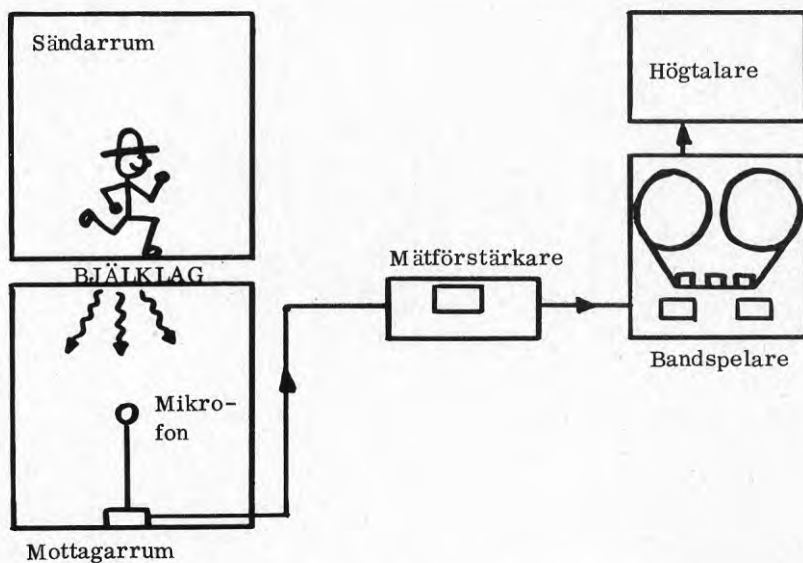
Figur 35. Instrumentering vid mätningar på standardiserad hammarapparat.

INSPELNINGAR

Då ett av projektets primära mål utgjorde subjektiva jämförelser stegljudsgeneratorerna emellan, utfördes inspelningar av stegljuden från de fyra stegljudsalstrarna för att användas vid lyssnartesten.

Erforderligt antal bandspelarkanaler bestäms av mängden testade mattor, här 6 stycken. Inspelningsordningen på var och en av kanalerna är i tur och ordning: kalibreringston, stegljuden från; "live walker" med träskor, "live walker" med läderskor, föreslagen

hammarapparat samt ISO-maskinen. En sekvens om vardera 8 minuter vardera inspelas, då förtestet påvisat denna sekvenslängd såsom erforderlig betänketid för försökspersonerna att klassa samtliga mattkombinationer inom en metod utan att återspolning av bandspelarna behöver ske. Fig 36 visar inspelningsapparaturen. En utförlig beskrivning av hur lyssningsförsöken tillgår redovisas i del 6 längre fram.



Figur 36. Inspelning av stegljud för lyssnarförsöken.

5. RESULTAT, OBJEKTIVA TEST

Med ett såpass stort testmaterial kan det vara på sin plats med en förklaring av redovisningssättet för att underlätta förståelsen och inblicken i materialet.

Resultaten är indelade i två huvudavdelningar, betongbjälklag och träbjälklag. Avsnitten har samma underindelning.

Betongbjälklag

Råbjälklag	Diagram	1 - 4
Matta PATRIK	"	5 - 12
" BIRGER	"	13 - 20
" NOVILON	"	21 - 28
" LINOLEUM	"	29 - 36
" ROBUST	"	37 - 44
" SAFIR	"	45 - 52

Träbjälklag

Råbjälklag	Diagram	53 - 56
Matta PATRIK	"	57 - 64
" BIRGER	"	65 - 72
" NOVILON	"	73 - 80
" LINOLEUM	"	81 - 88
" ROBUST	"	89 - 96
" SAFIR	"	97 - 104

Inom vart och ett av ovanstående fall, utom för råbjälklagen där ΔL ej förekommer, återges i tur och ordning:

- Stegljudsnivån L_{10} & stegljudsförbättringen ΔL för standardiserad hammarapparat,
- oktavbandstoppnivåerna (63-4000 Hz) & stegljudsförbättringen ΔL för föreslagen testmetod,
- oktavbandstoppnivåerna (63-4000 Hz) & stegljudsförbättringen ΔL för "live walker" med läderskor,
- oktavbandstoppnivåerna (63-4000 Hz) & stegljudsförbättringen ΔL för "live walker" med träskor.

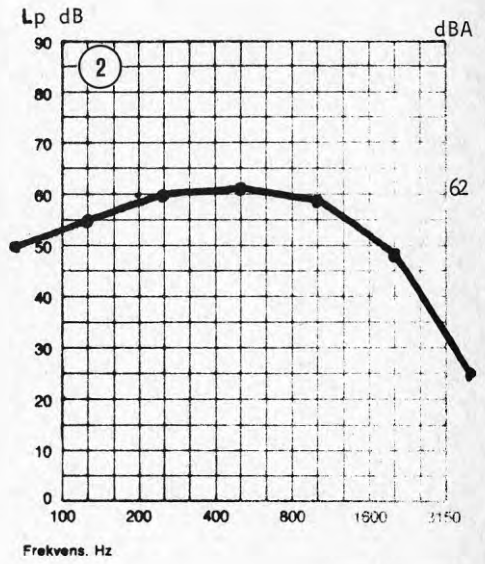
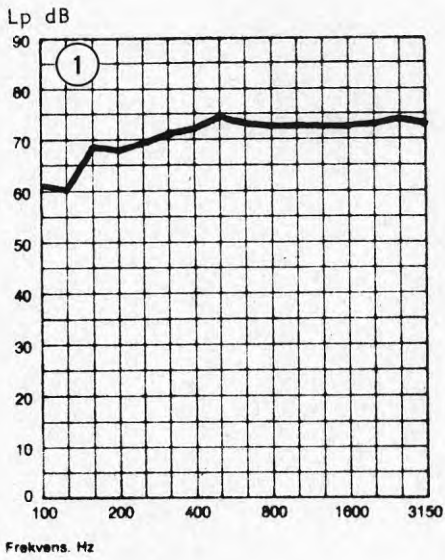
Golvtyp : Betongbjälklag

Diagram 1-2

Golvbelägning : ———

ISO-metod

Föreslagen metod



Golvtyp : Betongbjälklag

Diagram 3-4

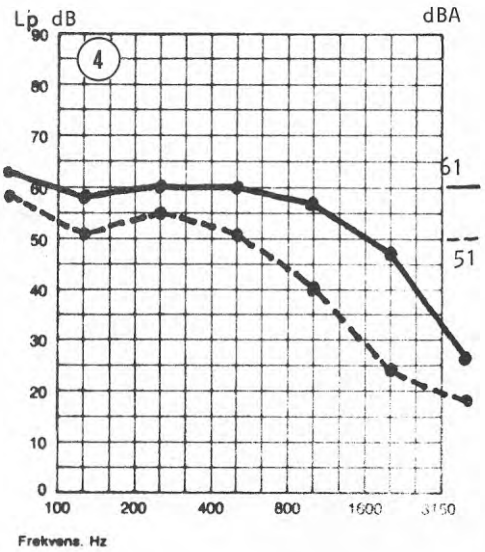
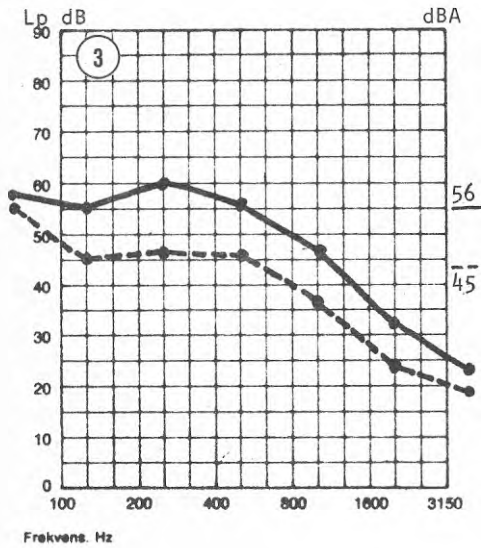
Golvbeläggning : ———

"Live walker 1" ———

"Live walker 2" - - - - -

Läderskor

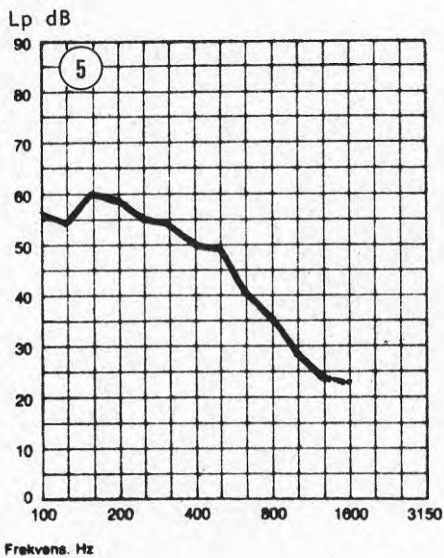
Träskor



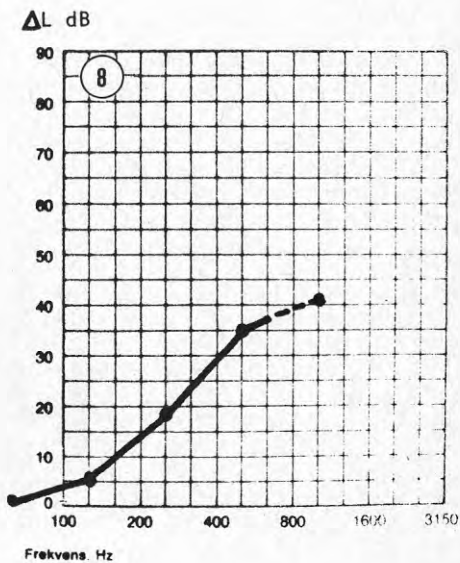
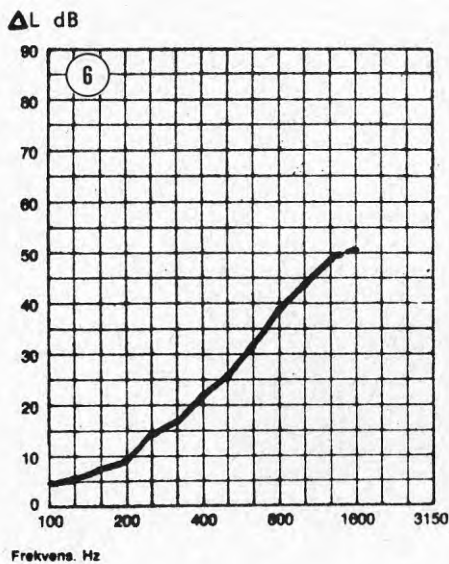
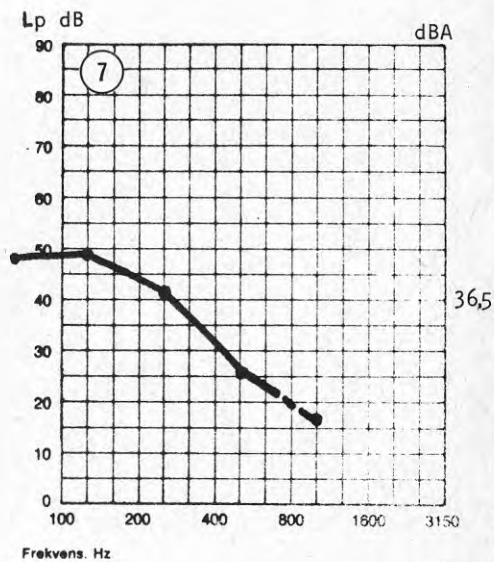
Golvtyp : Betongbjälklag
Golvbeläggning : Matta PATRIK

Diagram 5-8

ISO-metod



Föreslagen metod



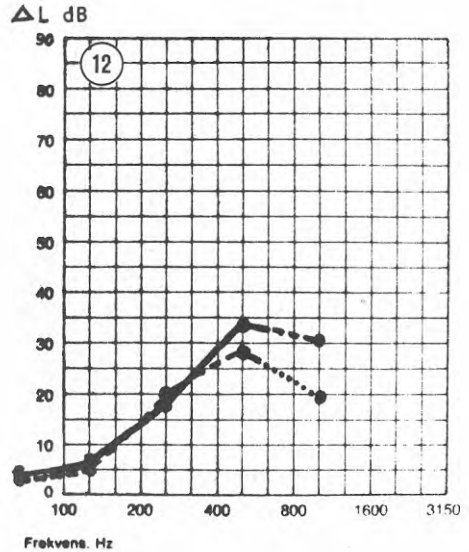
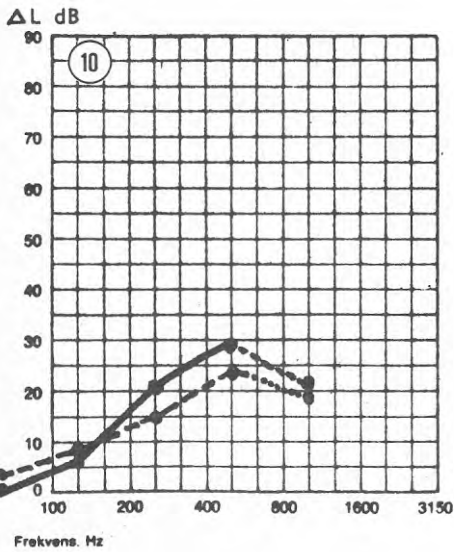
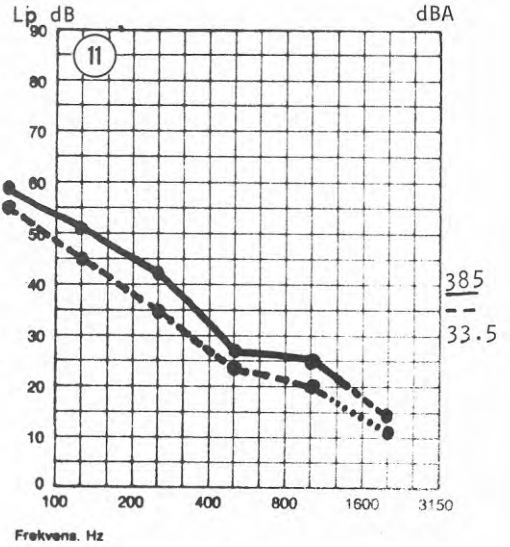
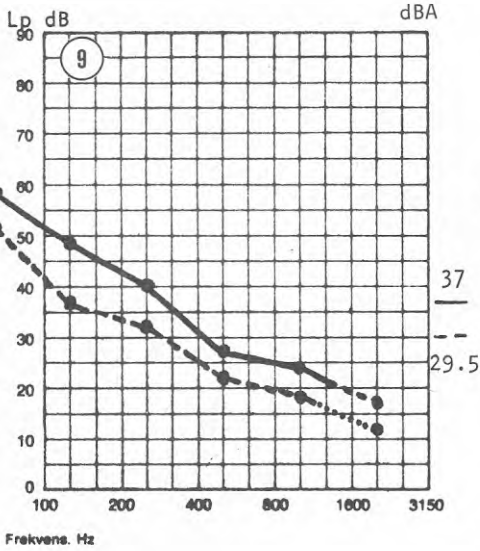
Golvtyp : Betongbjälklag
 Golvbeläggning : Matta PATRIK

Diagram 9-12

"Live walker 1" _____
 "Live walker 2" - - - - -

Läderskor

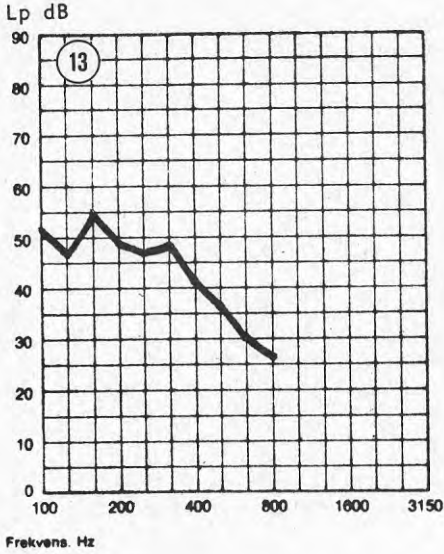
Träskor



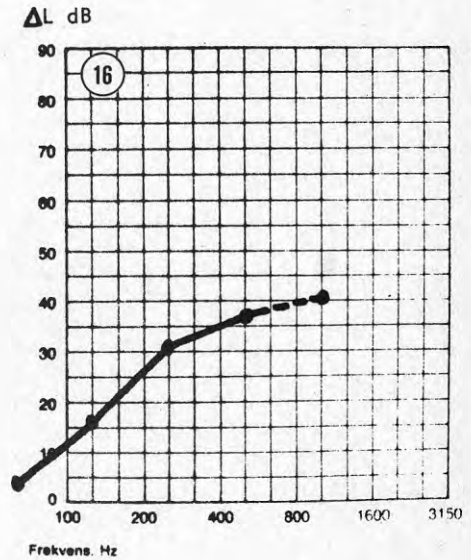
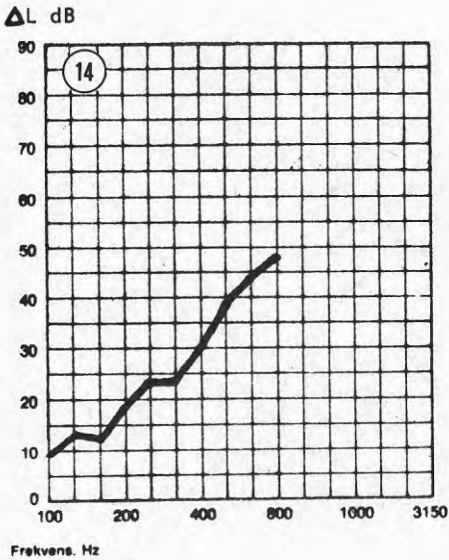
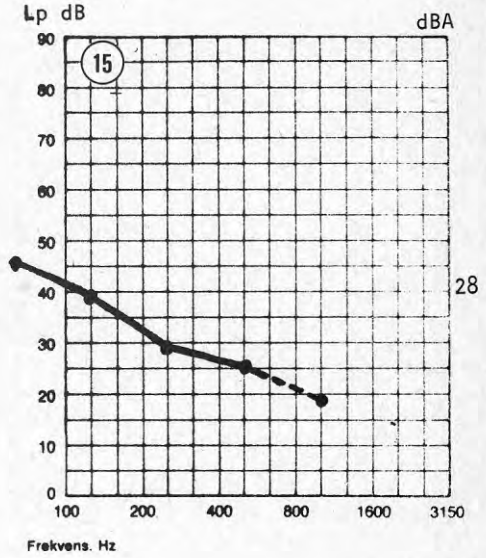
Golvtyp : Betongbjälklag
 Golvbeläggning : Matta BIRGER

Diagram 13-16

ISO-metod



Föreslagen metod



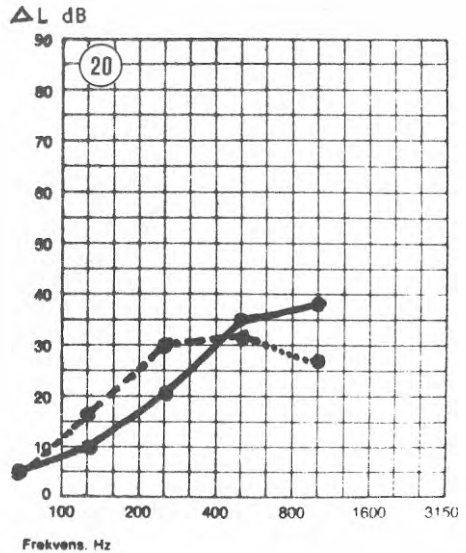
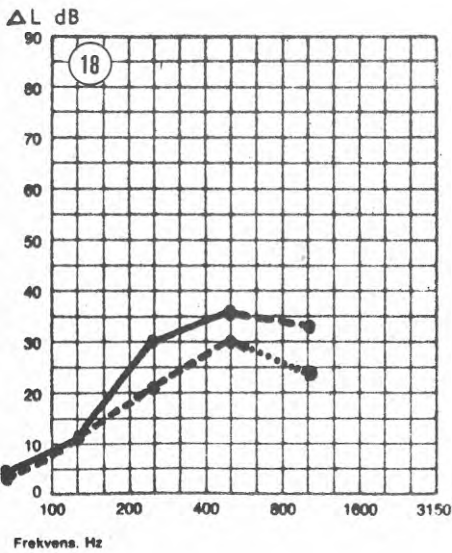
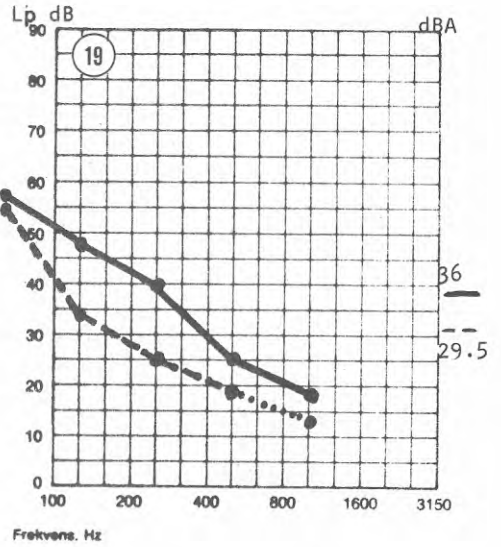
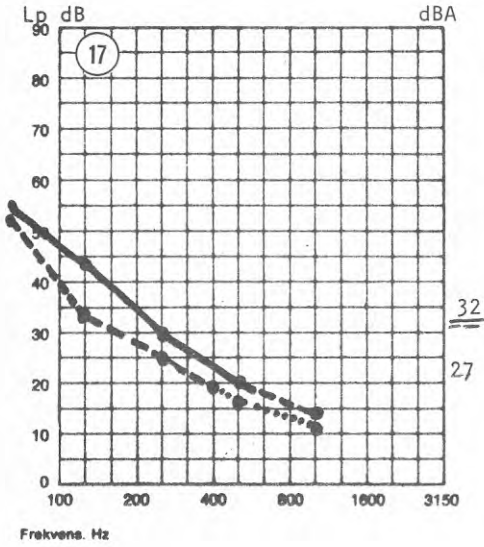
Golvtyp : Betongbjälklag
 Golvbeläggning : Matta BIRGER

Diagram 17-20

"Live walker 1" : —————
 "Live walker 2" : - - - - -

Läderskor

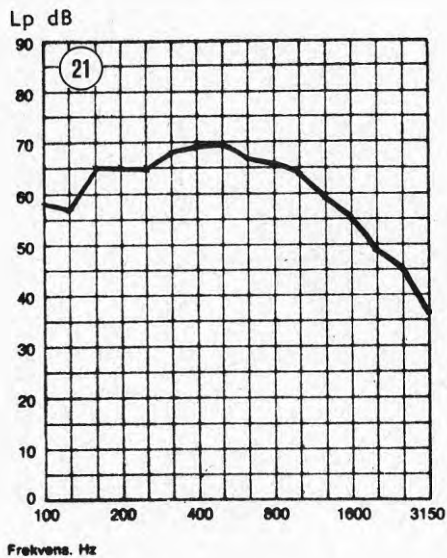
Träskor



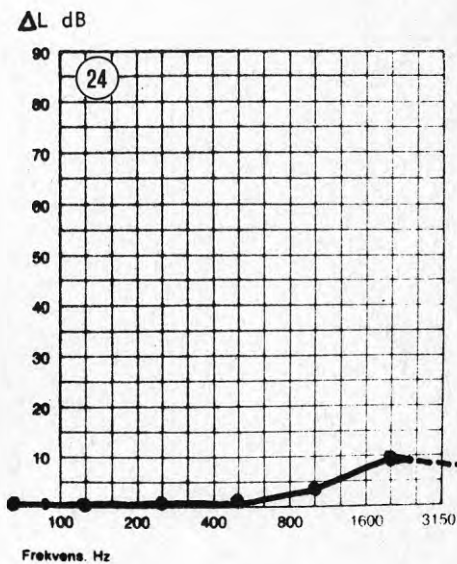
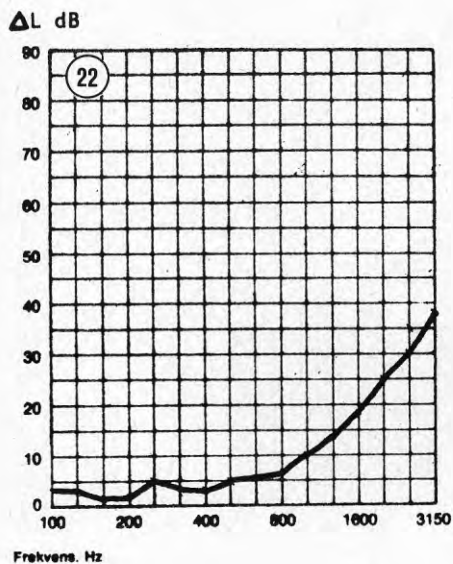
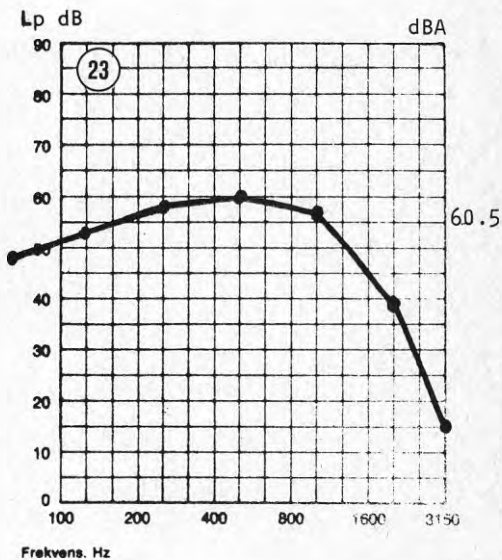
Golvtyp : Betongbjälklag
Golvbeläggning : Matta NOVILON

Diagram 21-24

ISO-metod



Föreslagen metod



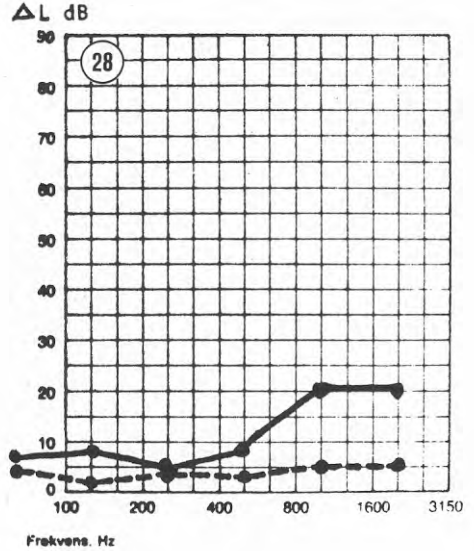
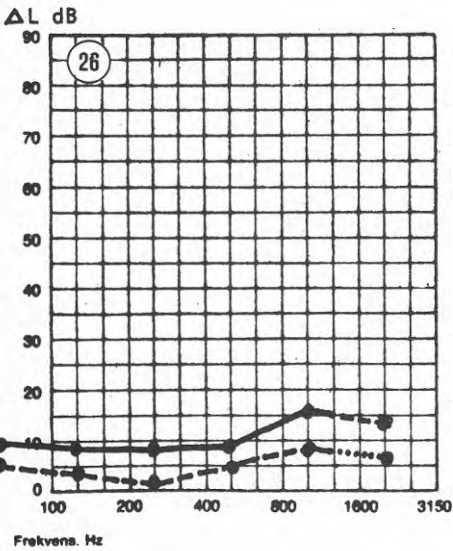
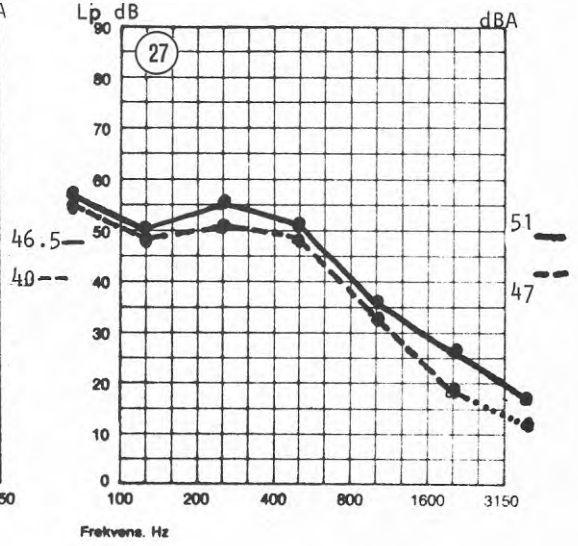
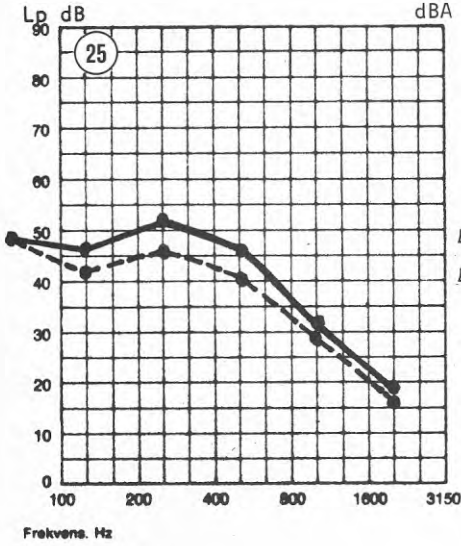
Golvtyp : Betongbjälklag
 Golvbeläggning : Matta NOVILON

Diagram 25-28

"Live walker 1" : _____
 "Live walker 2" : - - - - -

Läderskor

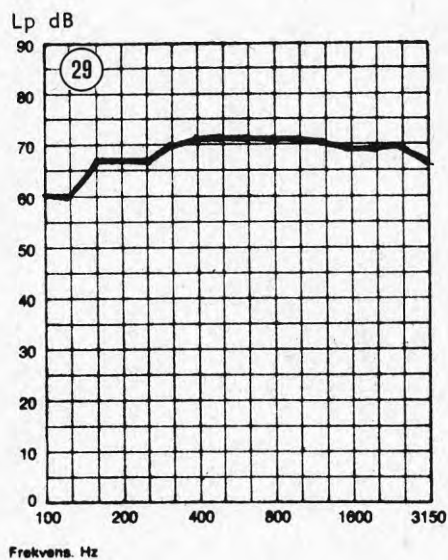
Träskor



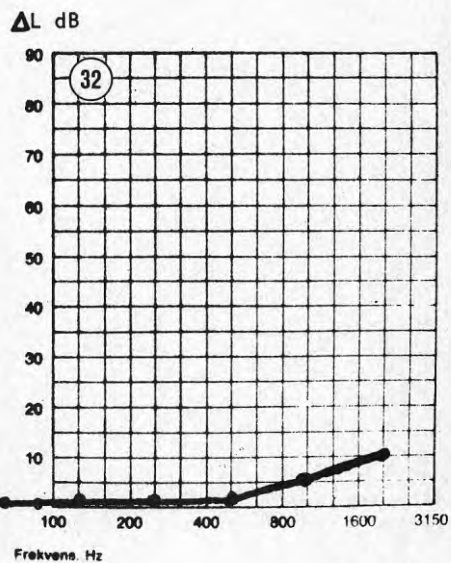
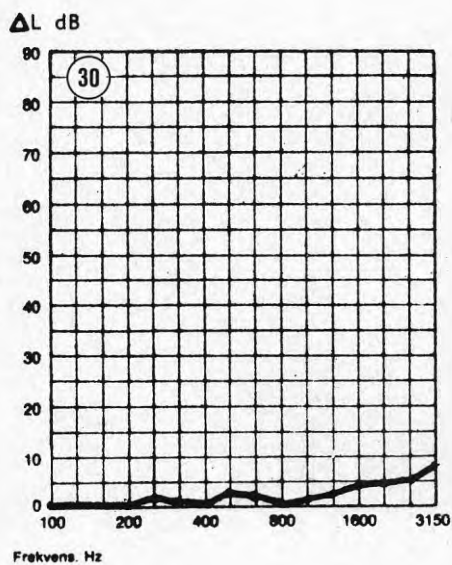
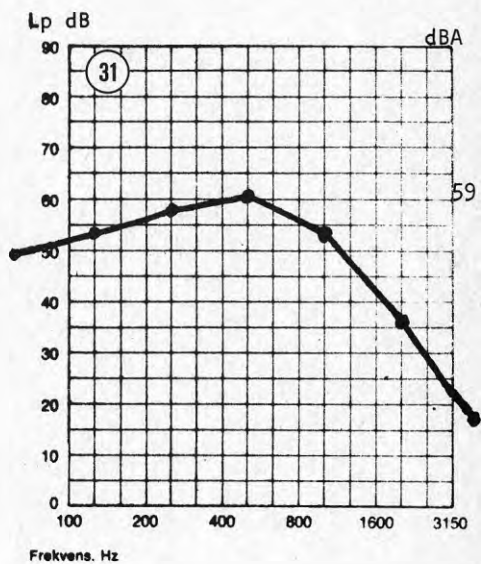
Golvtyp : Betongbjälklag
Golvbeläggning : Matta LINOLEUM

Diagram 29-32

ISO-metod



Föreslagen metod



Golvtyp : Betongbjälklag
 Golvbeläggning : Matta LINOLEUM

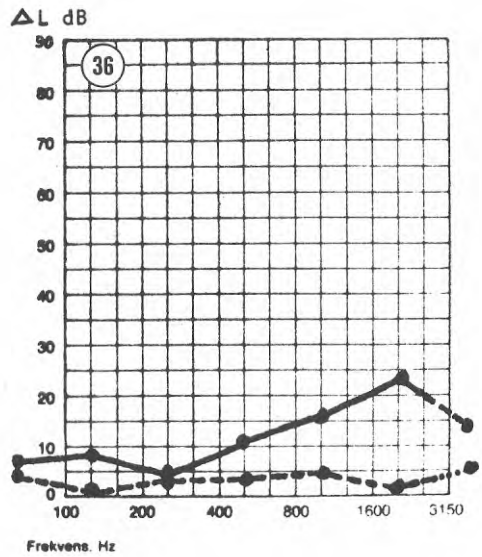
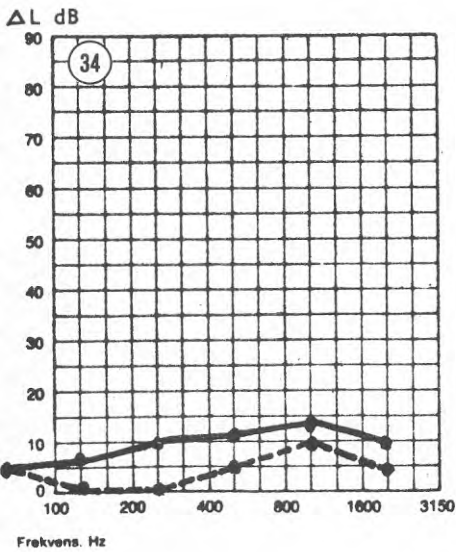
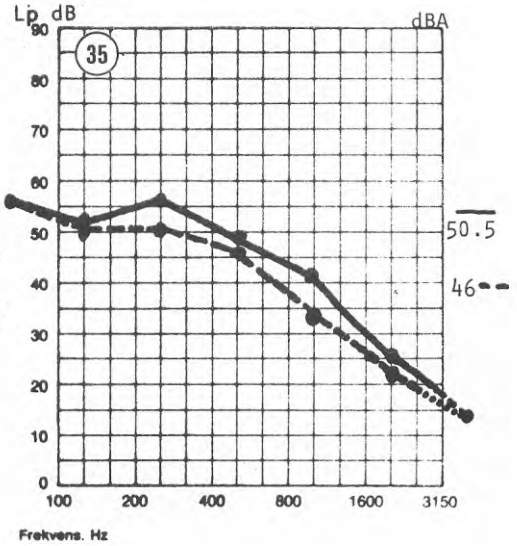
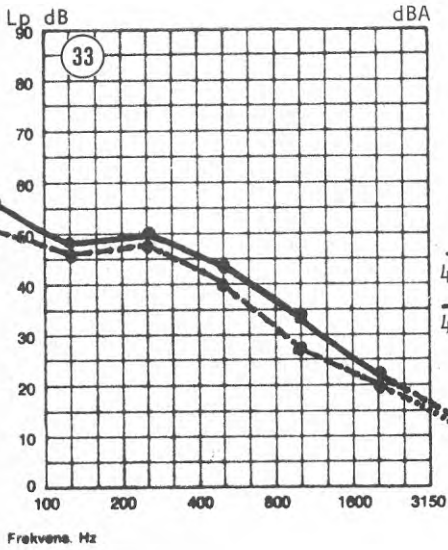
Diagram 33-36

"Live walker 1": ————

"Live walker 2": - - - - -

Läderskor

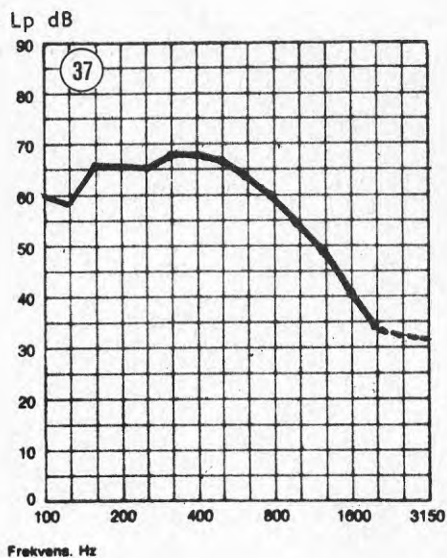
Träskor



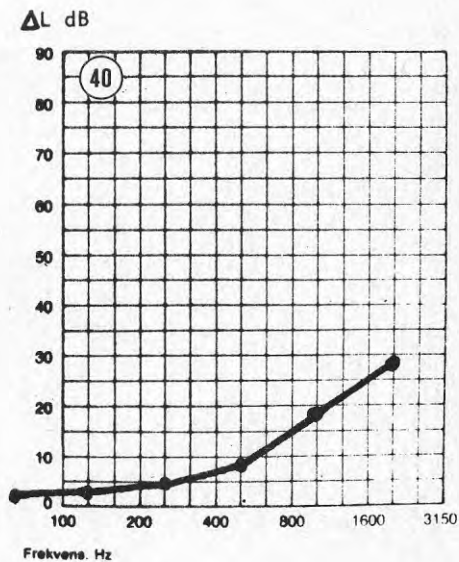
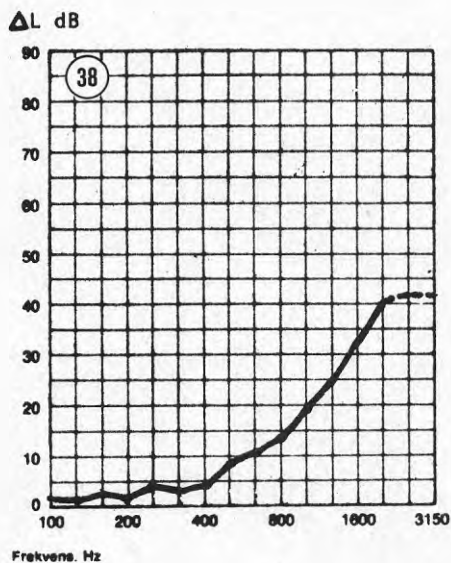
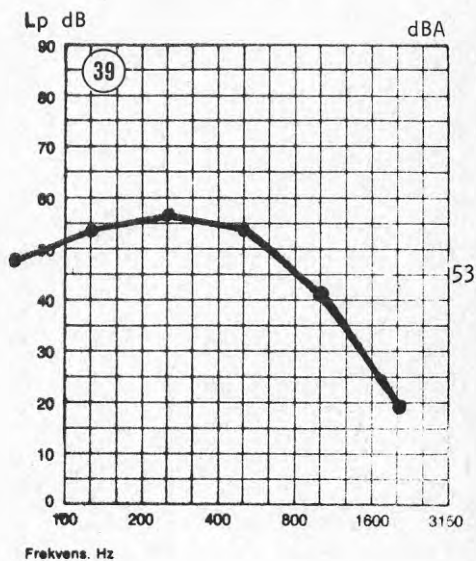
Golvtyp : Betongbjälklag
Golvbeläggning : Matta ROBUST

Diagram 37-40

ISO-metod



Föreslagen metod



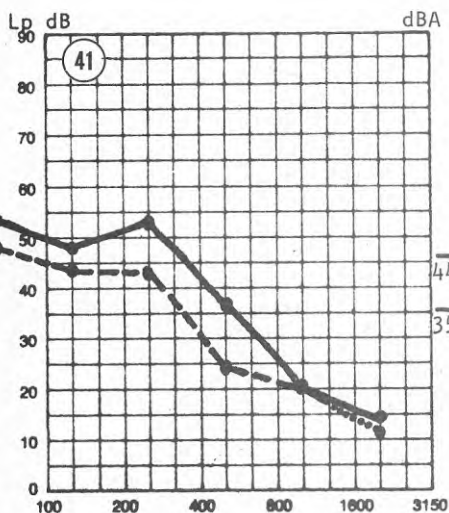
Golvtyp : Betongbjälklag
 Golvbeläggning : Matta ROBUST

Diagram 41-44

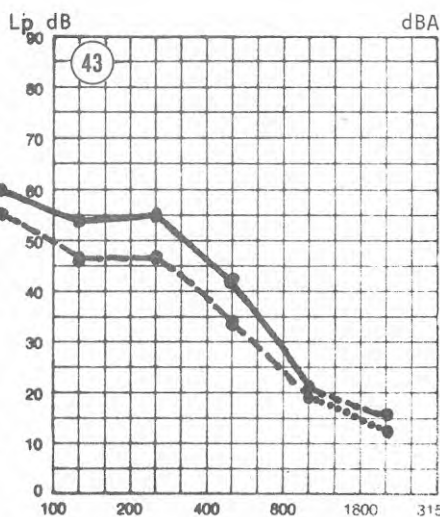
"Live walker 1" : —————
 "Live walker 2" : - - - - -

Läderskor

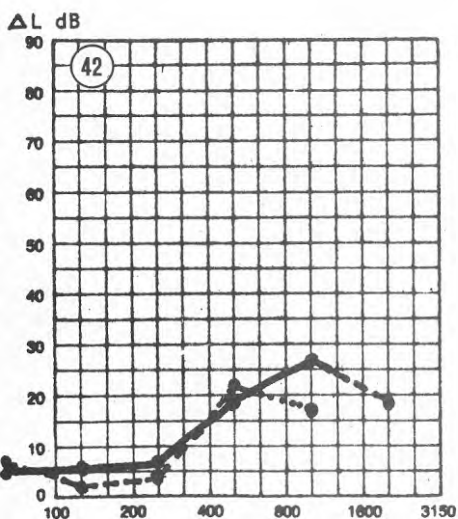
Träskor



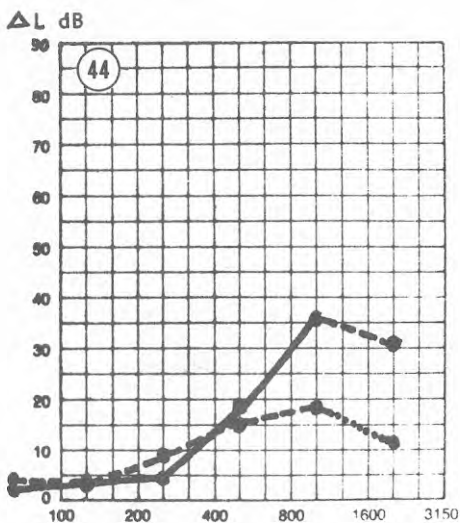
Frekvens. Hz



Frekvens. Hz



Frekvens. Hz

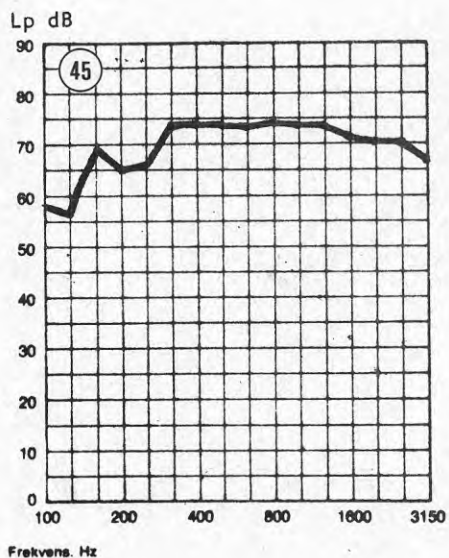


Frekvens. Hz

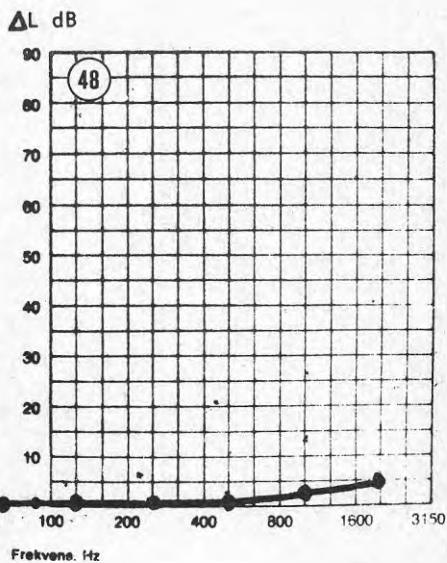
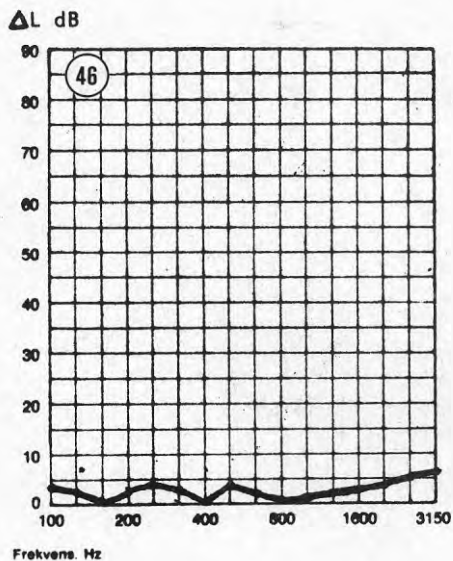
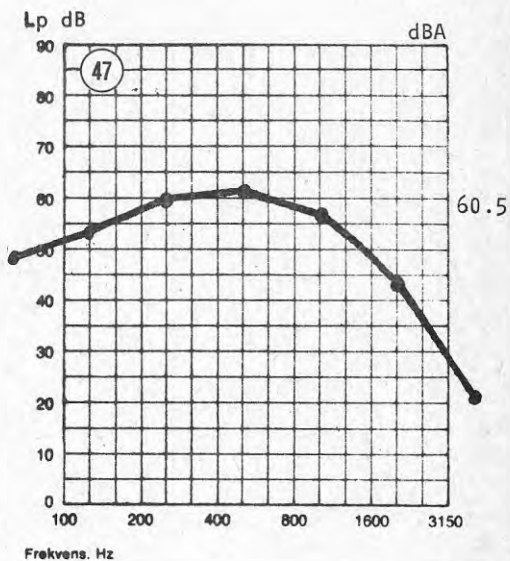
Golvtyp : Betongbjälklag
Golvbeläggning : Matta SAFIR

Diagram 45-48

ISO-metod



Föreslagen metod



Golvtyp : Betongbjälklag

Diagram 49-52

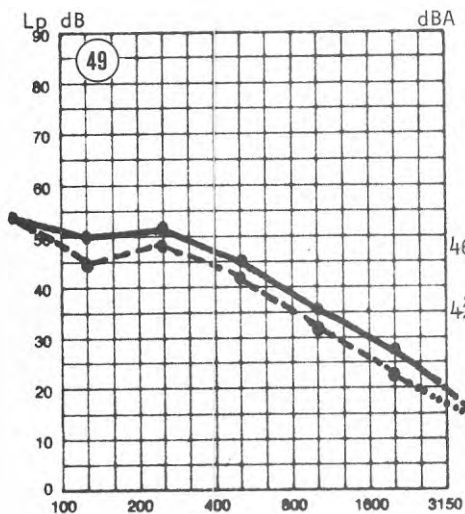
Golvbeläggning : Matta SAFIR

"Live walker 1": _____

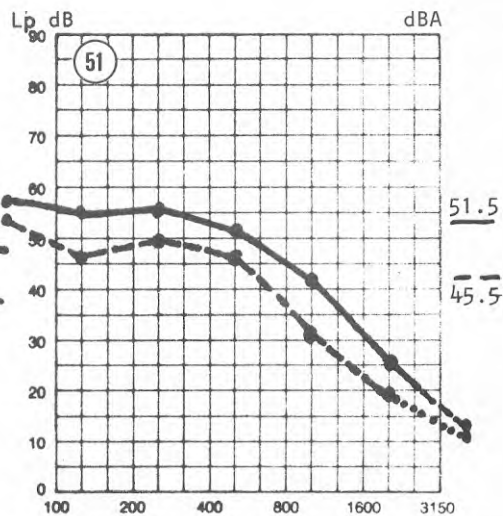
"Live walker 2": - - - - -

Läderskor

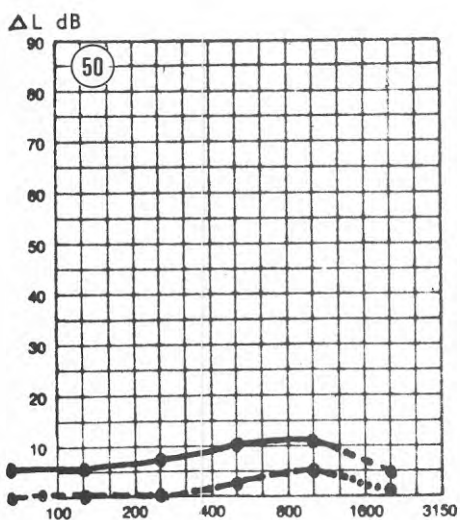
Träskor



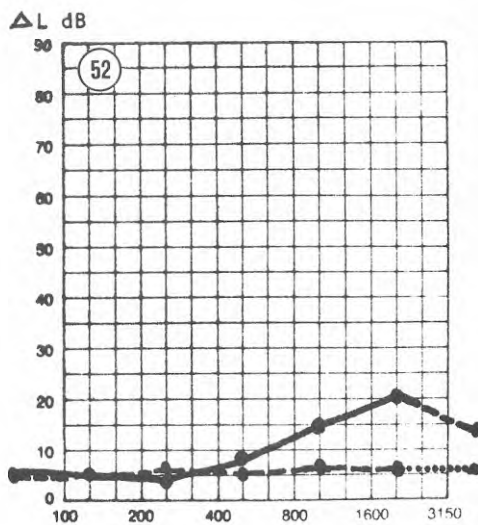
Frekvens. Hz



Frekvens. Hz



Frekvens. Hz



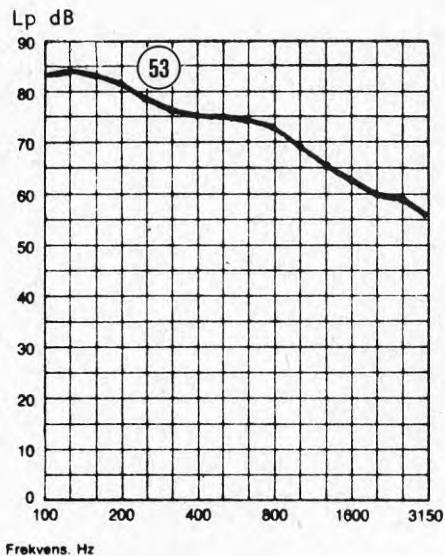
Frekvens. Hz

Golvtyp : Träbjälklag

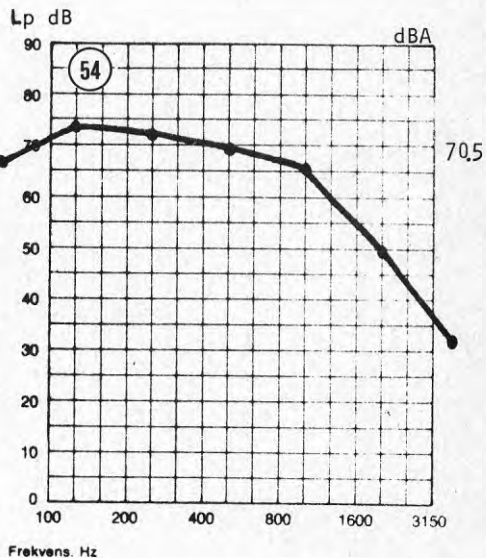
Diagram 53-54

Golvbeläggning : _____

ISO-metod



Föreslagen metod



Golvtyp : Träbjälklag

Diagram 55-56

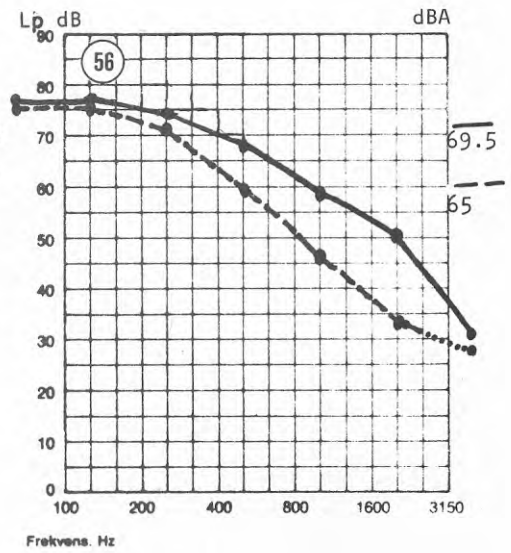
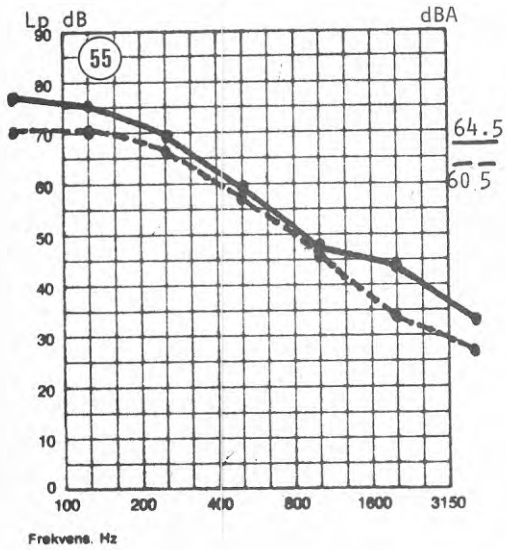
Golvbeläggning : —————

"Live walker 1" : —————

"Live walker 2" : - - - - -

Läderskor

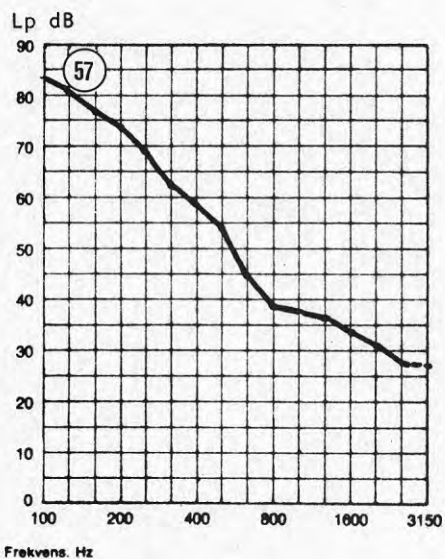
Träskor



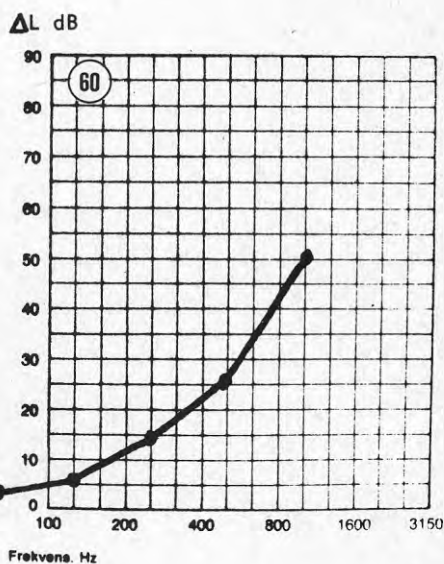
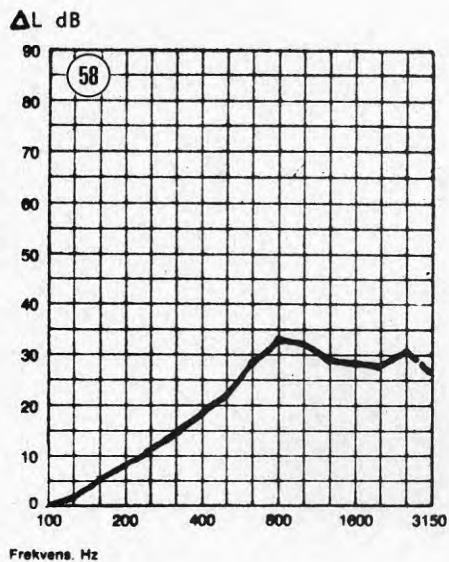
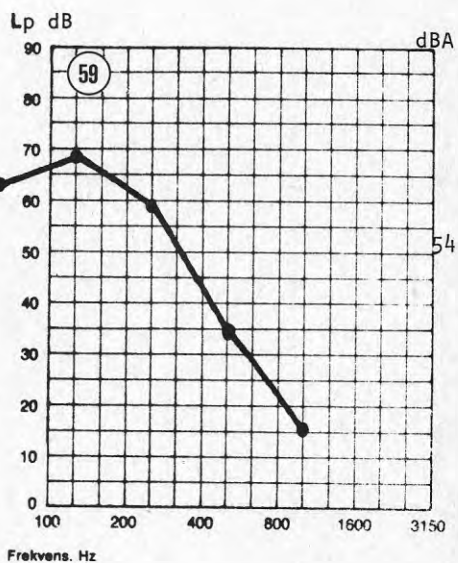
Golvtyp : Träbjälklag
Golvbeläggning : Matta PATRIK

Diagram 57-60

ISO-metod



Föreslagen metod



Golvtyp : Träbjälklag
 Golvbeläggning : Matta PATRIK

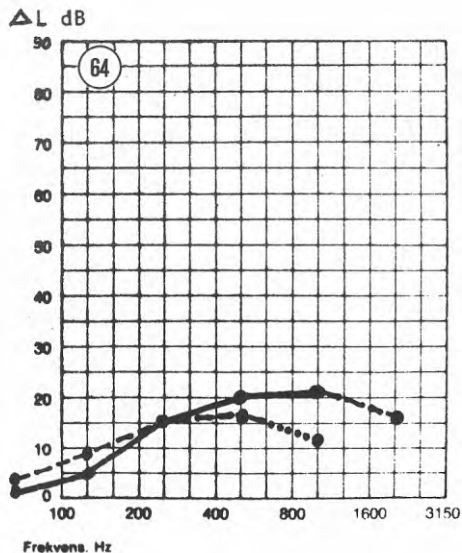
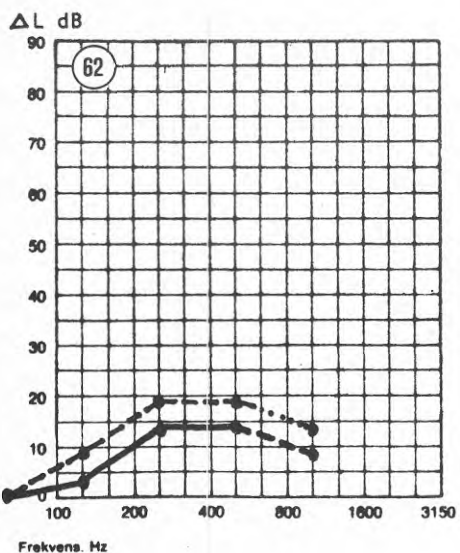
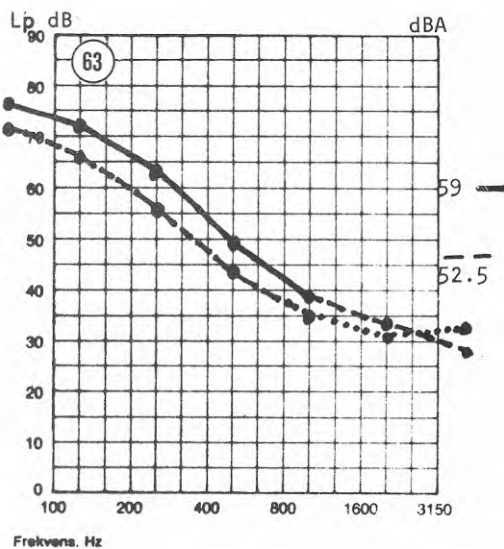
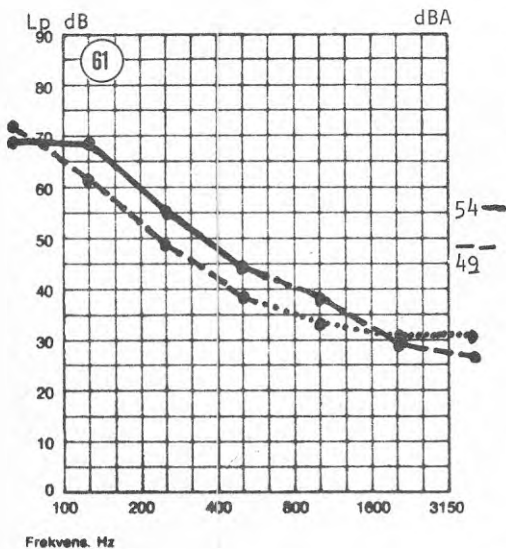
Diagram 61-64

"Live walker 1" : _____

"Live walker 2" : - - - - -

Läderskor

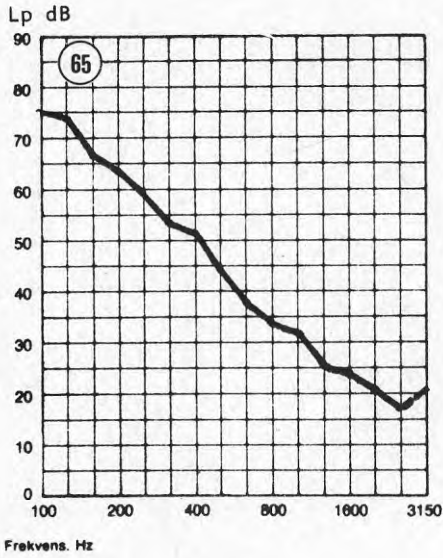
Träskor



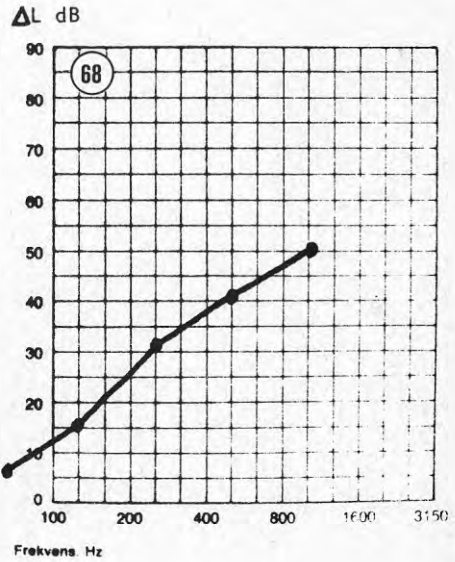
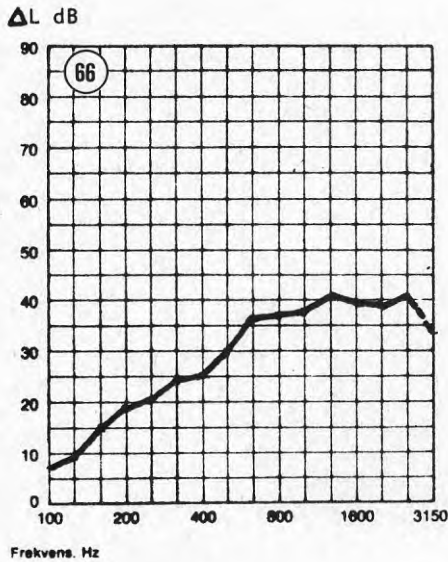
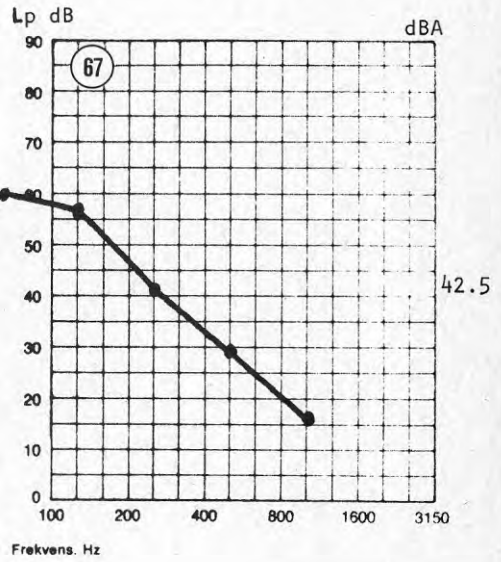
Golvtyp : Träbjälklag
 Golvbeläggning : Matta BIRGER

Diagram 65-68

ISO-metod



Föreslagen metod



Golvtyp : Träbjälklag
 Golvbeläggning : Matta BIRGER

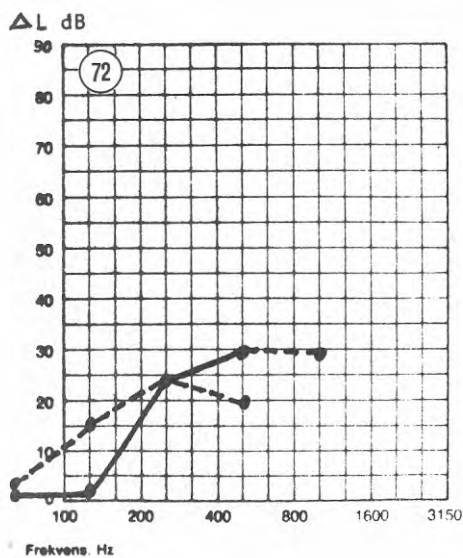
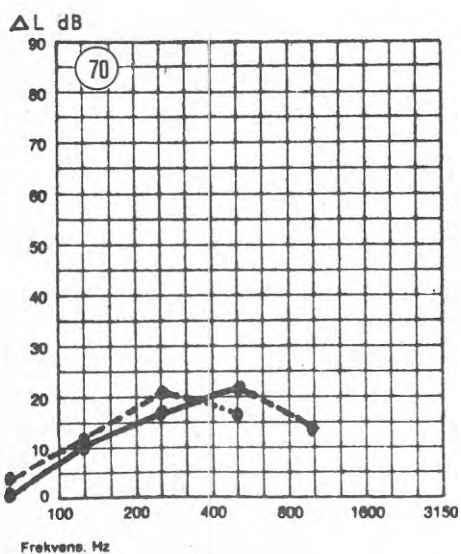
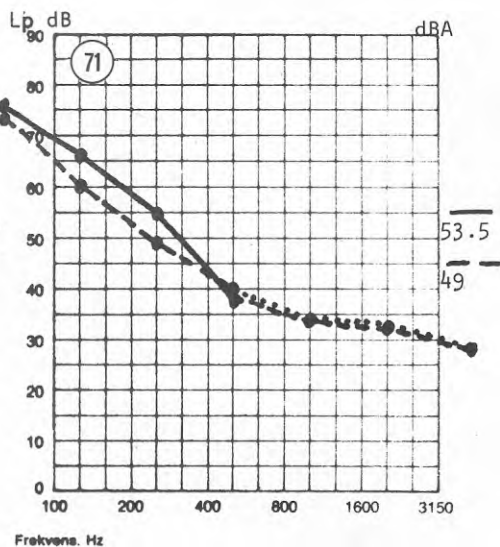
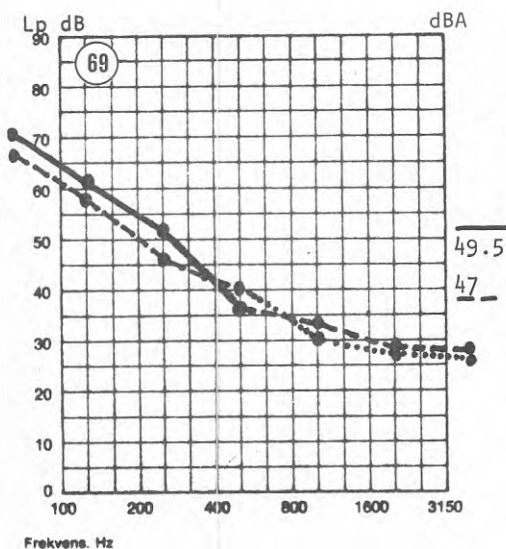
Diagram 69-72

"Live walker 1": ————

"Live walker 2": - - - - -

Läderskor

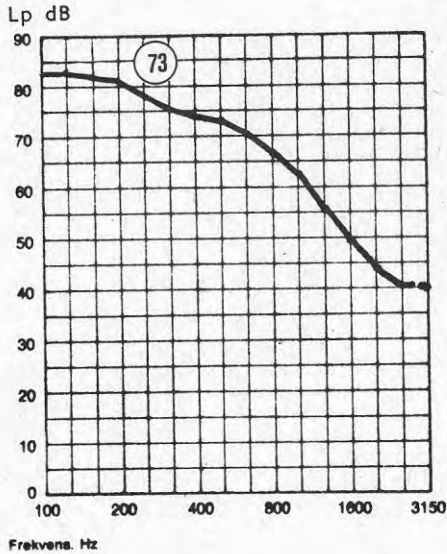
Träskor



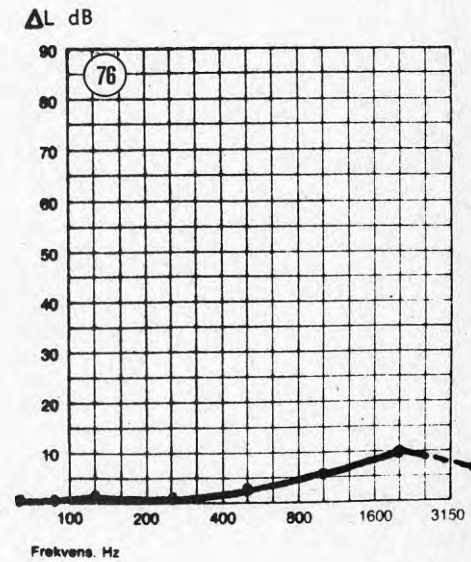
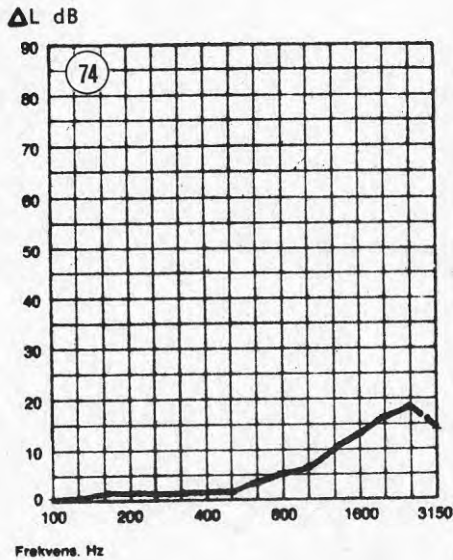
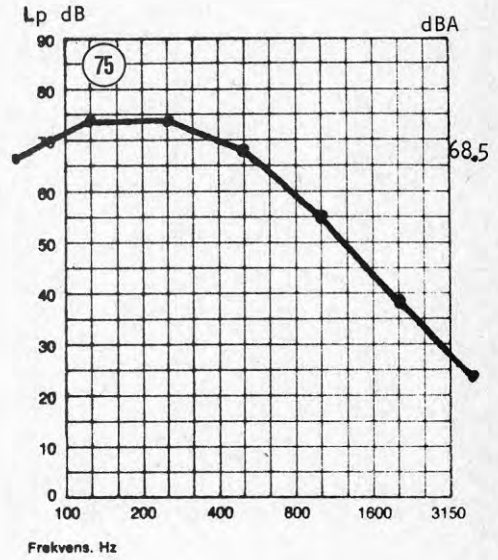
Golvtyp : Träbjälklag
Golvbeläggning : Matta NOVILON

Diagram 73-76

ISO-metod



Föreslagen metod



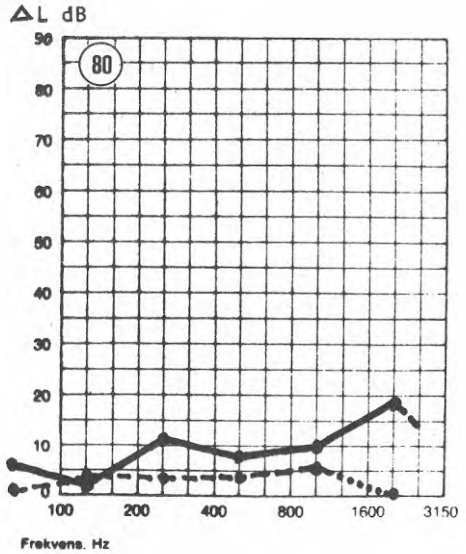
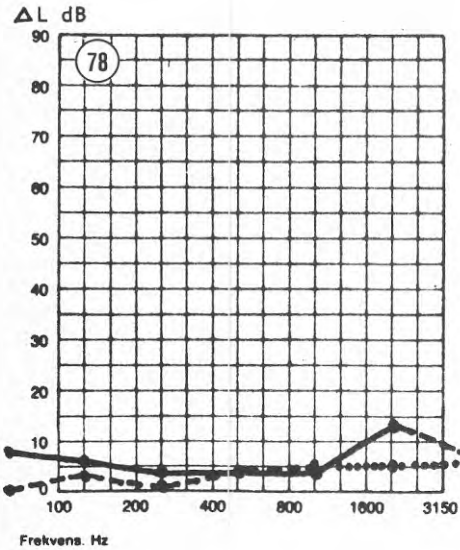
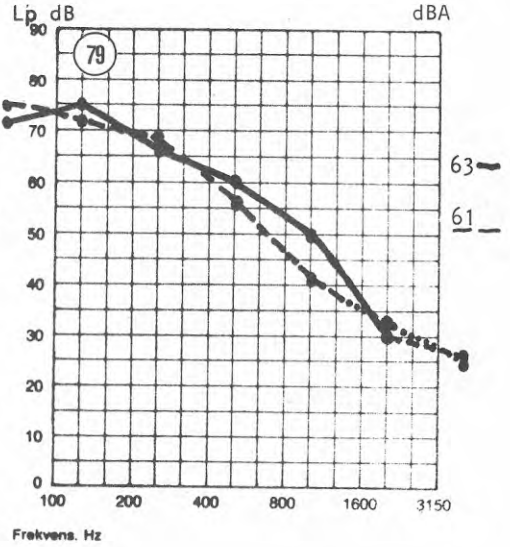
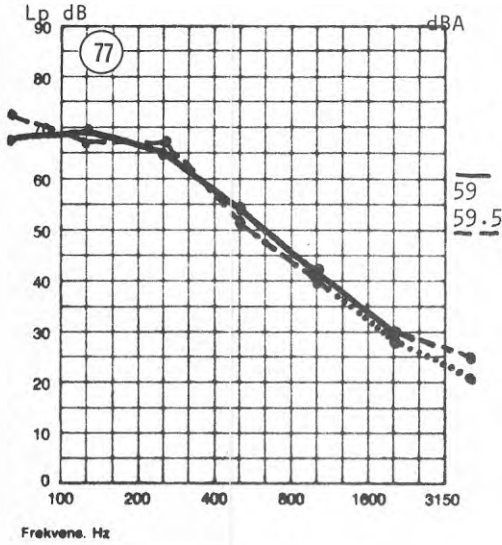
Golvtyp : Träbjälklag
 Golvbeläggning : Matta NOVILON

Diagram 77-80

"Live walker 1": ———
 "Live walker 2": - - - - -

Läderskor

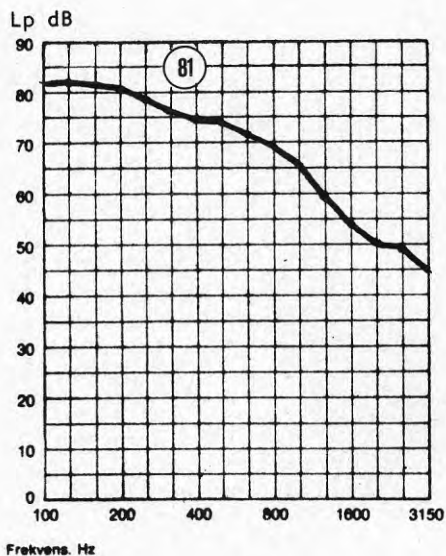
Träskor



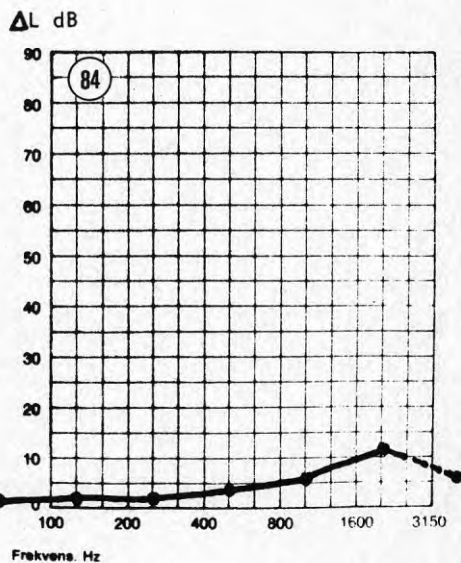
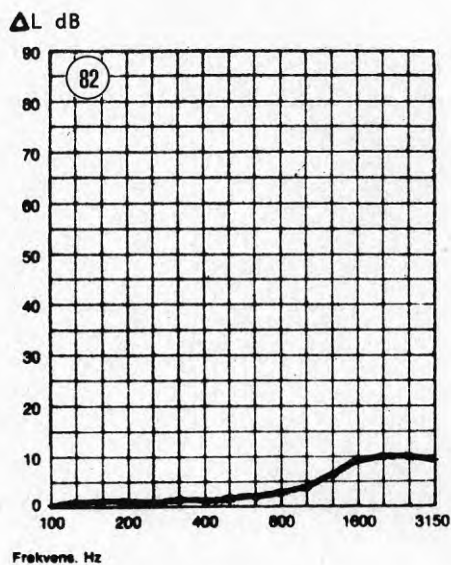
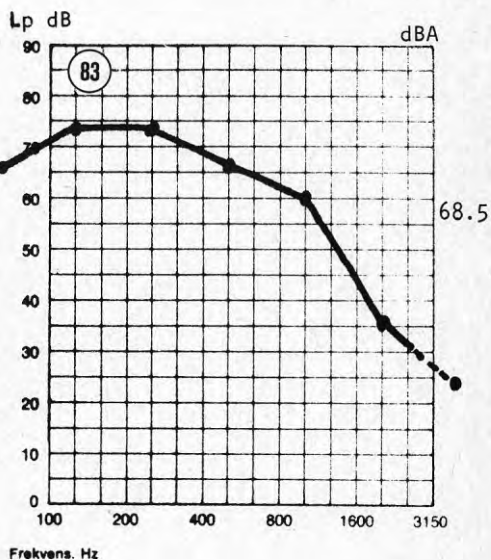
Golvtyp : Träbjälklag
 Golvbeläggning : Matta LINOLEUM

Diagram 81-84

ISO-metod



Föreslagen metod



Golvtyp : Träbjälklag
 Golvbeläggning : Matta LINOLEUM

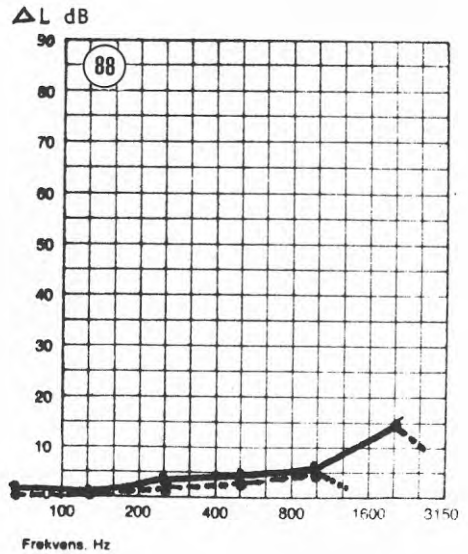
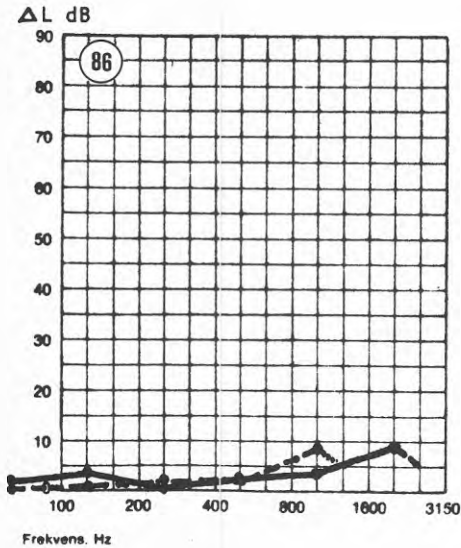
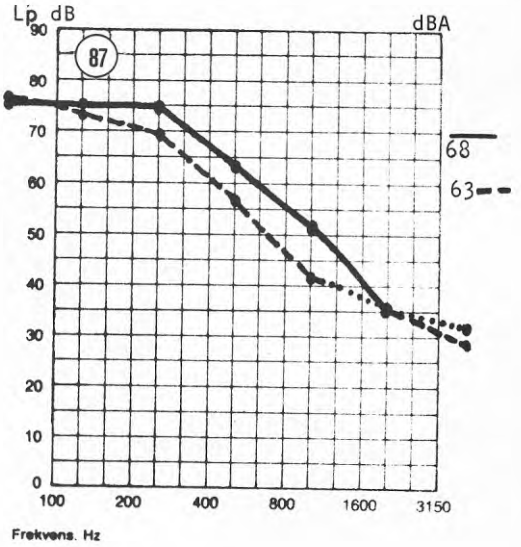
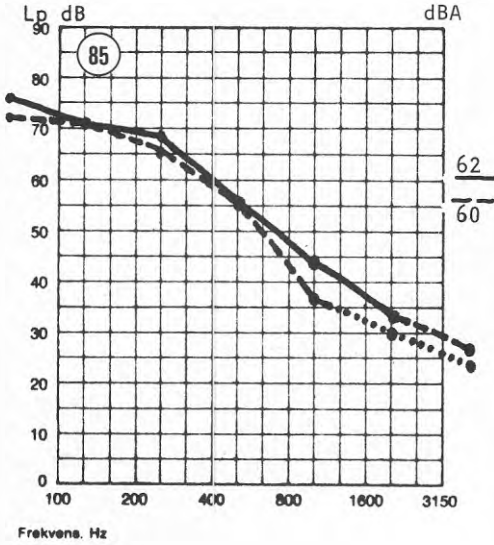
Diagram 85-88

"Live walker 1": _____

"Live walker 2": - - - - -

Läderskor

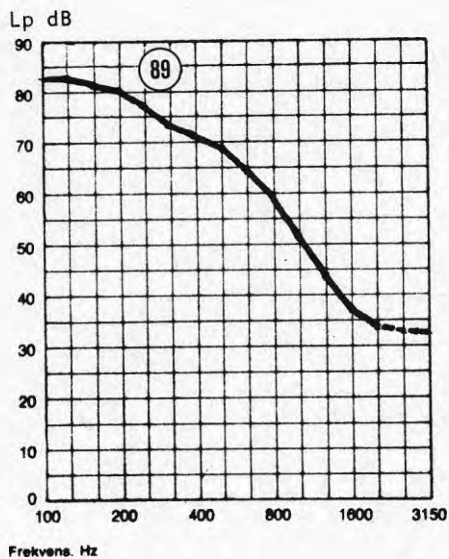
Träskor



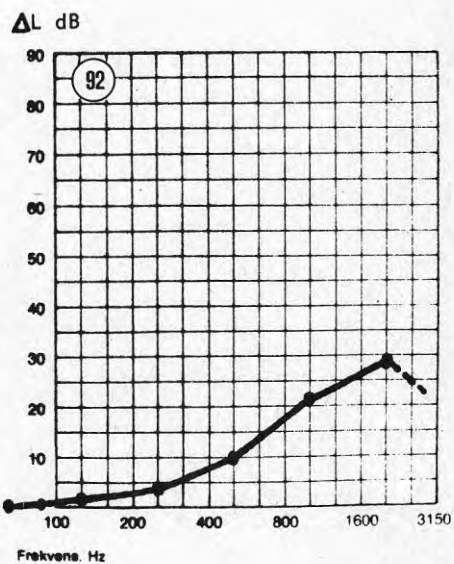
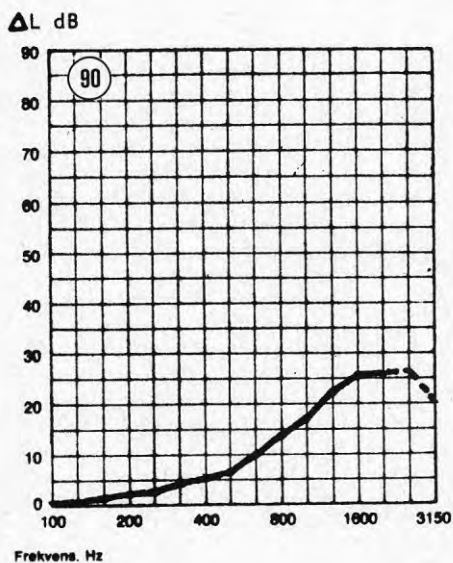
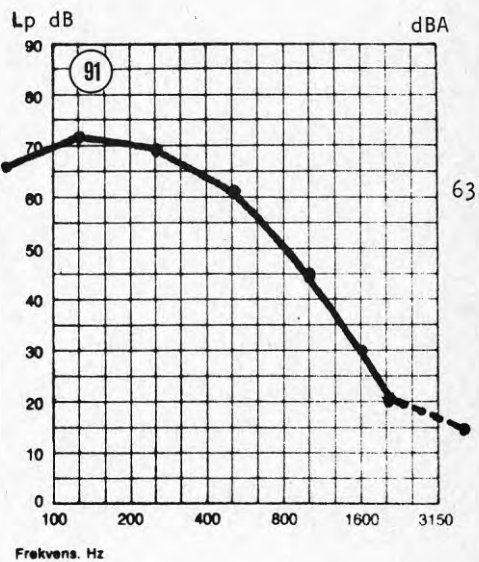
Golvtyp : Träbjälklag
Golvbeläggning : Matta ROBUST

Diagram 89-92

ISO-metod



Föreslagen metod



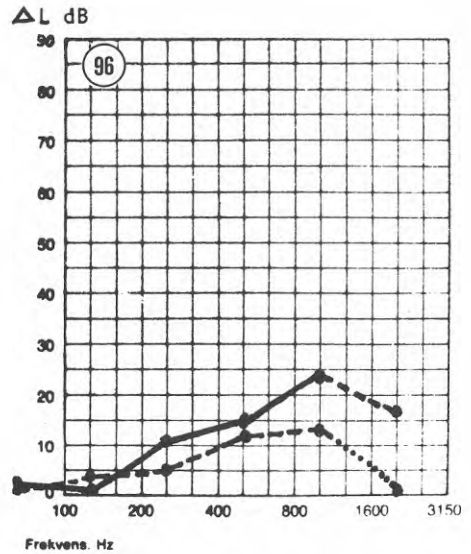
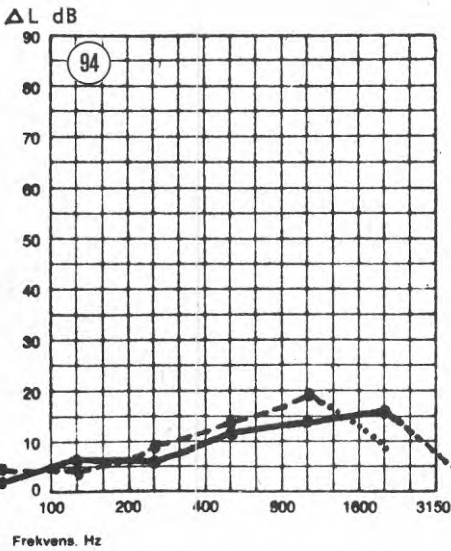
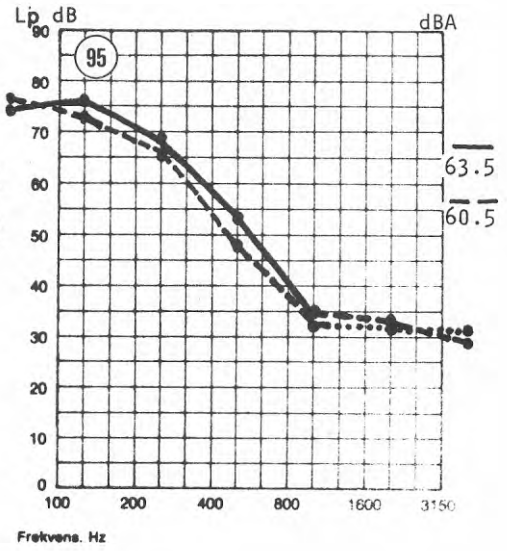
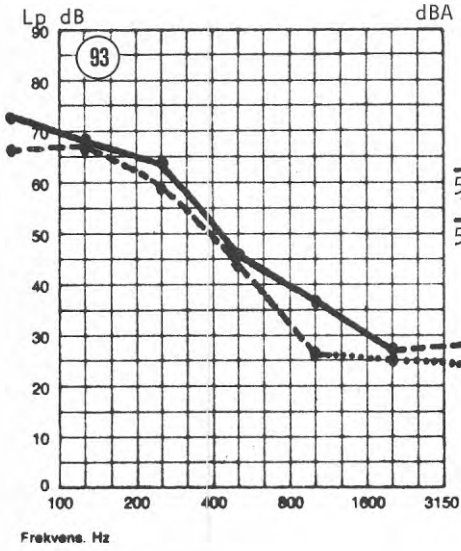
Golvtyp : Träbjälklag
 Golvbeläggning : Matta ROBUST

Diagram 93-96

"Live walker 1": _____
 "Live walker 2": - - - - -

Läderskor

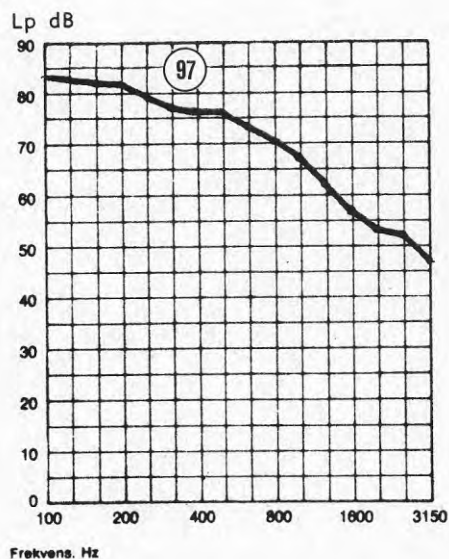
Träskor



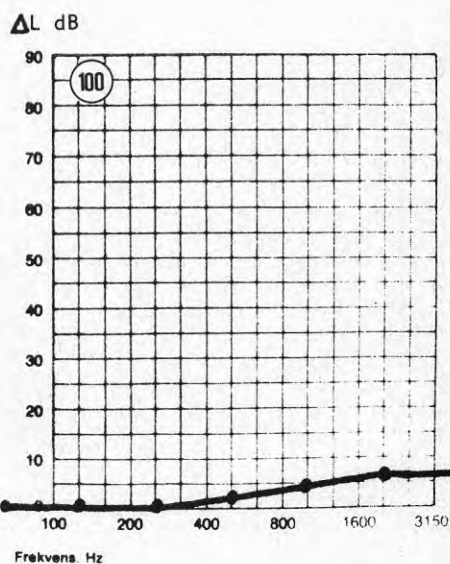
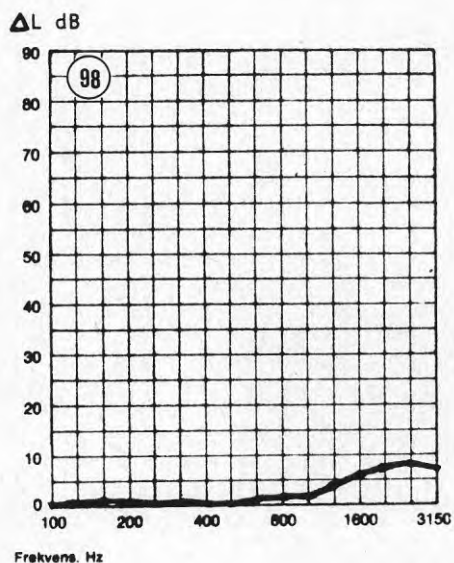
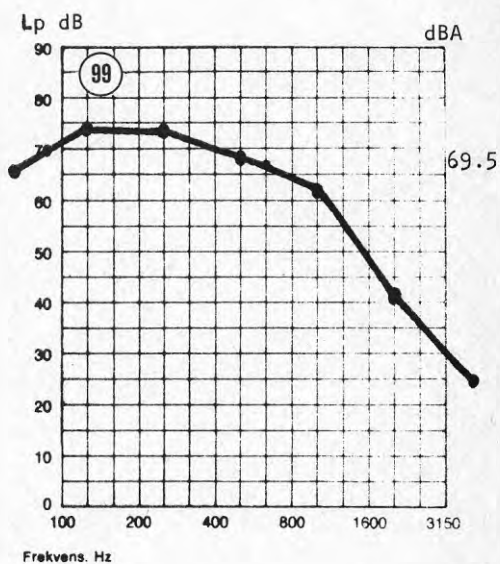
Golvtyp : Träbjälklag
Golvbeläggning : Matta SAFIR

Diagram 97-100

ISO-metod



Föreslagen metod



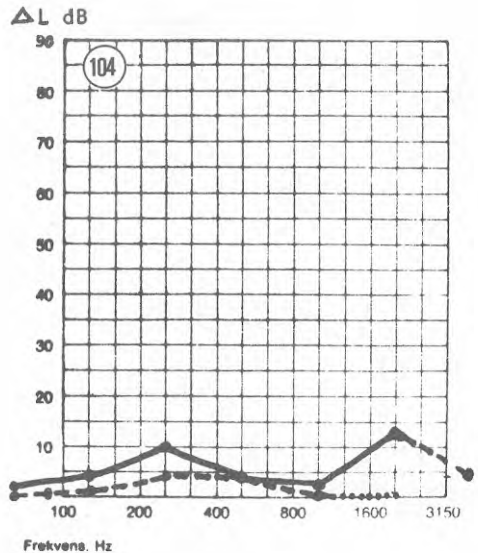
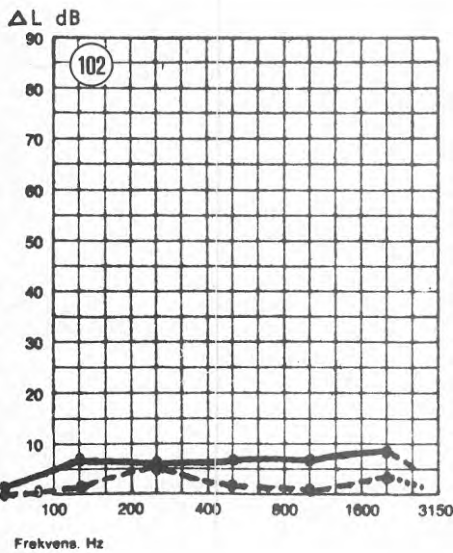
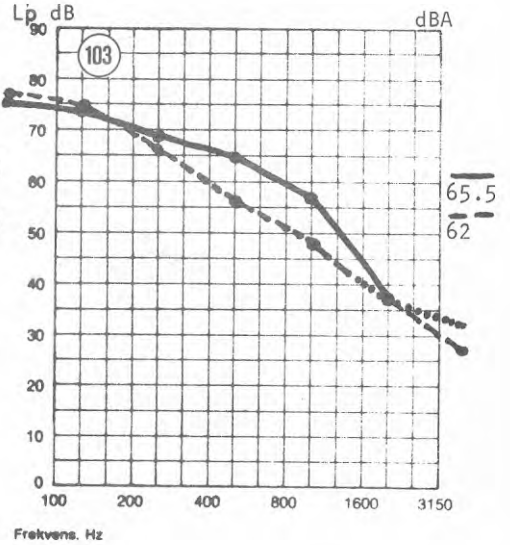
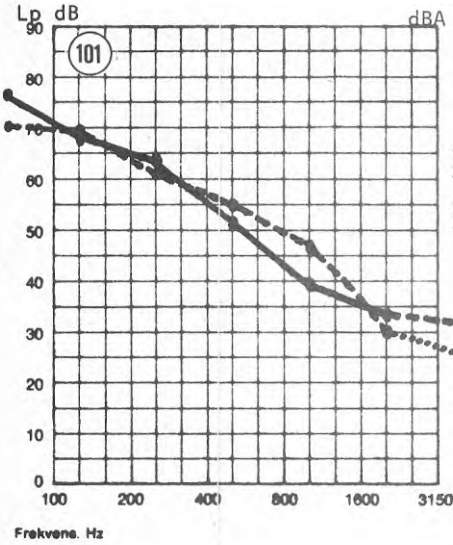
Golvtyp : Träbjälklag
 Golvbeläggning : Matta SAFIR

Diagram 101-104

"Live walker 1": _____
 "Live walker 2": - - - - -

Läderskor

Träskor



6. SUBJEKTIVA TEST

PROBLEMDISKUSSION OCH PROBLEMFÖRMULERING

Med de resonemang, som framfördes i det inledande kapitlet som grund, bör alltså en stegljudsalstrare och dess praktiska användbarhet som mätinstrument av golvbeläggnings stegljuds-isolering basera sig på en kartläggning av dels om, och i så fall i vilken utsträckning, apparaten genererar stegljud som efterliknar mänskligt genererat stegljud, dels hur stor överensstämmelsen är mellan objektiva mätvärden - subjektiva uppfattningar.

Med, som i detta fall två skilda typer av stegljudsalstrare, "ISO-metoden" respektive "föreslagen metod" blir frågeställningen att jämföra dessa två metoder för att komma fram till vilken av dem, som är lämpligast att använda sig av.

För att kunna besvara denna har vi arbetat utifrån följande delfrågeställningar:

- vilken av metoderna genererar stegljud, som bäst efterliknar mänskligt genererat stegljud?
- vilken av metoderna ger bäst överensstämmelse mellan objektiva mätvärden och subjektiva uppfattningar?

Dessa kan i sin tur delas upp och får då följande utseende:

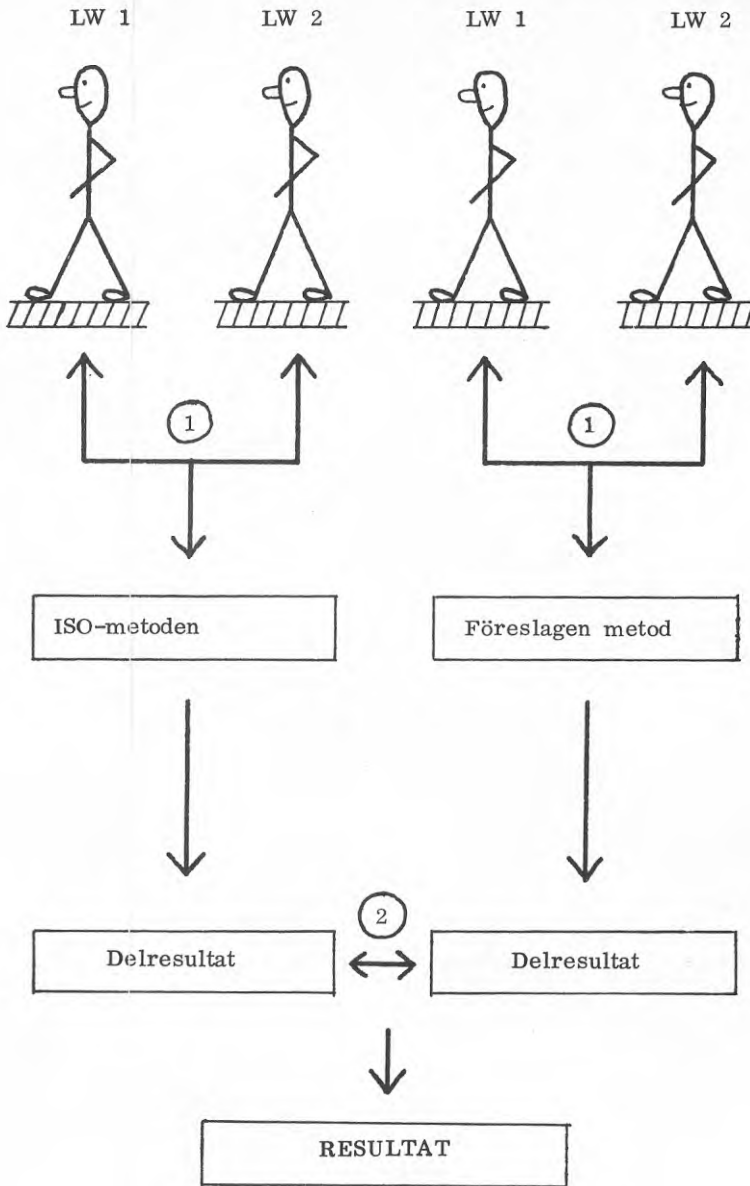
- 1 en undersökning i vilken utsträckning respektive metod genererar stegljud som efterliknar de stegljud en människa genererar.
- 2 jämförelsen vilken av de två metoderna som närmast efterliknar mänskligt alstrade stegljud.
- 3 en undersökning av respektive metods överensstämmelse mellan objektiva värden kontra subjektiva uppfattningar.
- 4 en jämförelse mellan metoderna med avseende på bäst överensstämmelse objektivt - subjektivt.

Vid jämförelser av mätvärden i olika måttenheter eller skalor krävs det att man transformerar om sina mätvärden från den ena måttenheten till den andra, eller transformerar om båda två för att jämförelser dem emellan överhuvudtaget skall bli möjlig. I vårt fall gäller det två olika typer av mått som skall jämföras. Å ena sidan den objektiva och entydigt definierade måttenheten dB, å andra sidan individens subjektiva måttenhet, som varken är entydigt eller klart definierat. Istället för "subjektiv måttenhet" kanske man istället bör säga referensramar. Hur dessa är uppbyggda är oftast okänt för den individ som skall fälla ett omdöme om en företeelse. De kan sägas vara en produkt av den sociala miljö individen kommer ifrån, vilka erfarenheter hon har. Eftersom människor inte kommer från exakt samma miljö, har exakt samma erfarenheter medför detta att olika individer använder sig av olika referensramar när de skall fälla ett omdöme om en företeelse. Likaså kan sägas att referensramarna hos samma individ kan förändras från en tidpunkt till en annan, allt eftersom individen tillförs nya erfarenheter och kunskaper. Att göra måtten jämförbara, kräver att man minskar diskrepansen dem emellan, att man på något sätt transformerar om dem.

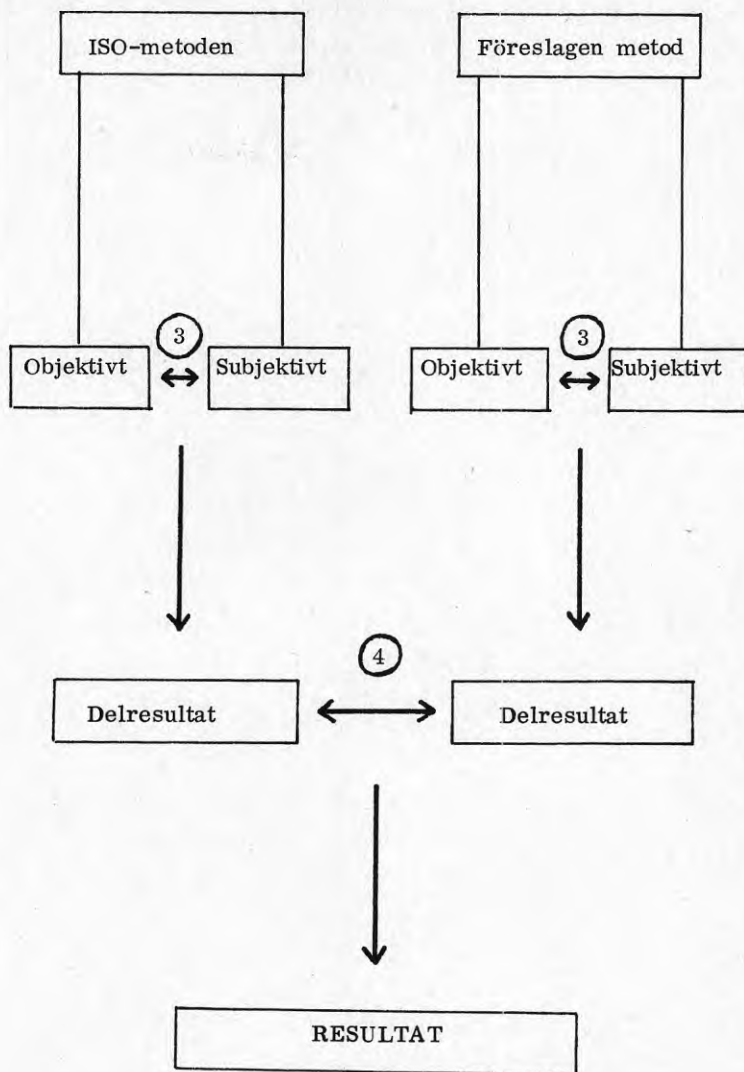
Vi har funnit att ett sätt att lösa detta på är att använda oss av rangordningar. Respektive metod, dvs ISO-metoden och den föreslagna metoden får generera stegljud på ett antal golvbeläggningar. De objektiva mätvärden, som därvid erhålls får ligga till grund för en rangordning av golvbeläggningarna, från bäst till sämst stegljudsisolerande effekt. Detta ger oss en objektiv rangordning av golvbeläggningarna. Därefter får ett antal individer lyssna på de stegljud, som erhålls från respektive metod på samma golvbeläggningar, och subjektivt rangordna golvbeläggningarna från bäst till sämst stegljudsisolerande effekt. Detta ger oss en subjektiv rangordning av mattorna. Genom dessa transformationer, från de ursprungliga måttenheterna "dB" och "subjektiva referensramar" till en gemensam, rangordningar, kan de överensstämmelser, som frågeställning 3 och 4 tar upp besvaras.

Samma transformation görs också när det gäller frågeställning 1 och 2. De subjektiva rangordningar, som erhålls från respektive metod jämförs med de subjektiva rangordningar, som erhålls när en människa, dels med läderskor, dels med träskor, genererar stegljud. Med hjälp av dessa rangordningar, av golvbelägningarnas stegljudsisolerande effekt (även i detta fall från bäst till sämst), gjorda med "konstgjorda" respektive "äkta" genererade stegljud, kan de jämförelser som frågeställning 1 och 2 tar upp besvaras.

Följande figur illustrerar frågeställningarna 1 till 4, som behandlats tidigare i detta avsnitt, samt de jämförelser som skall göras. (Figurerna 37 och 38).



Figur 37. Frågeställning 1 & 2.



Figur 38. Frågeställning 3 & 4.

När det gäller den subjektiva rangordningen har genomgående denna gjorts utifrån frågeställningen starkast - svagast. Dvs de personer som har medverkat vid försöken har fått bedöma stegljuden från respektive stegljudsalstrare på golvbeläggningarna med avseende på upplevd ljudstyrka. Ett alternativ hade varit att använda sig av en rangordning utifrån en bedömning av hur störda (mycket eller lite) individerna blir av de stegljud, som tränger genom de olika golvbeläggningarna från de olika stegljudsalstrarna. Detta alternativ kan dock ses som sämre, eftersom ett svar grundat på hur störd individen blir, är alltför beroende av bakomliggande och individuella faktorer, som inte går att kontrollera. Hur störd man blir, då man som i detta fall får höra ett antal stegljud, beror mycket på under vilka omständigheter man befinner sig, vilken psykisk kondition man har när man får höra ljuden, om man är trött eller utvilad, hur känslig man är för olika ljud, tidigare erfarenheter av ljud, om man befunnit sig i en bullrig miljö alldeles innan man får höra stegljuden, vad man sysslar med då man hör stegljuden etc. En inverkan från dessa faktorer slipper man, om man istället använder sig av frågeställningen starkast - svagast.

Samma resonemang om bakomliggande och individuella faktorer ligger också till grund för valet av rangordningar för att lösa frågeställning 1 och 2. Naturligast hade varit att för individen presentera konstgjorda respektive äkta stegljud, och frågat om individen uppfattar stegljuden som lika.

Detta alternativ ser vi på grund av tidigare resonemang som olämpligt. Ett ytterligare argument för rangordningar är att begreppet stegljud för de flesta är okänt, och alltför beroende av vilken bostadsmiljö man kommer ifrån. Detta medför också att i de frågeställningar som använts, för att be individen rangordna stegljuden, inte begreppet stegljud införts. Istället talas om ljud och inte om vad de härrör från.

FÖRSÖKSUPPLÄGGNING

För att erhålla de olika typer av rangordningar som behandlats i föregående avsnitt, läggs försöket upp på följande sätt.

Respektive stegljudsalstrare genererar stegljud, dvs ISO-metoden, den föreslagna metoden, människa med läderskor och människa med träskor, på ett antal golvbeläggningar. En objektiv rangordning med avseende på golvbeläggningarnas stegljudsisolerande effekt konstrueras utifrån erhållna data från ISO-metoden respektive den föreslagna metoden. En subjektiv rangordning av golvbeläggningarna konstrueras genom att ett antal individer får lyssna på de stegljud som erhålls från samtliga typer av stegljudsalstrare och därefter rangordna dem med avseende på styrka.

I försöket används genomgående 6 olika typer av golvbeläggningar. Dessa är

Nr	Namn
1	NOVILON
2	PATRIK
3	SAFIR
4	BIRGER
5	LINOLEUM
6	ROBUST, filtmatta

De bjälklag som golvbeläggningarna ligger på är antingen betong, (1), eller trä, (2).

Försöket kommer alltså att bestå av två delförsök. I första omgången kommer bjälklaget genomgående vara betong, i andra omgången trä. Golvbeläggningarna och försöksuppläggning i respektive omgång är dock identiska.

Försöksuppläggningen beskrivs i detalj i nästa avsnitt.

FÖRARBETE

Försöksgrupp

Då den tidigare beskrivna försöksuppläggnngen antagits, togs kontakt med personer för de subjektiva testen varvid en försöksgrupp om 30 individer bildades. Önskvärt hade varit en försöksgrupp på 50 individer, men det visade sig inte minst i tidshänseende ej vara möjligt.

Teknisk materiel och miljö

Stegljudsväljare

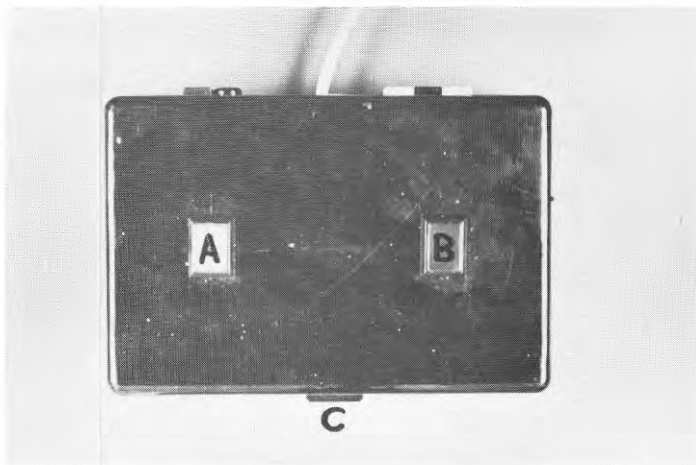


Fig. 39. Stegljudsväljaren.

A = Tryckknapp, som lyser när det är möjligt att höra stegljud A vid nedtryckandet av densamma.

B = d:o stegljud B.

C = Tryckknapp. Intervjupersonens kontakt med försöksledaren, När försökspersonen vill meddela att han bestämt sig för vilket av stegljuden A och B som är starkast. Lyser när det är klart för försökspersonen att börja lyssna, och släcks när den trycks in.

De olika stegljuden för varje mattyp, varje generator och för de båda bjälklagen, inalles $6 \times 4 \times 2 = 48$ stegljud, hade tidigare spelats in på bandspelare. Det är 2 av dessa stegljudstyper som försökspersonen har möjlighet att avlyssna med hjälp av knapp A och B.

Stegljuden var så inspelade att alla mattypernas stegljud inom varje stegljudsgenerator låg parallellt med varandra på banden. Inspelningarnas längd var ca 8 minuter för varje stegljud. Presentationen för en försöksperson tillgick enligt följande:

När försökspersonen tryckte ner knapp A kopplades det spår in som försöksledaren valt att representera det första stegljudet. B-knappen representerade det andra stegljudet i ljudjämförelsen.

Efter rangordning av de två hörda stegljuden kopplade försöksledaren om, så att ett par andra stegljud kunde rangordnas osv.

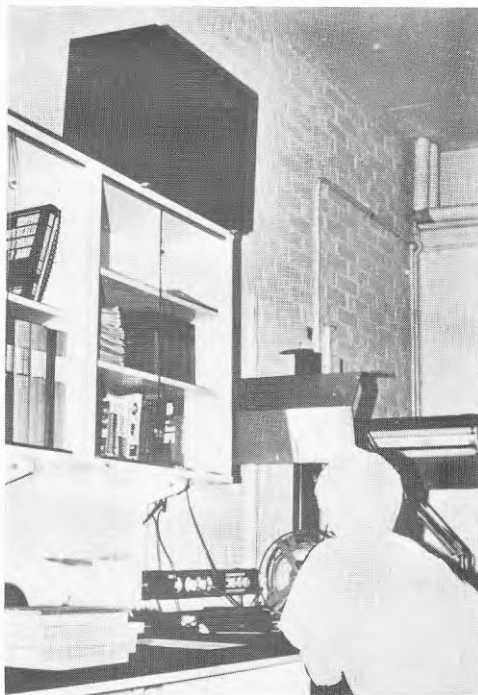
Ett av skälen till att mätrummet inte valdes som försöksrum var dess alltför artificiella natur. Ett annat skäl, och minst lika viktigt, var att det hade varit praktiskt omöjligt att använda den mänskliga stegljudsalstraren för stegljudsjämförelserna.

Som försöksrum för lyssnarförsöken användes ett källarrum på Institutionen för Byggnadsakustik CTH, som låg i en tyst omgivning. Se fig 40.

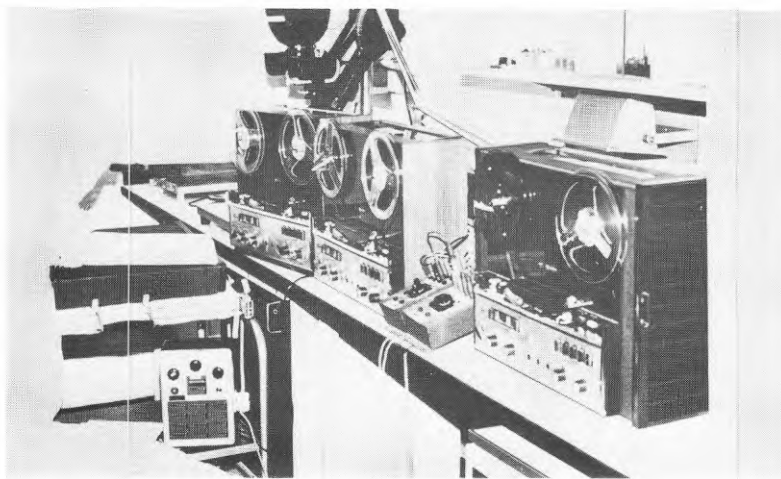
Det mesta av den utrustning som förvarades i rummet flyttades ut och en för försökspersonen bekväm stol sattes in vid en bänk. Ovanför bänken placerades en stor högtalare, varvid

stegljuden kom att höras ovanifrån. Rummets dörr stängdes alltid om försökspersonen för att en eventuell känsla av att vara iakttagen ej skulle jäkta försökspersonen.

Intill försöksrummet var teknikrummet beläget. Ifrån detta rum ledde försöksledaren experimentet. I detta rum fanns bandspelarna med de olika stegljuden inspelade, klockan för tidtagning av varje stegljudsjämförelse, etc.



Figur 40. Försöksrummet.



Figur 41. Teknikrummet.

Frågeformuläret

Försökspersonens ställningstagande (rangordning) gjordes skriftligt på ett standardiserat frågeformulär i form av en 2×15 matris, där varje rad representerar respektive stegljudskombination och varje cell inom respektive rad representerar en stegljudstyp.

Denna matris upprepas 2×4 gånger, dvs ett formulär för varje bjälklag (trä och betong) om vardera 4 sidor, ett för varje stegljudsgenerator.

Försökspersonens uppgift blev att rangordna stegljuden med avseende på deras styrka. De olika stegljuden presenterades parvis och försökspersonen bestämde helt själv hur länge han vill lyssna på varje stegljud inom parkombinationen.

Grundidén var att samtliga stegljud (av 6 st mattor) ställdes mot varandra på ett sådant sätt att alla parkombinationer kom med utan någon hänsyn tagen till ordningen dem emellan, dvs 15 jämförelser för varje generator. En försökspersons försöksserie kunde t. ex. ha varit den vi ser på nästa sida.

	A	B
1		
2		
3		
15		
16		

Frågeformuläret, en av dess sidor.

Tabell 6:1

	Generator	LW1	ISO	LW2	Föresl. metod
parvisa jämförelser av stegljud för resp generator		3-6	4-5	1-6	1-5
		2-4	4-6	2-6	2-5
		2-6	2-4	1-4	1-6
		2-3	2-6	3-6	2-3
		3-5	3-5	1-2	1-4
		1-3	1-2	1-5	3-6
		1-6	1-3	4-5	4-5
		5-6	1-5	2-3	1-2
		4-5	5-6	2-4	4-6
		1-4	2-5	2-5	5-6
		3-4	2-3	3-4	3-4
		4-6	3-4	4-6	3-5
		1-5	1-6	5-6	2-4
		1-2	1-4	1-3	1-3
		2-5	3-6	3-5	2-6

Försökspersonen hade att ta ställning till vilket av de två stegljuden inom varje jämförelse (varje rad på formuläret) som är starkast, och när han hade beslutat sig kryssades den ruta i som svarade mot valet av starkaste stegljudet.

Rangordningen skulle utföras på följande sätt: De 15 olika sekvenserna presenterades i enlighet med vad som tidigare sagts. Uppfattades det först hörda stegljudet av de två som starkast sattes ett kryss i den första (vänstra) cellen, uppfattades det sist hörda stegljudet som starkast sattes ett kryss i den andra (högra) cellen.

De parvisa jämförelserna i tabell 6:1 gavs en både horisontell som vertikal rotation. Med rotation menas i detta fall: rotation horisontellt - genom slumptabell avgörs i vilken ordning de olika ljudgeneratorerna skulle komma för de olika försökspersonerna i respektive försöksserie. Rotation vertikalt - även här användes slump-tabellen för att variera presentationen av de parvisa stegljuden för de olika försökspersonerna. Denna rotation horisontellt och vertikalt gjorde, att en viss stegljudsgenerator och en viss serie av parvisa jämförelser ej kom att inträffa i samma skede inom för-

söksserien från försöksperson till försöksperson. När tröttheten "sätter in" för en försöksperson i en experimentsituation som denna, vet man av erfarenhet att han ej är lika noggrann i sina omdömen. Det vore ju olyckligt i ett försök av denna art om det alltid hade varit samma ljudgenerator och mängden av stegljuds-jämförelser som kom att utsättas för denna trötthet.

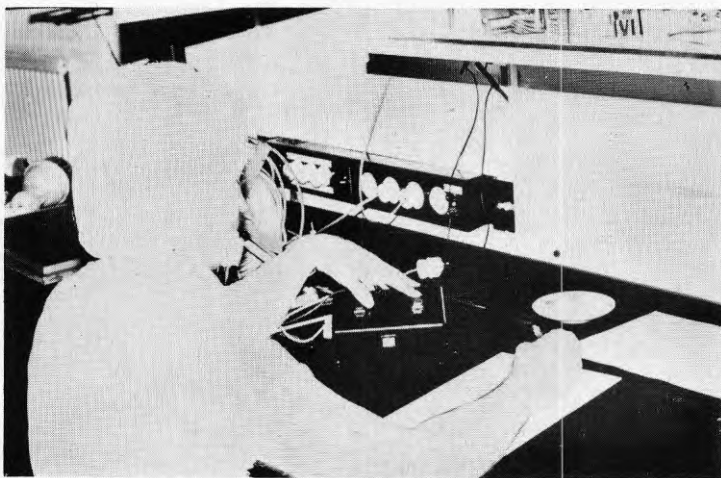
Information till försökspersonen

Försökspersonen informerades av försöksledaren om experimentet före försöket. Då beskrevs de ljud som försökspersonen kom att höra, tillvägagångssätt för experimentet, hur kontakterna mellan försöksperson och försöksledare skulle ske, etc.

Det poängterades noga för försökspersonen att han fick ta hur lång tid på sig som han tyckte, då det är viktigt att en försöksperson ej skall känna sig jäktad i ett experiment av denna art.

EXPERIMENTETS GENOMFÖRANDE

För att förklara hur datainsamlandet genomfördes beskrivs försöket för en person nedan, efter det att försökspersonen kommit in i försöksrummet, erhållit information om experimentet och när inga tveksamheter förelåg från dennes sida.



Figur 42. Lyssningssituationen.

Lamporna A, B och C tändes på knappsatsen på bänken framför försökspersonen. Samtidigt som knappsatsens lampor tändes, startar en elektrisk tidtagare med uppgift att registrera den tid det tog för försökspersonen att rangordna dessa två stegljud.

Då försökspersonen tryckte ned knapp A hörde han stegljud A i högtalaren över sig, dvs 1:a stegljudet orsakat av den 1:a generatoren. När han hört detta ljud tillräckligt länge för att ungefär minnas dess styrka, släppte han upp knapp A och tryckte omedelbart ner knapp B. Det ljud han då hörde härrörde från stegljud B. Försökspersonen växlade mellan knapp A och B, stegljud A och B, tills han hade bestämt sig för vilken som, enligt hans tycke, var starkast. Försökspersonen kryssade då i den cell på frågeformuläret, som svarade mot det valda stegljudet. Därefter tryckte han ner knapp C.

Detta nedtryckande av knapp C medförde att den elektriska tidtagaren stannade och alla tryckknapparna på knappsatsen slocknade. Denna indikation på att försökspersonen var klar med 1:a raden av den 1:a sidan på frågeformuläret medförde att försöksledaren hade att koppla om så att t ex spår 3 och spår 6 på bandspelaren kopplades in istället för som t.ex. tidigare spår 2 och 5.

När kopplingarna var klara, nytt stegljudspar var valt ur en för ändamålet framställd tabell över parvisa jämförelser där ordningen för dessa parvisa jämförelser är slumpade fram, tiden för förra jämförelsen var uppskriven, så tändes lamporna i tryckknapparna på knappsatsen hos försökspersonen, samtidigt som den elektriska tidtagaren startade.

Försökspersonen lyssnar på ljud A

När detta hade upprepats, 60 gånger, 15 gånger för varje stegljudsgenerator, var testet klart för försökspersonen vad det gällde betongbjälklaget.

Hela denna procedur upprepades för alla försökspersoner på både betong- och träbjälklaget.

BEARBETNINGAR AV INSAMLADE DATAMÄNGDER

De insamlade datamängderna har bearbetats i fem steg. Innan dessa presenteras skall nämnas att vid genomgången och kodningen av svarsformulären befanns ett antal av svarsformulären vara ofullständiga. Ofullständiga i bemärkelsen att försökspersonen hade rangordnat samtliga stegljudskombinationer, men det gick inte att transformera om dessa till en rangordning omfattande samtliga golvbeläggningar. I sådana fall utgick dessa svarsformulär och rubricerades som bortfall. Bortfallsfördelningen för respektive stegljudsgeneratorer och bjälklag framgår av nedanstående tabell.

	Betongbjälklag	Träbjälklag
LW 1	1	5
LW 2	1	9
Föreslagen metod	1	0
ISO-metoden	1	2

Datamängden fick efter denna reduktion det utseende som följer.

Betongbjälklag

De två första siffrorna indikerar stegljudsgenereringstyp.

11=LW 1 på betongbjälklag 21= LW 1 på träbjälklag

12=LW 2

13=Föreslagen metod

14=ISO-metoden

Den tredje siffran ger försökspersonens placering av golvbeläggning nr 1, den fjärde siffran försökspersonens placering av golvbeläggning nr 2, osv. till golvbeläggning nr 6.

11426153	12436152	13426153	14425163	n
11426153	12416253	13426153	14425163	
11426153	12426153	13426153	14425163	
11426153	12426153	13426153	14426153	
11426153	12426153	13426153	14425163	
11426153	12416253	13426153	14325164	
11426153	12426153	13526143	14425163	
11536142	12526143	13425163	14425163	
11426153	12526143	13426153	14425163	
11425163	12426153	13425163	14425163	
11426153	12436152	13426153	14425163	
11425163	12426153	13425163	14425163	
11536142	12526143	13526143	14425163	
11536142	12526143	13425163	14425163	
11536142	12526143	13425163	14425163	
11425163	12426153	13425163	14425163	
11426153	12436152	13426153	14425163	
11425163	12426153	13425163	14425163	
11425163	12426153	13425163	14426153	
11425163	12426153	13425163	14425163	
11425163	12426153	13425163	14425163	
11426153	12436152	13426153	14425163	
11426153	12526143	13526143	14425163	
11426153	12426153	13426153	14425163	
11426153	12526143	13426153	14425163	
11426153	12426153	13426153	14425163	
11426153	12536142	13536142	14536241	
11436152	12436152	13536142	14416253	
11536142	12426153	13426153	14536241	29

Träbjäklag

21524163	22524163	23325164	24325164
21526143	22526143	23326154	24326154
21426153	22526143	23235164	24326154
21326154	22325164	23325164	24236154
21426153	22326154	23425163	24426153
21425163	22536142	23326154	24236145
21325164	22425163	23425163	24326154
21426153	22426153	23325164	24326154
21426153	22235164	23325164	24326154
21326154	22326154	23235164	24236154
21326154	22234156	23236154	24326154
21325164	22236154	23326154	24326154
21536142	22325164	23425163	24235164
21326154	22326154	23325164	24326154
21426153	22426153	23325164	24236154
21325164	22325164	23326154	24326154
21326154	22425163	23425163	24325164
21426153	22425163	23325164	24236154
21326154	22426153	23325164	24236154
21235154	22235164	23236154	24326154
21326154	22326154	23425163	24326154
21326154		23425163	24326154
21326154		23325164	24236154
21426153		23426153	24326154
21524163		23325164	24326154
		23425163	24326154
		23325164	24326154
		23425163	24326154
		23325164	24326154
		23425163	24326154
		23325164	24326154
		23425163	24326154
		23325164	24326154
		23425163	24326154
		23325164	24326154

Första steget i analysen av datamängderna var att undersöka överensstämmelsen mellan försökspersonerna, med avseende på deras rangordningar av golvbeläggningarna, inom varje stegljudsgenereringstyp. Detta gjordes med hjälp av Kendall's W, ett mått på överensstämmelsen eller samstämmigheten mellan ett antal försökspersoners rangordningar av samma objekt. W kan anta värden mellan 0 och +1. Extremvärdet 0 pekar på att det inte föreligger någon överensstämmelse mellan försökspersonernas rangordningar av objekten, alla är oense, medan extremvärdet +1 pekar på perfekt samstämmighet, alla är överens.

Formeln för W har följande utseende:

$$W = \frac{\sum_{j=1}^k \left(R_j - \frac{\sum_{J=1}^k R_J}{N} \right)^2}{\frac{1}{12} k^2 (N^3 - N)}$$

där R_j = summan av rangerna i varje kolumn.
 k = antalet försökspersoner.
 N = antal objekt som skall rangordnas.

W har beräknats för varje stegljudsgenereringstyp och bjälklag vilket framgår av nedanstående tabeller.

	<u>Betongbjälklag</u>	<u>Träbjälklag</u>
LW 1	0.939	0.902
LW 2	0.949	0.843
Föreslagen metod	0.944	0.938
ISO-metoden	0.939	0.956

För att kunna göra de jämförelser som tidigare har beskrivits, var det nödvändigt att med försökspersonernas enskilda rangordningar som grund estimeras försöksgruppens subjektiva rangordning av golvbeläggningarna. Med andra ord beräkna en rangordning för varje ljudgenereringstyp, givet de olika bjälklagen, grundad på de enskilda rangordningarnas utseende. En skattning av denna, vilket blir det andra steget i vår analys, görs genom studier av värdena på summan av rangerna R_j för varje golvbeläggning. Den golvbeläggning som erhållit minsta R_j -värdet sätts på första plats, den golvbeläggning som fått det näst minsta värdet på andra plats osv. Detta förfarande upprepas för samtliga stegljudsgenereringstyper. För en mer ingående diskussion om detta förfarande samt Kendall's W hänvisas till Siegel, Sidney-Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences, Mc-Graw H. 1956. Följande tabeller visar värdena på summa R_j för de olika ljudgenereringstyperna.

Betongbjälklag

	Golvbeläggning nr					
	1	2	3	4	5	6
LW 1	121	64	167	29	147	81
LW 2	124	62	174	31	137	81
Föreslagen metod	121	60	164	29	150	85
ISO-metoden	117	59	150	32	167	84

Träbjälklag

	Golvbeläggning nr					
	1	2	3	4	5	6
LW 1	90	52	142	25	129	87
LW 2	73	47	114	21	111	75
Föreslagen metod	95	64	157	30	173	111
ISO-metoden	77	64	165	28	142	112

Med tabellvärdena ovan som grund erhöjls följande estimerade subjektiva rangordningar av golvbeläggningarna, från bäst till sämst stegljudsisolerande effekt.

Betongbjälklag

LW 1	LW 2	Föreslagen metod	ISO-metoden
BIRGER	BIRGER	BIRGER	BIRGER
PATRIK	PATRIK	PATRIK	PATRIK
ROBUST	ROBUST	ROBUST	ROBUST
NOVILON	NOVILON	NOVILON	NOVILON
LINOLEUM	LINOLEUM	LINOLEUM	SAFIR
SAFIR	SAFIR	SAFIR	LINOLEUM

Träbjälklag

LW 1	LW 2	Föreslagen metod	ISO-metoden
BIRGER	BIRGER	BIRGER	BIRGER
PATRIK	PATRIK	PATRIK	PATRIK
ROBUST	NOVILON	NOVILON	NOVILON
NOVILON	ROBUST	ROBUST	ROBUST
LINOLEUM	LINOLEUM	SAFIR	LINOLEUM
SAFIR	SAFIR	LINOLEUM	SAFIR

Viktigt i detta sammanhang är att skalnivån (ordinalskalan), som de insamlade datamängderna (rangordningarna) befinner sig på, begränsar tolkningarna till att man inte kan avgöra hur mycket bättre (sämre) en golvbeläggning är jämfört med en annan. Ordinalskalan saknar ekvidistant gradering och nollpunkt.

För att kunna göra dessa tolkningar krävs att rangordningen baserar sig på mätningar åtminstone på intervallskalenivå, det vill säga en skalnivå med ekvidistant gradering. Detta har inte kunnat tillämpas i våra mätningar då försökspersonerna enbart har fått avgöra vilket av de två presenterade stegljuden i varje kombination de uppfattat som starkast, utan att ta ställning till hur mycket eller hur många gånger starkare det uppfattats vara.

Alternativt kan försöksgruppens skattade subjektiva rangordning uttryckas i diagramform med hjälp av R_j -summorna framtagna vid beräkningsproceduren med Kendall's W (se sid 97). Ur diagrammet kan även homogeniteten mellan stegljudsgeneratorerna utläsas. En relevant jämförelse fordrar dock att träbjälklagsvärdena transformeras om till samma $\sum R_j$ för samtliga stegljudsalstrare. Omtransformeringen sker med $\sum R_j = 29$. Alternativet utgör tredje steget. Tabellen sid 98 får följande utseende:

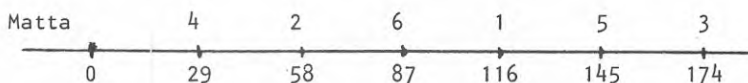
Träbjälklag

	Golvbeläggning nr					
	1	2	3	4	5	6
LW 1	104	60	165	29	150	101
LW 2	101	65	157	29	153	104
Föreslagen metod	92	62	152	29	167	107
ISO-metoden	80	67	172	29	148	117

Tabellerna sid 98 för betongbjälklaget och träbjälklaget härövan möjliggör upprättandet av R_j -summorna i diagramform (sid 101 & 102).

I diagrammet är längdaxeln utmärkt i absoluta tal från 29 till maximala 174. Så får t.ex. betongbjälklaget LW 1 matta 1 värdet 121, matta 2 värdet 64 etc.

Framställningssättet medger visuell bedömning av mattrangordning samt samstämmighet ljudgenereringstyperna emellan inom försöksgruppen. Optimal överensstämmelse inom gruppen för exempelvis betongbjälklaget LW 1 hade medfört följande utseende i diagrammet:



dvs. ekvidistanta steg om 29 enheter. Ju närmare varandra två mattor kommer ju mindre är gruppens samstämmighet

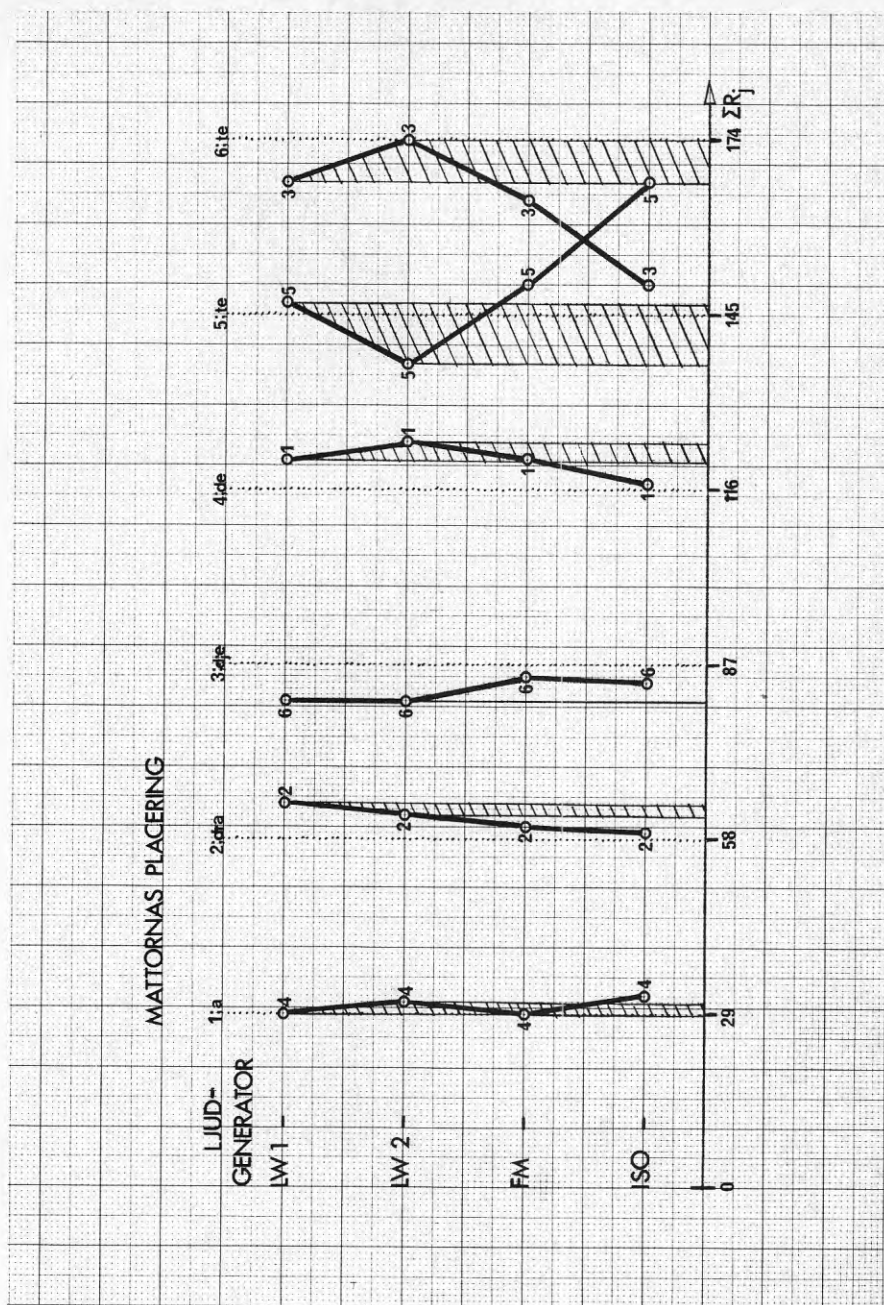


Fig. 43. Subjektiv rangordning av mattor för olika stegljudsgeneratorer på ett betongbjälklag.

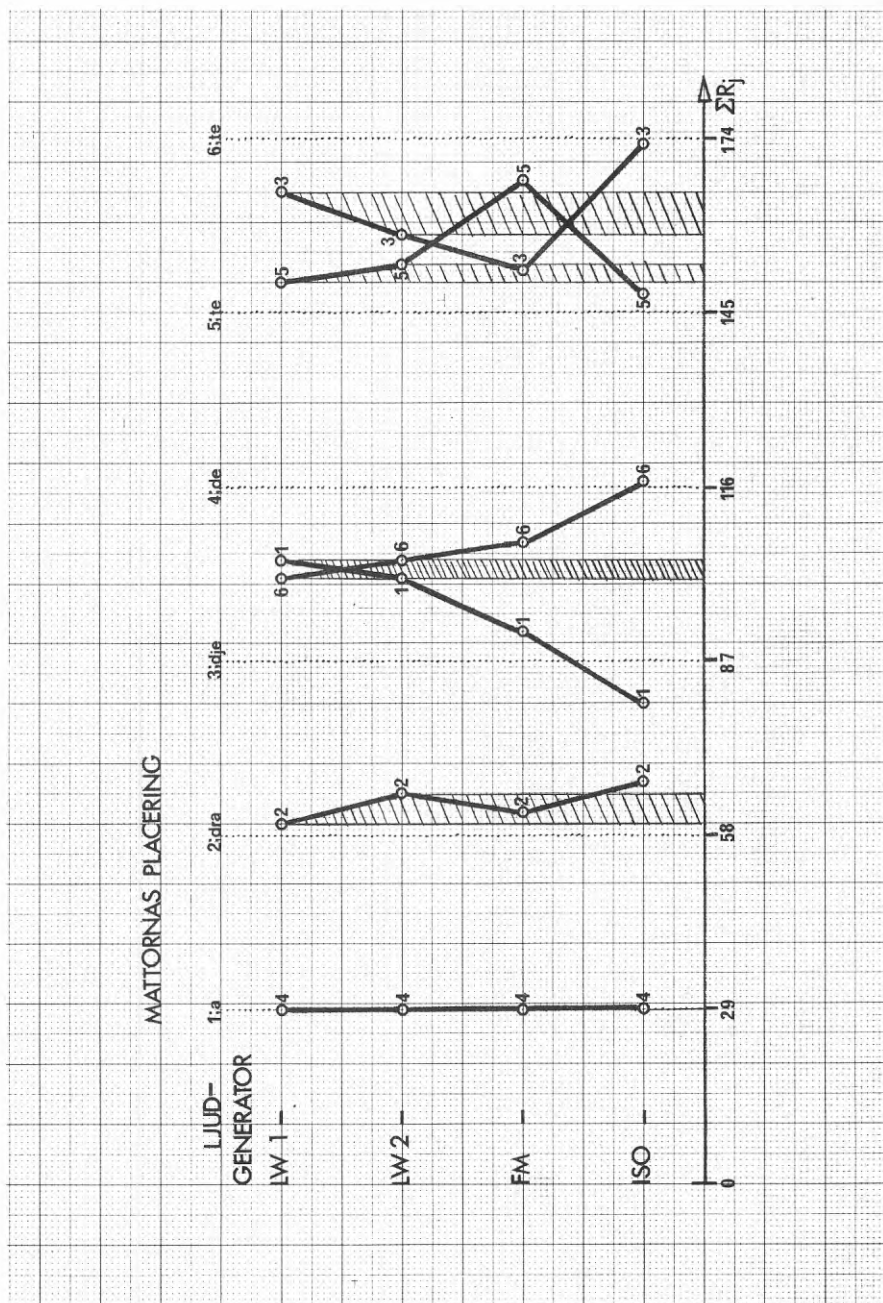


Fig. 44. Subjektiv rangordning av mattor för olika stegljudsgeneratorer på ett träbjälklag.

gällande dessa mattors rang. De streckade fälten i diagrammen visar de områden som de mänskligt genererade stegljuden "faller" inom. Man kan intuitivt anta att den "aggressive" gångaren, LW 1 med träskor, orsakar mest störningar.

För att kunna besvara frågeställningarna 3 och 4, som tagits upp tidigare i detta avsnitt, krävs det även en objektiv rangordning av golvbelägningarna. En sådan har konstruerats, genom att varje golvbeläggnings stegljudsisolerande effekt har uppmätts, utifrån erhållna mätvärden på stegljudsisoleringsförmågan från bäst till sämst. Även i de fall skillnaderna i mätvärden mellan mattor varit små har en rangordning upprättats.

Dessa är:

Betongbjälklag

LW 1	LW 2	Föreslagen metod	ISO-metoden
BIRGER	BIRGER	BIRGER	BIRGER
PATRIK	PATRIK	PATRIK	PATRIK
ROBUST	ROBUST	ROBUST	ROBUST
LINOLEUM	LINOLEUM	LINOLEUM	NOVILON
NOVILON	NOVILON	NOVILON	LINOLEUM
SAFIR	SAFIR	SAFIR	SAFIR

Träbjälklag

LW 1	LW 2	Föreslagen metod	ISO-metoden
BIRGER	BIRGER	BIRGER	BIRGER
PATRIK	PATRIK	PATRIK	PATRIK
ROBUST	ROBUST	ROBUST	ROBUST
NOVILON	NOVILON	LINOLEUM	NOVILON
LINOLEUM	LINOLEUM	NOVILON	LINOLEUM
SAFIR	SAFIR	SAFIR	SAFIR

De bearbetningar och beräkningar av de insamlade datamängder som hittills presenterats, har grundat sig på datamängderna sett ur ett helhetsperspektiv.

Kendalls W ger ett mått på överensstämmelsen mellan försökspersonerna med avseende på deras rangordning av samtliga

sex golvbeläggningar, givet de olika stegljudsgenereringstyperna och bjälklagen. W baserar sig alltså på samtliga platser och på samtliga golvbeläggningar. Det får ses som ett helhetsmått som inte avslöjar något om de enskilda rangordningarna, vilket det dock är en produkt av. Samma sak gäller med summan av rangerna för varje golvbeläggning R_j . Till sist skall därför detaljerna presenteras, dvs hur gestaltar sig försökspersonernas rangordning av varje enskild golvbeläggning om man ser till de enskilda placeringarna? Detta leder till en redovisning av fjärde steget i bearbetningen av datamängderna, frekvenstabellerna. Genomgående i tabellerna är kolumnvariabeln = placeringen eller rangen från 1 (bäst) till 6 (sämst) och radvariabeln = stegljudsgenereringstyp där 1 står för LW 1 (träskor), 2 står för LW 2 (läderskor), 3 = föreslagen metod och 4 = ISO-metoden.

FREKVENSTABELLER RANGERNAS FÖRDELNING
NOVILON

Betongbjälklag		1	2	3	4	5	6
1	1	-	-	-	24	5	-
	2	-	-	-	21	8	-
	3	-	-	-	24	5	-
	4	-	-	-	26	2	-

Träbjälklag		1	2	3	4	5	6
2	1	-	1	12	8	4	-
	2	-	4	7	6	4	-
	3	-	4	17	9	-	-
	4	-	8	19	1	-	-

PATRICK

Betongbjälklag		1	2	3	4	5	6
3	1	-	23	6	-	-	-
	2	2	21	6	-	-	-
	3	-	27	2	-	-	-
	4	1	26	2	-	-	-

Träbjälklag		1	2	3	4	5	6
4	1	-	23	2	-	-	-
	2	-	16	5	-	-	-
	3	-	26	4	-	-	-
	4	-	20	8	-	-	-

SAFIR

Betongbjälklag

	1	2	3	4	5	6
5	1	-	-	-	7	22
	2	-	-	-	-	29
	3	-	-	-	10	19
	4	-	-	-	24	5

Träbjälklag

	1	2	3	4	5	6
6	1	-	-	2	4	19
	2	-	-	2	8	11
	3	-	-	-	23	7
	4	-	-	-	3	25

BIRGER

Betongbjälklag

	1	2	3	4	5	6
7	1	29	-	-	-	-
	2	27	2	-	-	-
	3	29	-	-	-	-
	4	26	3	-	-	-

Träbjälklag

	1	2	3	4	5	6
8	1	25	-	-	-	-
	2	21	-	-	-	-
	3	30	-	-	-	-
	4	28	-	-	-	-

LINOLEUM

Betongbjälklag

	1	2	3	4	5	6
9	1	-	-	5	17	7
	2	-	-	8	21	-
	3	-	-	5	14	10
	4	-	-	2	3	24

Träbjälklag

	1	2	3	4	5	6
10	1	-	-	2	17	6
	2	-	-	3	9	9
	3	-	-	-	7	23
	4	-	-	1	24	3

ROBUST

Betongbjälklag

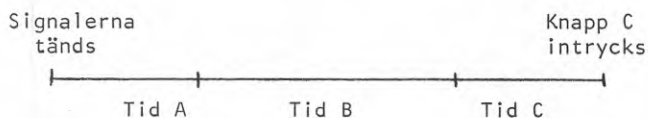
	1	2	3	4	5	6
11	1	-	6	23	-	-
	2	-	6	23	-	-
	3	-	2	27	-	-
	4	2	-	26	1	-

Träbjälklag

	1	2	3	4	5	6
12	1	-	1	11	13	-
	2	-	1	9	10	-
	3	-	-	9	21	-
	4	-	-	1	26	1

Ytterligare en datamängd som bearbetats återstår att redovisa, vilket blir det femte steget i presentationen. Det är den tid i sekunder det tog för varje försöksperson, inom respektive stegljudsjämförelse, att avgöra vilket stegljud som uppfattades starkast.

Att denna tid är behäftad med osyst. fel orsakade av okontrollerbara faktorer är uppenbart. I uppmätt tid ingår inte bara den faktiska tid det tagit för försökspersonen att bestämma sig (här kallad tid B), utan även den tid det tagit från det försökspersonen uppfattat att signalerna tänts till stegljudsavlyssningen påbörjats (här kallad tid A) samt tiden från stegljudsalternativvalet till knapp C intrycks (här kallad tid C). Se figur nedan.



Den uppmätta tid som härvid kom att erhållas blir en sammanslagning av tiderna A, B och C, där tid A och C är ointressanta och inte ett mått på den faktiska tid det tog för försökspersonen att fälla ett avgörande. Rent tekniskt gick det dock inte att isolera tid B. Felet dvs tiderna A och C varierar från försöksperson till försöksperson, men eftersom de uppträder osystematiskt, i ena eller andra riktningen, tenderar de att ta ut varandra vid ett tillräckligt stort antal mätningar. Totalt gjordes 3600 mätningar av åtgången tid. Noteras kan att det inte existerar något bortfall när det gäller mätningar av tid.

Tiderna för varje stegljudskombination har för samtliga försökspersoner summerats inom respektive stegljudsgenereringstyp.

Varje kombination har därefter rangordnats med avseende på erhållen summa. Resultaten för respektive bjälklag presenteras i följande tabeller (sid 107).

Betongbjälklag

<u>LW 1</u>		<u>LW 2</u>		<u>Föreslagen metod</u>		<u>ISO-metod</u>	
Mattkomb.	Tid sek	Mattkomb.	Tid sek	Mattkomb.	Tid sek	Mattkomb.	Tid sek
2-6	491	1-5	509	3-5	310	1-3	384
1-3	482	2-6	487	2-5	310	1-6	287
3-5	448	1-3	416	1-3	304	3-5	284
1-5	437	2-4	383	2-6	282	2-4	255
2-4	437	1-6	377	1-5	280	2-5	252
1-6	375	2-5	366	1-6	264	1-5	246
2-5	363	3-5	363	2-4	262	2-6	243
3-6	332	5-6	358	5-6	252	3-6	238
5-6	328	2-3	342	4-6	237	2-3	220
4-6	324	1-2	341	4-5	233	4-6	216
4-5	318	4-5	340	1-4	222	5-6	214
2-3	314	4-6	336	3-4	218	1-2	206
3-4	305	1-4	312	3-6	216	1-4	201
1-2	299	3-6	304	2-3	210	4-5	198
1-4	273	3-4	301	1-2	206	3-4	174

Träbjälklag

3-5	581	3-5	569	3-5	409	3-5	350
2-6	527	1-6	549	1-6	306	1-2	324
1-6	527	2-6	500	1-2	296	5-6	274
1-5	509	1-5	478	3-6	271	3-6	250
5-6	487	5-6	464	2-6	270	1-6	246
1-2	447	1-2	460	5-6	261	2-4	227
1-3	438	1-3	433	1-3	247	2-6	219
3-6	390	3-6	430	1-5	230	1-5	208
2-4	347	2-5	370	2-4	222	1-3	206
2-5	344	2-3	361	2-3	205	1-4	204
2-3	326	2-4	324	1-4	203	2-5	194
1-4	301	3-4	286	2-5	197	4-6	186
3-4	296	1-4	284	4-5	195	2-3	185
4-6	290	4-6	280	4-6	194	3-4	179
4-5	279	4-5	265	3-4	191	4-5	169

7. KOMMENTARER

SUBJEKTIVT MÄTRESULTAT

Innan vi går in på denna undersöknings målsättning, att besvara de fyra frågeställningar som nämnts i föregående avsnitt, skall en anmärkning skjutas in. Alla numeriska värden, med undantag av de från de enligt gängse metoder utförda objektiva mätningarna, som samlats in och bearbetats och alla de resultat som dessa bearbetningar har resulterat i, baserar sig på ett stickprov.

I denna undersökning, liksom i flertalet andra, är stickprovet den enda praktiskt och ekonomiskt lämpliga formen för att skatta de okända populationsparametrar man är intresserad av. Den statistiska teorin när det gäller stickprovsundersökningar är omfattande och att närmare i detalj gå in på de regler och teorier som existerar är omöjligt. (Se sidan 112*).

Denna undersökning baserar sig främst på data, rangordningar, på ordinalskalenivå. De krav eller önskemål man har på de skattningar man gör med stickprov på denna skalnivå, har inte vid genomgång av den litteratur som använts, gått att transformera om till en framtagning av lämplig storlek på stickprovet. Hade skalnivån varit en annan, t ex kvot eller intervall hade detta lätt kunnat göras. Istället har stickprovsstorleken bestämts utifrån faktorerna personella och tidsmässiga resurser. I planeringsfasen utgicks från stickprovsstorleken 50 individer, vilket godkändes. En reduktion till 30 individer gjordes dock, orsakad av händelser, som inte kunnat påverkas. Antalet försökspersoner är därför enligt vårt förmenande i minsta laget, varför man vid alla tolkningar skall ha detta i åtanke. Det tidigare nämnda bortfallet kan tolkas, efter att speciellt ha tittat på de objektiva mätningar som utförts på träbjälklaget, som huvudsakligast orsakat av bjälklagets konstruktion i samspel med "live-walker". Vid närmare betraktelse noterar man att differensen mellan bästa och sämsta golvbeläggning reducerats jämfört med differensen vid mätningar på betongbjälklaget. Dessa tendenser har gjort att rangordningsbestämningar av golvbeläggningarna försvarats. Svårigheter som i sin tur resulterat i att ett stort bortfall drabbat träbjälklaget.

Samtliga W som framräknats är höga oavsett bjälklag, se tabell sid 97, och är signifikant $\neq 0$ när de hypotestestats på 5 %-nivån. Detta tyder på att försökspersonerna genomgående, oavsett bjälklag och stegljudsgenereringstyp, är överens i sina rangordningar av golvbeläggningarna med avseende på stegljudsisolerande effekt. Ytterligare tolkningar av värdena på W går ej att göra. Detta medför dock ej att W förlorar sitt intresse i den fortsatta analysen, eftersom en förutsättning för att kunna estimeras en subjektiv rangordning av golvbeläggningarna, med summan av rangarna för respektive golvbeläggning, är att respektive W vid hypotestestning är signifikant skilt från 0. Detta krav uppfylls i samtliga fall, vilket gör att de estimeringar av rangordningarna som gjorts infriar de teoretiska krav som ställs på dem och möjliggör användning av dessa.

De höga och signifikanta värdena på W gör också att de diagram som presenterats på sid ¹⁰²/₁₀₃, liksom de estimerade rangordningarna baserade på summan av rangarna, blir av intresse.

Frågeställning 1 och 2 gällde att: dels undersöka i vilken utsträckning respektive metod genererar stegljud som efterliknar mänskligt genererade stegljud, dels att undersöka vilken av de två metoderna som närmast efterliknar mänskligt genererade stegljud.

Utifrån insamlade data har vi kommit till den slutsatsen att för det första: båda metoderna genererar stegljud som efterliknar mänskligt genererade stegljud och för det andra: insamlade data ger ej möjligheter att generellt, oavsett bjälklag, säga att den ena metoden bättre efterliknar mänskligt genererade stegljud än den andra ur stegljudsisolerings synpunkt.

Tittar man på de subjektiva rangordningarna avseende betongbjälklaget, ser man att rangordningarna är identiska, med undantag av att LINOLEUM och SAFIR byter plats när ISO-metoden genererat stegljuden, se diagram sid 99. Detta byte

återspeglar sig också i frekvenstabell 5.

Detta byte kan ses som en nackdel för ISO-metoden, vilket skulle göra att "den föreslagna metoden" bättre skulle efterlikna mänskligt genererade stegljud.

Denna nackdel för ISO-metoden försvinner emellertid då man studerar de subjektiva rangordningarna för träbjälklaget. Ser man på platserna 5 och 6 sker det ett byte mellan LINOLEUM och SAFIR mellan "live walker" och "den föreslagna metoden". Detta byte återspeglar sig i frekvenstabell 6 och 10. Ett byte skulle medföra att ISO-metoden på träbjälklaget bättre än den föreslagna metoden efterliknar mänskligt genererade stegljud.

Detta skulle då göra att den föreslagna metoden bättre efterliknar mänskligt genererade stegljud på betongbjälklag och att ISO-metoden bättre efterliknar stegljud på träbjälklag.

Vi vill dock inte dra den slutsatsen att en metod skulle vara bättre jämfört med den andra, utifrån de resultat dessa diagram visar. Skillnaderna mellan rangsummorna är små, oavsett byten eller ej, och att basera sig alltför mycket på dessa summor, och skillnaden mellan dem, kan ej göras med tanke på bortfall och stickprovsstorlek.

Det skall dock sägas att båda metoderna genererar stegljud, som är praktiskt användbara när man skall mäta golvbeläggnings stegljudsisolerande effekt, men det går inte på basis av denna undersöknings resultat utsäga vilken som är mest lämplig att använda sig av ur stegljudsisolerings synpunkt.

Av de fyra ursprungliga frågeställningarna återstår nu nr 3 och 4, nämligen en undersökning av respektive methods överensstämmelse mellan objektiva värden kontra subjektiva uppfattningar och nr 4, en jämförelse mellan metoderna med avseende på bäst överensstämmelse objektivt - subjektivt.

Vid en jämförelse med avseende på objektiva ranger kontra subjektiva för betongbjälklaget, kan tydligt en stor överensstämmelse oavsett stegljudsgenerator noteras.

För föreslagen metod byter mattorna LINOLEUM och NOVILON plats. Men med hänvisning till de objektiva mätningarna betyder detta byte i praktiken ingenting då stegljudsisoleringsförmågan för båda mattorna skiljer sig åt med bara 2 dBA.

Vad som ovan är sagt om föreslagen metod gäller också för ISO-metoden. I detta fall är det SAFIR och LINOLEUM som byter plats. Ljudnivåskillnaderna är i detta fall, objektiv mätning, 0 resp 2 dBA. Ser man på frekvenstabellerna visar även dessa att försökspersonerna har haft svårt att enhetligt rangordna golvbeläggningarna.

Om man övergår till att analysera det andra bjälklaget, träbjälklaget, kan noteras att samma mönster i stort sett gör sig gällande även här, dock är skillnaderna mellan subjektiva uppfattningar och objektiva mätningar något större. Denna skillnad förklaras delvis av att ljudisoleringsförmågan mellan bästa och sämsta matta har krympts ihop för detta bjälklag.

Sammanfattningsvis kan man generellt säga, för att besvara frågeställning 3, att experimentet med dess begränsning som tidigare beskrivits, ger ej anledning att förkasta hypotesen om en god överensstämmelse mellan de två metodernas objektiva mätningar och för samma metoder subjektiva uppfattningar.

Vad gäller frågeställning fyra, en jämförelse mellan metoderna med avseende på bäst överensstämmelse objektivt - subjektivt, kan man generellt säga, att med de begränsningar i stickprovsstorlek, skalnivå och att man arbetar med människors

subjektiva uppfattningar, kan man ej sätta någon stegljudsgenerator före den andra. De skiftningar mellan subjektiva uppfattningar och objektiva mätningar som har skett rymms inom felmarginalen i testet.

- * I korthet skall följande problem generellt beröras, ett problem som gäller alla stickprovsundersökningar oavsett syfte, nämligen stickprovsstorleken.

Ur en population N tar man slumpmässigt ut ett stickprov på n enheter. Med hjälp av de värden man får på de parametrar som man är intresserad av från sitt stickprov, estimeras totalpopulationens parametrar. Allmänt gäller då följande förhållanden att vid finita populationer går den estimerade parametern mot det sanna värdet då $n \rightarrow N$.

Den estimerade parametern eller skattningens säkerhet är alltså avhängig hur stort stickprov man väljer.

Utöver att stickprovsstorleken bestäms av de ekonomiska och personella resurser man har till förfogande, bestäms den inte minst av de krav på säkerhet man ställer på sina skattningar. Dessa krav kan explicit göras, t.ex. i form av hur brett ett konfidensintervall skall vara, och utifrån dessa kan en stickprovsstorlek räknas fram som då kommer att uppfylla ställda krav. Rent förnuftsmässigt är det ju också uppenbart att extremvärden i ett litet stickprov får större negativ effekt på skattningarnas säkerhet än i ett stort. Likaså står det klart att ett eventuellt bortfalls negativa effekter blir större när stickprovsstorleken är liten.

Att bestämma stickprovets storlek blir då en funktion av de faktorer som tidigare nämnts.

OBJEKTIVT MÄTRESULTAT

Som inledning till avsnittet återges i tabellform en sammanställning av de objektiva mätresultaten.

Betongbjälklag		Ljudnivåer dBA			
Mattyp	Föreslagen metod	Gångare 1	Gångare 2	Gångare 1	Gångare 2
		Träskor	Träskor	Läderskor	Läderskor
Råbjälklag	62	60.5	50.5	56	45.5
PATRIK	36.5	38.5	33.5	37	29.5
BIRGER	28	36	29.5	32	27
NOVILON	60.5	51	47	46.5	40
LINOLEUM	59	50.5	46	45	41.5
ROBUST	53	47.5	39	44.5	35.5
SAFIR	60.5	51.5	45.5	46	42.5

Träbjälklag

Råbjälklag	70.5	69.5	65	64.5	60.5
PATRIK	54	59	52.5	54	49
BIRGER	42.5	53.5	49	49.5	47
NOVILON	68.5	63	61	59	59.5
LINOLEUM	68.5	68	63	62	60
ROBUST	63	63.5	60.5	57.5	53.5
SAFIR	69.5	65.5	62	58.5	57.5

Betongbjälklag Stegljudsisoleringsförbättring Δ L dBA

Mattyp	Föreslagen	Gångare 1	Gångare 2	Gångare 1	Gångare 2
	metod	Träskor	Träskor	Läderskor	Läderskor
PATRIK	25.5	22	17	19	15.5
BIRGER	34.5	24.5	21	24	18
NOVILON	2	9.5	4	9.5	5
LINOLEUM	3	10.5	5	11	3.5
ROBUST	9	13	11.5	11.5	9.5
SAFIR	1.5	9.5	5	10	2.5

Träbjälklag

PATRIK	16.5	10.5	12	10.5	11.5
BIRGER	28	16	15.5	15	13
NOVILON	2	6.5	3.5	5.5	1
LINOLEUM	2	1.5	1.5	2.5	0.5
ROBUST	7.5	6	4.5	7	6.5
SAFIR	1	4	2.5	6	2.5

Upptredande frekvensspektra och ljudnivåer i dBA för föreslagen hammarapparat och gångare 1 med träskor är i råbjälklagsfallet i stort sett lika till utseende och storlek. Gångare 2 har under försöken genomgående åstadkommit ljudnivåer vilka underskrider gångare 1:s. Differensen mellan två godtyckliga stegljudsalstrare kan lätt avläsas i den nästföljande tabellen. Gångarna uppvisar en stegljudsisoleringsförbättring vilken är något större än den föreslagna hammarapparatens. Detta förhållande påverkas av vilken typ av matta som betraktas. För de "hårda" mattorna får vi förbättringen medan de "mjuka" mattorna, PATRIK och BIRGER, ger en högre stegljudsisolering då vi mäter med den föreslagna maskinen. Varför detta blir fallet

diskuteras i avsnittet "stegljudsmetodernas egenskaper".

Jämföres vidare bjälklagsresultaten med varandra blir stegljudsisoleriggen sämre i träbjälklagsfallet än för betongbjälklaget. Dessutom är ljudnivåerna på råbjälklaget av trä högre än motsvarande värden för betongbjälklaget, vilket medför att ljudnivåerna på träbjälklaget med matta blir ännu större. Det förhåller sig på det sättet att stegljudsnivåerna på träbjälklaget med matta nästan alltid överskrider stegljudsnivåerna på råbjälklag betong för respektive gångare.

Man kan generellt säga att stegljudsisoleringen för gångarna i stort sett överensstämmer med den föreslagna hammarapparatens.

Stegljudsisoleringsförmågan mätt med den föreslagna maskinen är för de flesta mattorna bättre än för den standardiserade hammarapparaten vilket gäller bägge bjälklagen. NOVILON är den enda matta som blir sämre vid testning med det föreslagna alternativet till hammarapparat. ROBUST är oberoende av vilken mätapparat vi använder på betongbjälklag men ger bättre värden med den alternativa metoden på träbjälklaget. SAFIR är lika dålig oavsett hammarapparat och på vilket bjälklag mätningen sker.

För träbjälklaget gäller att hur mjuk mattan än är får man stegljudsnivåer av gångaren som nästan undantagslöst överstiger 30 dB vid höga frekvenser. Normalt sett borde ljudnivån avta med ökande frekvens över brytfrekvensen. Detta beroer på sättet på vilket stegljudet alstras. Träbjälklag har sålunda egenheten att producera "egna" ljud, vilka uppkommer genom de böjningar i materialen som uppstår när gångaren går runt på bjälklaget. Självklart utgör personens vikt en avgörande faktor liksom var på golvet man går. Stegljudsapparaten däremot står ju stilla på en bestämd punkt under hela stegljudsproceduren. Betongbjälklaget är homogent varför samma fenomen ej uppträder här.

I föreslagna hammarapparatens stegljudsförbättringskurvor finner man att kurvan mer eller mindre "lägger av" vid högre frekvenser, se till exempel diagram 24. Liknande företeelse inträffar icke helt oväntat även i gångarens ΔL -kurvor. Orsaken här-

till kan sökas i de spektra gångare och hammarapparat ger upphov till utan matta. Över brytfrekvensen faller ljudnivån ganska raskt med ökande frekvens på grund av det fjädrande material som finns på hammaren och skons sula och klack. Nivåerna över en viss frekvens kommer sålunda att vara låga och den mätta nivån påverkas av "bakgrundsbuller". Å andra sidan är det inte heller så nödvändigt eller intressant att känna nivåerna när de har sjunkit ner till storleksordningen 20dB.

När vi diskuterar ljudnivåer finns det ytterligare några intressanta aspekter att beröra. Tabellsammanställningen nedan ger differenserna av ljudnivåjämförelser mellan olika stegljudsalstrare under olika betingelser.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
		B E T O N G					B J Ä L K L A G							
		FM	LW1 TRÄ	LW1 LÄD	LW2 TRÄ	LW2 LÄD	FM	LW1 TRÄ	LW1 LÄD	LW2 TRÄ	LW2 LÄD			
A	T	FM	8.5	1.5	6	11.5	17						FM	B
B	R	LW1 TRÄ	1	9	5	10	15						LW1 TRÄ	E
C	Ä	LW1 LÄD	6	5	8.5	5	10						LW1 LÄD	O
D	B	LW2 TRÄ	5.5	5	0	14	5						LW2 TRÄ	N
E	J	LW2 LÄD	10	9	4	4.5	15						LW2 LÄD	G
F	Ä	FM						9	8	13	14	18.5	FM	J
G	K	LW1 TRÄ						2.5	16	4	6	10	LW1 TRÄ	Ä
H	L	LW1 LÄD						8	5	15	-2	6	LW1 LÄD	L
I	A	LW2 TRÄ						5.5	4	2	18	4	LW2 TRÄ	A
J	G	LW2 LÄD						9.5	8	2	4	18.5	LW2 LÄD	G
		FM	LW1 TRÄ	LW1 LÄD	LW2 TRÄ	LW2 LÄD	FM	LW1 TRÄ	LW1 LÄD	LW2 TRÄ	LW2 LÄD			
		T R Ä B J Ä					L K L A G							
		← Råbjälklag →					← Med matta →							

LW1=Gångare 1 ; TRÄ=Träskor ; FM=Föreslagen metod
LW2=Gångare 2 ; LÄD=Läderskor

Tabellen kan delas upp i ett antal huvuddelar varur vissa mönster urskiljes, vilket utförligare behandlas nedan. Först behandlas dock dessa huvudindelningar och därefter riktar vi vårt intresse mot att närmare studera tendenser och karakteristiska särdrag hos materialet.

Tabellen består av två halvor, den vänstra gäller för råbjälklag medan den högra halvan representerar bjälklag med matta. En annan viktig indelning är en uppdelning av jämförelserna efter bjälklagstyp. Delas tabellen upp i två delar av den markerade diagonalen, kommer den högra övre halvan att bestå av värdena från betongbjälklaget, medan den andra halvan av tabellen återger träbjälklagets.

Av de fyra kvadraterna fylls enbart 2:a och 4:e upp. 2:a kvadranten gäller då för råbjälklaget och 4:e för bjälklag med matta. Var och en av dessa kvadranter kan i sin tur separeras i två halvor för betong- och träbjälklag.

Den markerade diagonalen som genomlöper tabellen utgör skillnader i stegljudsnivåer mellan bjälklagen för samma stegljudsalstrare, A1-J10, där A1-E5 bestämmer skillnaden för råbjälklagen och F6-J10 för bjälklagen med matta. Om stegljudsalstringen från gångarna ej ändras efter bytet av skodon kommer således de parvisa värdena B2 & C3, D4 & E5, G7 & H8, I9 & J10 att prestera värden av ungefärligen samma storleksordning, vilket de gör. Samma resonemang kan genomföras mellan resultaten från mätningarna på råbjälklag och bjälklag med matta varvid B2 & C3 \longleftrightarrow G7 & H8, D4 & E5 \longleftrightarrow I9 & J10, vilket ej är fallet. Vi kan naturligtvis även göra jämförelsen för den föreslagna hammarapparaten som då kommer att vara A1 \longleftrightarrow F6. De två ekvivalenserna som nämndes före hammarapparatens utgöres av LW1 som är den första medan den andra är LW2. I avsnittet "stegljudsmetodernas egenskaper" har några reflektioner över dessa ekvivalenser gjorts.

En försämring i mattornas stegljudsisoleringsförmåga erhålls vid en övergång från betongbjälklag till träbjälklag. F6 minus A1, G7 minus B2 etcetera i diagonalen utgör ett mått på denna

försämring. A5 och F10 ger största spridningen i stegljudsnivån mellan de fem stegljudsalatrarna på betongbjälklaget, med respektive utan matta. Dessa värden motsvaras på träbjälklaget av E1 och J6. Differenserna A5 minus E1 och F10 minus J6 anger således med hur många dBA området inom vilka stegljudsgenererarnas ljudnivåer ligger minskar med, då byte sker från betong- till träbjälklag med respektive utan matta.

Låt oss även något jämföra de objektiva resultaten med de subjektiva.

Intressant är här att mattorna 1 (NOVILON) och 6 (ROBUST), som i betongbjälklagsfallet visat en klar skillnad i resultaten, se diagram sid 101 och 102, i träbjälklagsfallet närmar sig varandra. Rådande förhållande kan givetvis tolkas såsom att mattor på en bjälklagstyp kan prestera en stegljudsisolering som på en annan typ av bjälklag kan ge ett helt annorlunda utslag i godhetsklassningen av mattorna. Detta bestyrker delvis min åsikt i kommentarerna till mattvalet att man vid lyssnar-test bör begagna sig av mattor med en jämn skillnad i stegljudsisoleringsförmågan, ej för liten och ej för stor, för att säkerställa ett så stort informationsutbyte som möjligt av materialet. De nämnda subjektiva resultaten kan jämföras med de objektiva på sidan 114 .

STEGLJUDSMETODERNAS EGENSKAPER

ISO-metodens egenskaper har till stor del redan redovisats i avsnittet om kritiken av densamma. Det är dock ytterligare ett par saker som bör tagas upp. Saken är nämligen den att det inte är enbart vid mattor med olinjära egenskaper som problemen med de stora förekommande krafterna hos hammarapparaten uppstår. Man skall komma ihåg att mattor med tämligen linjära egenskaper "kan drivas till olinearitet" av ISO-hammarens intensiva bearbetning. Det är känt att en deformation sker i materialet, luftskikt trängs undan etcetera, vilket har en ogynnsam effekt på mattans stegljudsisolerande förmåga.

I ISO-standarden använder man för att klassificera stegljudsisoleringens godhet hos en konstruktion stegljudsisoleringsindex I_i . Isoleringens godhet ökar då I_i minskar eftersom indexet knyter an till den uppmätta nivån L_{10} i mottagarrummet. Kraven på erforderligt stegljudsisoleringsindex för olika byggnader finns specificerade i exempelvis Svensk Byggnorm. I_i -mättet baseras på en referenskurva som enligt bestämda föreskrifter jämföres med uppmätt stegljudsnivå L_{10} . Vid mätningar med föreslagen hammarapparat blir I_i -mättet inaktuellt.

En konstruktions godhet vad beträffar dess stegljudsisoleringsförmåga kan i den föreslagna metoden uttryckas med ett dBA-värde. Detta dBA-mått utgör ljudtrycksnivåskillnaden mätt i rummet under den aktuella konstruktionen utan och med överkonstruktion. Med detta mått kan man på ett enkelt sätt förutsäga stegljudsnivåns förändring i ett rum under den betraktade konstruktionen då en matta med kända egenskaper påföres densamma.

I sammanhanget med kommenteringen av dBA-mättet kan vi notera ytterligare en intressant företeelse. Denna framträder vid betraktelse av stegljudsnivåerna för föreslagen hammarapparat och "live-walker" och då man utför en direkt jämförelse dem emellan. Det förhåller sig på det viset, att de ljudnivåer som

"live-walker" ger upphov till ej alltid är samma som de den föreslagna hammarapparaten genererar. En klar skillnad i dBA-nivåer mellan de båda stegljudsalstrarna föreligger vid olika mattyper på råbjälklaget. Betydelsefullt i detta fallet är uppdelningen "hård" och "mjuk" matta. I fallet hård matta ger föreslagen hammarapparat högre ljudnivåer än gångaren. Gångaren i jämförelserna är här och i fortsättningen gångaren med beteckningen 1 och med träskor.

Varför uppstår detta förhållande att stegljudsnivån från den föreslagna hammarapparaten blir högre än för gångaren när vi mäter på en hård matta?

Ser vi på råbjälklagsmätningarna är ljudnivåerna lika men lägges en hård matta på bjälklaget och samma mätprocedur som tidigare upprepas ger "live-walkern" en lägre stegljudsnivå medan hammarapparatens är så gott som samma. Ingenting har ändrats mellan mätningsgångerna vad gäller bjälklag, skor etc utan förutsättningarna är i båda fallen, med och utan matta, desamma, således borde även stegljudsnivåerna vara konstanta. Uppträdande förändringar kan då inte förklaras utifrån skiljaktigheter i de ingående parametrarna. Förklaringen till stegljudsnivåförändringen torde istället rimligen kunna hänföras till en omedveten förändring i attityden hos gångaren till underlaget.

Inför vi istället en mjuk matta i vårt resonemang och studerar dess effekt på stegljudsnivån kan följande sägas. Stegljudsnivån i dBA blir nu högre för gångaren än i hammarmaskinsfallet. Orsaken härtill kan sökas i skillnaden i uppkommet frekvensspektra mellan de båda stegljudsgeneratorerna. För de mjukaste mattorna blir lågfrekvensdelen i det alstrade stegljudet till övervägande del bestämmande för dBA-nivån. Det är just i detta område stegljudsmaskinen har försämrade möjligheter att efterlikna verkliga stegljud. I sammanhanget här finns det anledning att kommentera den fjäder som finns monterad på den föreslagna hammaren vilken medför en viss

nackdel i det här aktuella fallet, mycket mjuka mattor. Vid tillslaget mot mattan erhåller hammaren en viss hastighet, mindre än den för fritt fall från samma höjd, på grund av fjädern. För dessa mycket mjuka mattor uppstår problemet att fjädern tar upp en del av den kraft som egentligen skulle överföras till mattan och golvet. Detta fenomen uppträder givetvis enbart för denna speciella matttyp. Olägenheten med att fjädern tar upp en del av kraften minskar när man betänker att stegljudsisoleringen vanligtvis inte erbjuder några problem för de mattor vilka är aktuella för att olägenheten skall kunna uppstå.

De här omtalade tendenserna till en variation i dBA-nivån mellan resultaten från "live-walkern" och föreslagen hammarapparat måste hållas i minnet så att man ej får den uppfattningen att de med föreslagen hammarapparat uppmätta dBA-nivåerna alltid överensstämmer med motsvarande nivåer erhållna då en person går på samma golvkonstruktion.

Andra egenskaper hos föreslagen hammarapparat- och mätmetod är att hänsyn toges till mattors olinjära egenskaper, vilket är en klar fördel, och att mätningar göres av toppnivåer istället för RMS-nivåer.

Genom att toppnivåer mätes minskar en del av problemen med mottagarrummet, såsom bristande diffusitet och stående vågor. Ytterligare en viktig fördel med toppnivåmätningar är, att den subjektiva bedömning människor ger om stegljud baseras på impulsernas toppnivåer och inte på dess RMS-nivåer. Forskare har i ett flertal arbeten framlagt belägg för att så är fallet, se exempelvis [8], [15], [14]. Olynyk och Northwood [14]: "The apparent equivalence of the two subjective methods suggests that our observers' concept of the loudness of footsteps depends largely on the peak value of the individual impulses" (p. 731).

En annan sak som man måste beakta är vad vi mäter i respektive fall när jämförelsebeträktelser göres mellan föreslagen och standardiserad hammarapparat. Mätvärdena i det första fallet

är som nyss nämnts oktavbandens toppnivåer, mätta med en impulsprecisionsljudnivåmätare Brüel & Kjaer 2204 med tidskonstanten 35 ms. I instruktionsboken till instrumentet (sid 40) anges instrumentvisningen i diagramform för upprepade impulser med en repetitionsfrekvens av 2 till 10 Hz och pulsvaraktigheten 5 msek till 8 dB under den kontinuerliga signalens nivå. Då "typisk" pulslängd i föreliggande fall, 200 grams hammaren på råbjälklag ligger på cirka 1 msek medför detta att mätta värden kommer att vara ungefär 15 dB under den kontinuerliga signalens.

Vi vet således instrumentets inverkan på de mätta stegljudsnivåerna, men ljudnivån påverkas även av det på hammarens yta påsatta gummiskiktet. Vilken inverkan har då detta gummiskikt på alstrad stegljudsnivå? Mätningar har utförts både med och utan denna beläggning och resultatet redovisas i diagrammet nedan.

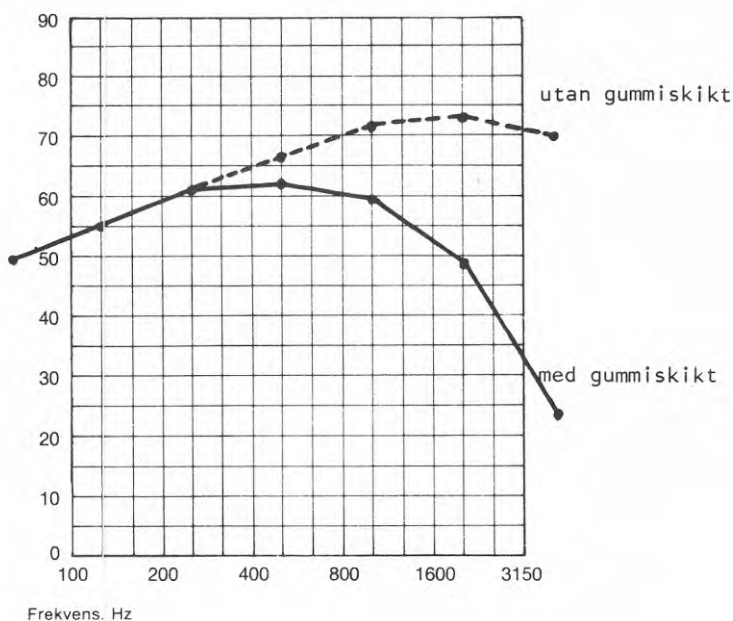


Fig 45

Alstrade stegljudsnivåer av 200 grams hammaren med och utan gummiskikt mätt på råbjälklag av betong.

I lågfrekvensområdet blir nivåerna desamma men över en viss frekvens, brytfrekvensen, medför gummits egenskaper en justering av ljudnivån så att stegljudets frekvensgång i stor utsträckning efterliknar den av en gångare orsakade.

Eftersom stegljudsnivåerna för föreslagen och standardiserad hammare är mätta enligt olika metoder kan man ställa sig frågan hur pass väl deras mätvärden stämmer överens med varandra då man gör en transformering av den ena metodens mätvärden till den andras.

Med de approximationer som är oundvikliga vid en övergång från föreslagen stegljudsapparats toppvärden till den standardiserade hammarapparats RMS-värden erhålls ändå en någorlunda god överensstämmelse dem emellan. Se figur i vilken med heldragen linje ljudnivån från ISO-maskinen inritats, medan streckad linje representerar en omräkning av 200 grams hammaren med gummiskikt till ISO-apparatens 5 hammare à 500 gram utan gummiskikt. dB

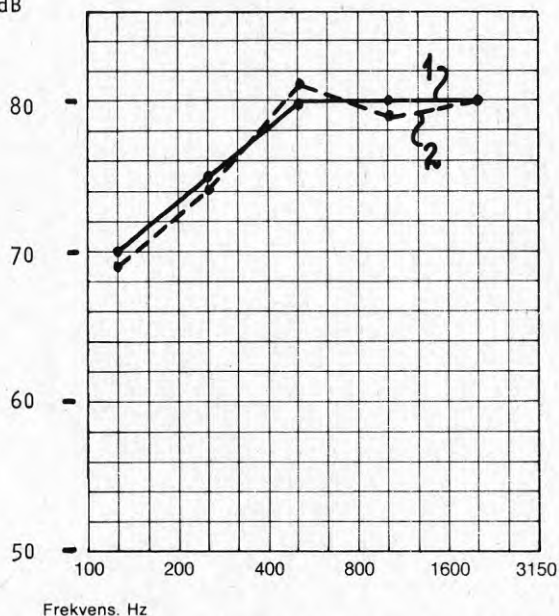


Fig 46 Stegljudsnivåer av ISO-maskinen (1) och föreslagen hammarapparat omräknat till ISO-maskinens data (2).

Omräkningen har följt mönstret:

Toppnivå 200 grams hammare med gummiskikt → toppnivå 200 grams hammare utan gummiskikt → "Riktiga" toppvärden, dvs tillägg för instrumentets för lågt visade värden → RMS-nivå 200 grams hammare → RMS-nivå 500 grams hammare → RMS-nivå 5 st. 500 grams hammare → Justering för brytfrekvensskillnad (~ 1 oktav mellan 200 och 500 grams hammare).

Differensen mellan ISO och föreslagen stegljudsmaskin blir för oktavbanden från och med 63 Hz och uppåt approximativt, för råbjälklag av betong.

14, 14, 14, ~ 19, ~ 20, 32, 55 dB respektive (~ 1 ms pulslängd)

Som framgår av figur har vi en god samstämmighet mellan mätvärdena. Fig. 46.

Föreslagen hammarapparat skall definitivt inte ses som något slags universalredskap för allt vad stegljud heter, en apparat som slutgiltigt löser alla problem kring stegljudstest. Metoden har brister, liksom ISO-maskinen, men dessa är färre än vår nuvarande standards. För att inte begränsa stegljudsmetodens arbetsfält till ett visst väl specificerat område måste maskinen ges en komplettering, nämligen av människan.

FÖRSÖKSPERSCNER

Vad beträffar de medverkande gångarna i försöken är det ett par saker som kan kommenteras. Det bör ju vara på det viset att en testning av hur pass bra den föreslagna hammarapparaten är skall kunna genomföras med nöjaktigt resultat vare sig man använder en manlig eller kvinnlig gångare. I försöken har genomgående manliga gångare förekommit, detta dels med föregående mening i åtanke samt dels att en separering av gångarna efter kön är olämpligt då man i möjligaste mån bör hålla antalet parametrar i försöken nere.

Tidigare, sid 38 , har beteckningen "ordinarie" gångare använts. Med "ordinarie" förstår man här att personen har medverkat vid samtliga inspelningar av stegljud för lyssnartesten. Eftersom det inspelade materialet används i ett lyssnartest där försökspersoner skall utföra en direkt jämförelse av stegljudsnivåer på mattor är det givet att en variation i gången kan ha en negativ effekt på resultatet av jämförelsen. Detta motiverar varför det är önskvärt att gångaren går på ett sådant sätt att variationer i gången ej uppträder på den enskilda mattan och/eller dem emellan. För att delvis eliminera en eventuell gångvariation hos gångaren får denne gå kontinuerligt under den tidsperiod försökspersonerna behöver för att utföra samtliga alternativval inom varje stegljudstyp. Det är nämligen lättare att gå likformigt under en "längre" tidsperiod, än att först gå en stund, därefter hålla upp och slutligen likformigt upprepa gången före uppehållet.

Förutom ovannämnda "ordinarie" gångare har ytterligare två gångare testats. De har medverkat för att man skall kunna klarlägga vilka skillnader i stegljudsnivån som kan uppstå när människor med varierande gångart går på en golvkonstruktion. Skodonen har för båda gångarna varit tämligen lika i typ men avvikit något ifråga om slitningsgraden av sula och klack. Förslitningsgraden hos skorna är dock av underordnad betydelse i jämförelse med skillnaderna i gångtyp hos gångarna.

Går vi så över till de försökspersoner som medverkade vid lyssningstesten kan följande fråga formuleras. Hade det varit motiverat med en uppdelning av av försöksgruppen efter ålder, kön, social bakgrund etcetera? Vinsten med en sådan uppdelning blir att man för varje gruppindelning, vilken då blir synnerligen väldefinierad, erhåller data vilka senare kan appliceras

på just denna grupptyp av människor. Men indelningsförfarandet innebär dessutom en stark begränsning av mätresultatens användningsområde till en viss bestämd grupp människor. En indelning av försökspersonerna blir härav ej meningsfull att genomföra. Önskvärt är att erhålla data från ett stegljudstest blir allmängiltigt, dvs oberoende av speciella egenskaper hos människorna. Det är på grund härav, för att testa metoderna på en mer allmän basis, som personerna vilka ingick i lyssningstestgruppen kom att utgöras av män och kvinnor i åldrarna 25 - 65 år med, såvitt möjligheterna fanns, skilda kategorier arbeten och social bakgrund. För samtliga försökspersoner har en hörselundersökning genomförts för att reducera avvikelser i testresultaten på grund av en eventuellt förekommande hörselnedsättning hos personerna.

VAL AV PROVÖBJEKT

I projektet har två typer av bjälklag och sex olika mattor varit föremål för stegljudsisoleringsstestning. Vad bjälklagen beträffar valdes dessa med tanken att de skulle representera typiska bjälklagskonstruktioner i hus. Dessutom var det meningen att man med hjälp av de valda bjälklagen, som är ett tungt och ett lätt, skulle kunna studera olika bjälklagstypers inverkan på mätresultaten. Vissa skillnader har också erhållits, vilket har kommenterats i föregående avsnitt.

Ser vi på mattvalet har detta berett ett betydligt större problem. Det gäller ju dels att rangordna mattorna "subjektivt", vilket kan medföra problem i och med att försökspersonernas svar av naturliga skäl kommer att avvika en del från varandra. Alla människor har ju inte samma åsikt, varför mattor med närpå likvärdiga stegljudsisoleringssegenskaper kan komma att variera i rangordningshänseende. Att enbart ta med mattor med små skillnader i isoleringsförmåga, antingen det gäller bra eller dåliga mattor, kan vara negativt. Alltför stora skillnader i stegljudsisoleringsförmåga är inte heller lämpligt då rangordningsförfarandet helt kan förlora sin betydelse eftersom

"avstånden" mellan mattorna inte framträder i en ren rangordningssituation av den typ som här har använts. Vad man bör eftersträva är en stor serie av mattor som innehåller mattor med den sämsta till den bästa stegljudsisolerande effekten, med lika inbördes avstånd. Eftersom jag var intresserad av metodernas reaktion på både mjuka och hårda mattor, har jag valt några mattor med nästan likvärdiga egenskaper (de sämsta mattorna), och för övriga mattor ökat det inbördes avståndet upp till den bästa mattan.

Man skall i sammanhanget komma ihåg vad medtagandet av ytterligare en matta åsamkar i total tidsåtgång för försöken. Därför har efter noggrant övervägande sex stycken mattor utvalts till testning. Efter försöken kan konstateras att urvalet av mattor har varit till stor del riktigt, dock var de sämsta mattornas stegljudsisolerande egenskaper något lika.

Viktigt för ett tillfredsställande försöksresultat är förutom valet av bjälklag och mattor även valet av skodon. Skorna har kortfattat beskrivits i ett tidigare kapitel, se sid 32. Det är nu så att skorna självfallet kan väljas på ett sådant sätt att deras karakteristika i stor utsträckning efterliknar de som gäller för föreslagen hammarapparat. Detta speciellt med tanke på att den föreslagna hammaren söker simulera ett genomsnitt av förekommande verkliga stegljud för både män och kvinnor. Men å den andra sidan måste vi beakta det faktum att eftersom hammarapparaten skall simulera nyss nämnda genomsnitt skall skodonen kunna väljas på ett "godtyckligt" sätt, givetvis inom rimliga gränser. Det är med denna bakgrund valet av skodon har skett, att vara i Sverige vanligt förekommande skor.

LITTERATURFÖRTECKNING

- [1] K. Gösele, "On the Method of Measuring Impact Noise", Gesundheits-Ingenieur (1945).
- [2] T. Mariner, "Criticism of the ISO Impact Noise Test". For Oral Presentation, May 7 1964, Acoustical Society of America New York Meeting. p4.
- [3] B. G. Watters, "Impact-Noise Characteristics of Female Hard-Heeled Foot Traffic". J. Acoust. Soc. Am. 37 No 4, 619-630 (1965).
- [4] S. Lindblad, "Fjädrande golvbeläggningsars inverkan på stegljudsisoleringen. Studier av linjär och icke linjär fjädring med inre förluster", Figursida 1, LTH (1968).
- [5] T. Mariner, Comments on: "Zur Problematik der prüfgerichten Körperschallanregung von Decken" by L. Cremer and J. Gilg. Acoustica 24, 230 (1971).
- [6] S. Lindblad, "Kraft-intryckningskurvor och stegljudsförbättringskurvor direkt ur hammarens stötförlopp med speciellt konstruerad fallapparat". Rapport 75-1, Lund Januari 1975.
- [7] T. Schultz, "Impact Noise Testing and Rating", BBN-report 2668, Dec. 1974.
- [8] R. N. Hamme, Report IB1-1-1 Geiger and Hamme Lab, Nov. 1965.
- [9] Scarlett-Smith, "Comments on ISO 140 Part VIII", April 1975.
- [10] L. Cremer and J. Gilg, "Zur Problematik der prüfgerichten Körperschallanregung von Decken". Acoustica 23, 53-62 (1970).
- [11] T. Schultz, Memorandum. First ballot on draft "Tentative Alternate Method of Measurement of Impact Sound Transmission through Floor-Ceiling Assemblies Using a Modified Tapping Machine", June 27, (1975).

- [12] A. Granhäll and J. Plunt, "Structure borne sound in ships. Mechanical impedances of main engine foundations. (1976). J. C. Tukker, "Application of a measuring method for the dynamical behavior of building structures", Applied Acoustics 5, 245, (1972).
- [13] BFR:s forskningskonferens: Ljudklimat. Rapport R 36:1970.
- [14] D. Olynyk and T. D. Northwood, "Assessment of Footstep Noise through Wood-Joist and Concrete Floors", J. Acoust. Soc. Am. 43, 730-733 (1968).
- [15] R. D. Ford and A. C. C. Warnock, "Impact Noise on Floors", National Research Council of Canada, Report No. 14051, Ottawa (1974).

Litteratur till vilken inte direkt hänvisning i texten gjorts.

- O. Brandt och S. Åberg, "Stegljudsisolering hos golvkonstruktioner", Statens Råd för Byggnadsforskning Nr4, (1964).
- E. L. R. Corliss and G. E. Winzer, "Study of Methods for Estimating Loudness", J. Acoust. Soc. Am. 38, 424-428 (1965).
- S. Kimura, "Standard on airborne and impact sound insulation for building", Nihon University, Japan, (1974).
- J. Lang, "Vergleichende Messungen des Trittschallsschutzes von Gehbelagen und schwimmenden Estrichen mit verschiedenen Methoden", österreichisches Teppichinstitut, (1972).
- T. Mariner and H. W. Hehmann, "Impact Noise Rating of Various Floors", J. Acoust. Soc. Am. 41, 206-214 (1967).
- D. Olynyk and T. D. Northwood, "Subjective Judgments of Footstep Noise Transmission through Floors", J. Acoust. Soc. Am. 38, 1035-1039 (1965).
- T. J. Schultz, "A Proposed New Method for Impact Noise Tests" Proceedings of Inter-Noise '75, Sendai, Japan, 27-29 August 1975, 343-350.
- I. L. Vér, "Impact Noise Isolation of Composite Floors", J. Acoust. Soc. Am. 50, 1043-1050 (1970).

Stegljudsnivåer av föreslagen hammarapparat

FREKVENSENS Hz		HAMMARAPPARATPOSITION																				M V													
		1					2					3					4						5												
		MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING						MÄTNING												
1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV
59	59	61	60	61	60	62	61	61	61	62	61	63	62	63	62	63	63	63	63	61	63	63	62	62	61	61	62	62	61	61	61	62	60	61	61
49	49	51	46	51	49	45	48	49	46	51	48	49	47	49	47	49	47	47	47	49	49	49	51	47	47	49	49	51	49	50	49	50	47	51	49
53	57	53	58	54	55	53	57	55	58	54	55	53	55	53	56	54	54	53	54	60	55	53	55	53	54	60	55	53	55	53	57	54	58	54	55
58	57	60	59	59	59	59	60	60	61	61	60	59	60	61	59	61	60	59	60	62	60	59	60	59	60	62	60	59	60	59	59	62	58	58	59
64	63	63	62	60	63	63	60	62	62	61	62	62	63	62	62	63	62	62	62	62	61	62	62	62	63	60	62	62	63	60	62	60	62	61	62
57	57	57	55	56	56	58	59	58	59	59	59	60	58	60	58	60	59	60	60	61	60	62	61	60	60	61	60	62	61	60	60	60	58	59	59
42	41	41	42	42	42	45	44	45	46	45	45	50	50	51	50	50	50	51	51	51	50	52	51	47	45	46	46	46	47	45	46	46	46	46	48
23	21	23	22	21	22	22	22	20	21	23	22	25	26	24	26	24	26	25	24	25	26	26	25	25	24	25	26	26	25	21	19	20	20	20	23

BETONGBJÄLKLAG

MATTYP: RÄBJÄLKLAG

Stegljudsnivåer av föreslagen hammarapparat

HAMMARAPPARATPOSITION

FREKVENNS Hz	HAMMARAPPARATPOSITION															ΔL																				
	1					2					3						4					5					M	V								
	MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING						MÄTNING					MÄTNING														
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	MV	MV					
26	27	25	25	26	27	27	26	27	26	27	25	26	25	27	25	26	25	26	26	25	25	26	26	26	26	27	26	25	26	27	26	26	26	26	26	26
48	42	46	46	47	46	49	43	48	45	47	47	43	46	43	48	46	49	44	48	43	48	46	43	46	48	48	43	47	43	46	46	47	47	46	46	46
39	39	37	38	38	38	39	41	38	39	41	40	39	41	37	41	40	39	38	36	37	36	37	36	37	39	40	38	37	38	38	39	38	37	38	39	36
25	28	25	29	27	27	30	31	28	30	28	28	30	29	31	30	30	28	30	28	31	29	29	31	29	29	30	28	30	29	29	29	29	29	29	29	31
25	27	26	25	28	26	23	24	23	24	23	24	24	23	23	23	24	26	27	24	24	24	25	24	25	25	26	26	25	25	25	25	25	25	25	25	37
18	19	18	18	19	18	17	18	17	16	17	19	18	17	18	17	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	19	18	19	19	19	18	18	18	18	18	41

BETONGBJÄL KLAG
MATTYP: BIRGER

Stegljudsnivåer av föreslagen hammarapparat

HAMMARAPPARATPOSITION

FREKVENSENS Hz	1					2					3					4					5					M V	ΔL					
	MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING											
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5							
dB(A)	61	61	59	60	60	60	59	60	59	60	59	61	59	60	61	61	61	59	60	61	60	61	60	61	60	57	57	57	58	57	59	59
63	49	47	49	49	51	49	49	45	47	46	49	44	47	46	51	47	51	46	50	47	49	49	46	49	45	49	46	49	45	51	48	48
125	55	56	54	54	55	55	53	57	53	54	54	53	56	52	55	54	55	56	54	56	55	55	55	55	53	53	54	55	53	54	54	54
250	57	57	59	58	57	58	57	61	58	61	59	57	61	60	57	56	58	60	58	61	59	56	61	61	60	56	61	61	60	59	59	59
500	64	63	60	61	62	62	62	61	60	63	62	61	62	59	61	61	64	63	61	60	63	62	59	58	59	60	59	61	60	61	61	61
1000	57	56	56	56	57	56	57	57	58	56	55	57	57	55	58	57	58	56	56	57	56	57	52	50	50	49	51	50	50	56	56	56
2000	39	38	38	39	41	39	39	39	38	39	39	38	38	37	39	38	43	43	42	41	44	42	37	36	36	36	38	37	38	38	38	38
4000	17	16	18	17	18	17	15	15	14	15	15	14	14	14	15	14	16	16	17	16	17	16	15	14	14	13	14	14	14	15	15	15

BETONGBJÄLKLAG
MÄTYP: NOVILON

Stegljudsnivåer av föreslagen hammarapparat

HAMMARAPPARATPOSITION

FREKVENNS Hz	HAMMARAPPARATPOSITION															ΔL																																	
	1					2					3						4					5					M V																						
	MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING						MÄTNING					MÄTNING																											
1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV														
59	59	58,5	58	59	59	56	58	57	56	57	57	59	58	61	61	63	60	59	58	58	58	58	58	60	60	59	58	61	60	60	60	59	58	61	60	59	59	58	58	60	59	2							
63	49	46	50	48	51	49	49	45	47	49	52	48	49	48	49	46	52	49	49	46	49	47	51	48	50	49	48	48	51	49	49	49	48	48	51	49	49	49	48	48	51	49	0						
125	56	54	52	55	54	54	52	54	52	55	54	53	54	57	54	55	56	55	52	55	54	53	56	54	50	54	53	51	54	53	54	54	53	51	54	53	54	54	53	51	54	53	1						
250	58	59	56	57	58	58	57	58	59	61	57	58	58	59	59	61	61	60	55	55	58	57	59	57	59	61	60	62	61	61	61	59	61	60	62	61	59	59	61	60	62	61	1						
500	62	61	60	61	60	61	60	59	62	58	58	59	63	62	62	62	60	62	59	60	59	61	59	60	61	60	61	61	60	61	61	61	61	61	60	61	61	61	61	61	60	61	1						
1000	54	52	54	51	53	53	52	51	51	50	53	51	54	54	54	55	55	54	51	55	53	52	54	53	54	53	53	54	55	54	53	53	53	53	54	55	54	53	53	53	54	55	53	53	53	53	54	55	6
2000	39	37	38	37	39	38	35	34	35	36	36	35	41	40	42	40	43	41	37	37	36	35	37	36	36	36	35	37	39	37	37	37	37	37	39	37	37	37	37	37	39	37	11						
4000	21	20	20	22	21	21	21	21	22	20	21	21	21	21	20	22	22	21	22	24	24	25	26	25	18	18	19	18	17	18	21	21	18	19	18	17	21	21	18	19	18	17	2						

BETONGJÄLKLÄG
MATTYP: LINOLEUM

Stegljudsnivåer av föreslagen hammarapparat

HAMMARAPPARATPOSITION

FREKVENNS Hz	HAMMARAPPARATPOSITION															M	V																				
	1					2					3							4					5														
	MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING							MÄTNING					MÄTNING														
	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5		
dB(A)	52	51	52	52	53	52	53	54	52	52	53	51	52	52	51	51	51	51	51	51	52	52	52	52	52	52	51	53	52	52	52	52	54	51	54	53	52
63	49	51	47	50	47	49	48	47	50	44	49	48	49	48	49	47	49	46	51	48	48	50	46	51	48	48	50	48	50	46	51	49	48				
125	54	52	50	55	54	53	53	56	53	57	54	55	52	54	49	54	51	52	53	50	54	52	52	52	54	55	52	56	52	54	53	52					
250	55	54	57	56	55	55	55	57	58	57	55	56	55	55	57	56	55	56	57	56	58	57	57	57	55	56	58	55	57	56	56	56					
500	56	55	54	54	55	55	55	55	53	55	52	54	55	55	52	53	52	53	54	51	53	54	53	53	54	54	55	54	55	54	55	54					
1000	42	43	43	43	46	43	43	41	41	42	43	42	41	40	41	40	40	40	40	41	40	41	40	40	42	42	43	40	42	42	41	41					
2000	24	22	23	21	24	23	20	20	19	18	19	19	18	19	19	16	18	18	21	18	19	18	20	19	18	17	18	17	18	17	18	19					
4000	15	14	14	14	14	14	11	11	11	10	12	11	9	13	10	12	9	11	11	14	12	14	15	13	11	14	13	12	12	12	12	11					

BETONGBÄLKLÄG
MÄTTYP: ROBUST

Stegljudsnivåer av föreslagen hammarapparat

HAMMARAPPARATPOSITION

FREKVENNS Hz	1															2					3					4					5					M V	
	MÄTNING															MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING						
	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5		MV
34	34	34	35	35	34	36	36	35	37	37	36	35	36	35	36	35	35	35	36	36	37	36	37	36	37	36	36	38	37	39	37	36	36	37	36	25	
50	49	46	48	48	48	51	46	49	48	49	49	49	45	48	46	49	48	49	45	48	46	49	48	49	45	48	46	49	44	48	49	44	48	48	1		
125	47	48	49	48	48	49	51	49	50	51	50	49	51	47	51	49	50	47	51	47	48	48	48	48	48	48	48	49	49	49	49	48	49	49	6		
250	38	38	41	39	39	43	41	42	42	43	42	41	40	43	41	42	41	45	43	43	45	44	44	44	44	43	43	46	43	47	45	47	45	42	18		
500	24	25	27	26	26	24	25	24	25	25	25	26	26	27	26	26	26	29	30	30	27	25	28	26	25	27	26	27	26	27	26	27	26	26	36		
1000	15	14	15	14	15	14	12	13	14	11	13	17	17	15	16	17	16	19	16	17	18	19	18	19	18	17	18	17	18	17	18	16	17	16	43		
2000																																					
4000																																					

BETONGBJÄLKLAG
MÄTYP: PATRIK

Stegljudsnivåer av föreslagen hammarapparat

HAMMARAPPARATPOSITION

FREKVENSNIVÅ Hz	MÄTNING															M														
	1					2					3						4					5								
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
63	49	44	48	46	51	49	49	47	49	47	51	49	49	51	49	49	50	45	49	49	51	49	49	50	45	49	46	51	48	49
125	53	56	53	55	54	54	54	55	54	56	56	55	54	55	54	53	55	52	56	55	54	53	54	54	56	55	55	55	55	54
250	57	61	58	62	56	59	57	60	58	60	58	59	60	61	62	57	60	61	62	57	60	61	58	61	60	60	60	57	59	60
500	61	63	61	61	63	62	63	63	63	64	66	64	61	62	60	60	64	60	59	60	60	60	61	61	63	64	62	61	64	62
1000	58	57	57	56	59	57	58	56	58	57	59	58	54	54	52	53	53	52	52	53	53	59	57	58	59	59	58	60	58	57
2000	44	44	43	44	46	44	45	46	46	46	45	46	40	41	39	39	40	40	40	40	40	45	44	44	45	44	44	44	44	
4000	19	18	20	20	18	19	22	21	22	22	22	22	22	24	22	23	22	23	23	22	23	23	22	22	22	22	22	22	22	

BETONBJÄLKLÄG
MATTP: SAF IR

AL
0

0

1

0

0

2

4

1

Stegljudsnivå av föreslagen hammarapparat

HAMMARAPPARATPOSITION

FREKVENNS Hz	dB(A)	MÄTNING															M V																													
		1					2					3						4					5																							
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5																			
63		67	64	67	63	66	65	66	67	63	68	66	68	65	67	64	67	66	61	64	67	64	69	65	68	66	67	64	68	67	66	67	64	68	67	66	67	64	68	67	66					
125		75	73	72	74	73	77	77	74	77	76	76	76	76	77	74	77	75	72	73	70	70	73	72	75	77	72	73	75	74	74	74	75	77	72	73	75	74	74	74	74					
250		71	74	75	72	71	73	75	72	76	76	73	74	74	75	77	76	74	73	71	72	73	72	72	75	72	74	73	73	73	73	72	74	73	73	73	73	73	73	73	73	73				
500		69	70	70	69	70	70	70	70	70	69	68	69	71	69	70	72	71	71	72	70	70	70	71	71	70	70	70	71	70	70	70	70	70	71	71	71	71	70	70	70	70				
1000		66	68	67	67	67	67	67	65	66	65	66	66	66	66	66	67	65	66	65	63	65	65	66	65	65	64	63	64	64	66	65	64	63	64	63	64	64	64	64	66	66				
2000		48	49	48	49	48	48	47	48	47	48	48	48	47	48	47	48	48	49	49	48	48	49	49	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48					
4000		33	33	33	32	33	33	30	29	30	29	30	30	32	31	34	32	32	32	32	32	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31					

TRÄBJÄLKLÅG
MÄTTYP: RÄBJÄLKLÅG

Stegljudsnivå av föreslagen hammarapparat

HAMMARAPPARATPOSITION

FREKVENNS Hz	1															2															3															4															5															M V	ΔL
	MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING					M	V																																								
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			MV	MV																																						
63	65	68	63	67	66	69	68	69	65	68	68	70	65	68	63	67	67	64	62	61	60	62	62	63	62	63	64	62	63	62	64	62	63	62	63	62	63	62	63	62	63	62	63	62	66	66																															
125	73	73	70	72	72	72	76	73	75	75	74	72	73	69	70	72	71	70	71	70	71	68	73	70	70	71	68	73	70	70	72	75	70	72	75	70	73	74	73	72	75	70	73	74	73	72	72																														
250	70	70	72	67	68	69	70	68	72	70	70	70	69	72	71	67	70	68	67	70	68	69	68	71	68	70	68	69	68	71	68	70	68	70	68	69	69	69	69	69																																					
500	59	57	58	58	60	58	58	59	59	59	59	61	58	61	63	62	61	62	63	59	60	61	61	62	60	60	60	61	61	62	60	60	62	61	61	62	61	61	60	60																																					
1000	45	46	46	45	46	46	42	44	44	43	44	42	44	43	45	46	45	44	43	44	43	44	44	44	44	44	43	44	44	44	44	44	44	44	44	45	44	44	44	44																																					
2000	21	21	22	21	21	21	18	19	20	19	19	19	19	18	19	18	19	21	20	21	21	21	21	19	19	19	21	21	21	19	19	19	19	19	19	20	20	19	20	20																																					
4000	16	14	16	15	16	15	17	16	17	15	16	13	14	13	12	13	13	16	16	17	16	17	16	14	14	13	13	13	13	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15																																					

TRÄBJÄLKLAG
MATTYP: ROBUST

Stegljudsnivåer av föreslagen hammarapparat

FREKVEN- S Hz	HAMMARAPPARATPOSITION																				M V										
	1					2					3					4						5									
	MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING						MÄTNING									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
dB(A)	67	66	66	65	66	68	67	69	68	67	68	69	69	69	69	68	67	68	68	69	68	69	66	68	67	68	68	68	68	68	68
63	67	65	67	63	65	69	68	63	68	68	67	69	64	67	64	66	68	64	66	63	69	66	69	65	66	64	68	66	66	66	66
125	72	74	71	73	73	73	76	74	76	77	75	74	75	72	71	73	73	72	73	70	71	74	72	74	74	72	74	72	74	74	73
250	71	71	74	70	70	71	74	73	77	74	73	75	74	74	74	75	71	70	74	72	74	72	76	72	73	73	74	73	74	74	73
500	69	66	67	67	67	67	68	66	67	68	66	67	69	69	69	70	69	69	69	70	68	69	65	66	67	69	67	66	67	68	68
1000	60	60	59	60	60	60	59	57	58	58	58	61	61	60	63	62	61	61	60	62	61	61	58	58	58	58	58	58	60	60	60
2000	38	39	39	38	38	38	35	36	35	36	35	40	39	40	41	39	40	41	40	40	40	40	34	34	34	34	34	34	34	38	10
4000	24	25	24	24	24	22	22	23	22	23	22	24	25	25	24	24	24	28	27	27	27	27	21	22	22	22	22	22	22	24	6

TRÄBJÄLKLÄG

MATTYP: NOVILON

Stegljudsnivåer av föreslagen hammarapparat

HAMMARAPPARATPOSITION

FREKVENNS Hz	1															2					3					4					5					M V	ΔL
	MÄTNING															MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING						
	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5		
39	40	40	40	39	40	43	40	42	43	45	43	41	41	37	38	40	40	41	43	36	37	42	40	42	43	37	38	43	41	41	41	41	41	41	41	29	
63	61	59	58	56	60	59	63	60	62	55	61	61	62	57	63	56	61	60	63	60	59	55	63	61	61	61	59	58	61	60	60	60	60	60	60	6	
125	55	56	57	60	55	57	59	54	56	60	60	58	58	51	52	57	57	54	58	60	50	53	58	57	59	61	51	55	59	58	57	57	57	57	17		
250	39	40	42	42	39	40	41	42	45	43	42	43	43	39	44	41	42	42	42	43	43	42	40	42	40	38	41	42	38	40	41	41	41	32			
500	32	32	29	31	29	30	28	26	28	27	29	28	28	31	27	29	28	29	30	28	27	30	29	29	29	28	28	27	28	27	28	29	29	29	41		
1000	15	15	16	15	15	15	15	13	14	15	15	14	15	13	13	13	14	14	19	19	18	19	19	19	17	16	17	16	17	17	16	16	16	50			
2000																																					
4000																																					

TRÄBJÄLKLÄG

MATTYP: BIRGER

Stegljudsnivåer av föreslagen hammarapparat

HAMMARAPPARATPOSITION

FREKVENSENS Hz	HAMMARAPPARATPOSITION															ΔL																			
	1					2					3						4					5													
	MÄTNING					MÄTNING					MÄTNING						MÄTNING					MÄTNING													
1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV
54	54	50	52	52	52	54	55	54	55	56	54	55	54	53	52	54	54	50	52	51	50	54	51	53	55	52	54	54	54	53	53	17			
63	60	63	57	63	61	67	65	65	61	66	65	66	63	65	59	64	63	66	61	64	59	67	63	67	62	64	61	67	64	63	3				
125	67	68	63	65	65	66	68	73	68	71	73	71	69	70	65	66	68	65	70	65	67	68	67	69	72	67	70	70	68	68	6				
250	59	58	60	57	55	58	59	58	64	60	58	60	62	60	64	60	59	56	54	58	57	56	56	61	57	60	59	59	59	59	14				
500	32	30	31	31	30	31	37	33	36	35	35	35	35	32	34	34	33	34	31	34	32	31	32	37	33	34	34	35	33	33	27				
1000	14	14	14	15	14	14	14	14	16	13	14	14	15	14	15	15	16	15	16	17	17	18	17	16	15	16	15	16	15	15	51				
2000																																			
4000																																			

TRÄBJÄLKLÄG
MÄTTYP: PATRIK

Stegljudsnivåer av föreslagen hammarapparat

HAMMARAPPARATPOSITION

FREKVENNS Hz	MÄTNING															M V	ΔL																
	1					2					3							4					5										
	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3			4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	1	2	3	4	5	MV	
63	66	63	65	62	67	65	69	67	67	65	69	67	67	62	68	63	67	65	67	63	65	61	68	65	69	65	67	67	66	67	66	68	0
125	75	74	73	74	72	74	76	77	75	77	76	76	75	77	72	71	74	74	71	71	68	69	71	70	73	75	71	73	73	73	74	74	0
250	70	72	75	70	72	72	74	73	76	75	74	74	76	75	74	76	75	72	74	72	71	72	72	72	76	71	72	72	72	73	73	73	0
500	69	69	70	69	69	69	68	69	66	67	68	69	70	68	69	69	69	69	69	68	68	67	69	68	70	68	68	68	68	68	68	68	2
1000	64	63	65	63	65	64	62	61	61	62	63	62	64	62	62	63	63	63	63	60	60	61	60	62	61	62	60	60	59	62	61	62	4
2000	43	43	42	43	43	43	40	39	40	39	40	40	40	40	39	40	40	40	39	40	41	40	41	40	40	39	38	41	40	40	41	7	
4000	27	26	26	25	26	26	22	21	21	22	22	22	24	25	24	23	23	24	26	27	27	26	27	27	23	25	24	23	25	24	25	6	

TRÄBJÄL KLAG

MATTP: SAFIR

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750760-5 från
Statens råd för byggnadsforskning till Avd. för byggnadsakustik,
CTH, Göteborg**

R25:1978

ISBN 91-540-2835-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

**Art.nr: 6600725
Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirka pris: 35 kr exkl moms