



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

R49:1976

Trafikbuller i stadsmiljö

**Fältnätningar och förslag
till beräkningsmetod**

Sven-Olof Benjegård

Sten Ljunggren

Byggforskningen

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Rapport R49:1976

Trafikbuller i stadsmiljö

Fältmätningar och förslag till beräkningsmetod

Sven-Olof Benjegård

Sten Ljunggren

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag C 867 från
Statens råd för byggnadsforskning till Ingemansson Ingen-
jörbyrå AB, Göteborg

Statens råd för byggnadsforskning

ISBN 91-540-2624-5

LiberTryck Stockholm 1976

FÖRORD

Föreliggande arbete har utförts vid Ingemanssons Ingenjörbyrå AB med ekonomiskt stöd från Statens råd för byggnadsforskning.

Ett varmt tack till de anställda vid Ingemanssons Ingenjörbyrå som varit engagerade i denna rapports tillkomst och då främst till ingenjörerna Rolf Cedås och Kent Olofsson för arbete i samband med mätningarna.

INNEHÅLL

1	Inledning	6
1.1	Bulleralstringsbestämmande parametrar . . .	6
1.11	Primära ljudkällor	7
1.111	Ekvivalent ljudkällehöjd	8
1.2	Trafikrytmbestämmande parametrar	8
2	Mätningar	10
2.1	Mätmetodik	10
2.11	Expositions mått	10
2.12	Instrument	11
2.121	Dosimeter	11
2.122	Ljudnivåmätare	13
2.13	Mättid	13
2.14	Mikrofonplacering	13
2.141	Placering i förhållande till fasader . . .	13
2.142	Mikrofonplacering i höjddled	15
2.15	Trafikförutsättningar vid mätning	16
2.2	Utförda mätningar	16
2.3	Mätresultat och diskussion	17
2.31	Ekvivalentnivån vid fritt flytande trafik .	18
2.311	Reflekterande ytor saknas	18
2.312	Ljudnivån i bebyggda gator och vid olika trafikfall	24
2.313	Ljudnivåns avtagande in på sidogator . . .	25
2.314	Ljudnivåns avtagande in i bebyggelse . . .	25
2.32	Inverkan av nivåpåverkande parametrar . . .	25
2.321	Avvecklade trafikmängd - kapacitetsgräns . .	26
2.322	Nivåhöjning på grund av korsning	26
2.323	Nivåhöjning på grund av övergångsställe . .	26
2.324	Nivåhöjning på grund av allmänna kommunikationsmedel	27
2.33	Sammanlagd inverkan av de nivå- påverkande parametrarna	29
3	Teoretisk modell för ljudfältet i ett gaturum	30
3.1	Ekvivalentnivån i trafikerad gata	30
3.2	Ekvivalentnivåns avtagande in på sidogator	31

4	Beräkningsmetod	33
4.1	Bestämning av ekvivalenta fordon	33
4.2	Trafikmängdberoendet	34
4.3	Beräkningsmodell kopplad till väg- trafikbullermodellen (alt 1)	34
4.31	Ekvivalentnivån i gatuplan	34
4.32	Nivåns variation i vertikalled	35
4.33	Korrektioner	36
4.331	Korsning mellan gator med stor trafik- mängd	36
4.332	Korsning med gata med liten trafikmängd	37
4.333	Övriga korsningar	37
4.334	Bussars och spårvagnars inverkan på ljudnivån	37
4.335	Andra bullerpåverkande parametrar	38
4.4	Beräkningsmetod enligt alt 2	38
4.41	Ekvivalentnivån i gatuplan	38
4.42	Nivåns variation i vertikalled	39
4.5	Ekvivalentnivåns avtagande in i sidogator	39
4.6	Ekvivalentnivåns avtagande in i bebyggelse	39
	Litteraturförteckning	40
	Figurer, tabeller	43
	Mätvärden	78
	Sammanfattning	88

1 INLEDNING

I denna rapport behandlas trafikbullerproblemet i tätortsmiljö. Detta problem skiljer sig beräkningsmässigt väsentligt från motsvarande för vägtrafik. I BFR-rapporterna "Bullerproblem vid trafikleder, R20:1970" och "A Design Guide for a Road Traffic Noise D10:1973" redovisas bl a en beräkningsmetod för trafikbullers alstring och utbredning kring trafikleder. Målsättningen med denna forskningsuppdrag har varit att modifiera och/eller komplettera vägtrafikbullerberäkningsmetoden så att den kan användas även för de förhållanden som är speciella för stadstrafikfallet.

1.1 Bulleralstringsbestämmande parametrar

De bulleralstrande parametrarna är i princip samma oavsett om vi studerar vägtrafik eller tätortsfallet. I det senare fallet påverkas dock de bulleralstrande parametrarna av funktioner som vi helt kan bortse ifrån i vägtrafikfallet.

De primära bullerkällorna i och kring ett fordon är:

- 1 motorbuller
- 2 avgasbuller
- 3 däcksbuller
- 4 turbulensbuller

Dessa bullerkällor är i sin tur beroende av hastighet och motorvarvtal (växelval).

För vägtrafikfallet gäller att trafikrytm i allmänhet är jämn och att fordonens medelhastighet i stort sett sammanfaller med skyltad hastighet (åtminstone upp till hastighets-

gränsen 90 km/tim). Skyltad hastighet är så hög att högsta växel normalt används. De hastighetspåverkande parametrarna är få - i första hand väglagsvariationer och förhållandet avvecklad trafikmängd/optimal trafikmängd.

I tätortstrafikfallet däremot gäller ofta att trafikrytm påverkas av hastighetsnedsättande parametrar, vilket ger upphov till att vid i övrigt lika gatugeometri och avvecklad trafikmängd två gator kan uppvisa helt olika bullerdata.

1.11 Primära ljudkällor

I denna forskningsuppgift ingår ej något ingående studium av bullerkällan - bilen. För bestämning av t ex ekvivalent ljudkällehöjd, se vidare nedan, måste man dock veta vilka bilens primära ljudkällor är.

Motorbuller

Av de olika ljudkomponenterna i det externa fordonsbullret överväger motorljudet vid låga hastigheter (< 50 km/tim).

Motorbullret exciteras i första hand vid förbränningen av bränslet men andra hithörande bullerkällor är fläktbuller och transmissionsbuller. Bullerkällorna är därför lågt placerade, åtminstone under 1 m höjd över vägbanan.

Avgasbuller

Normalt är avgasröret beläget lågt, men på tunga fordon är det ibland orienterat uppåt. Sett ur gatuplanssynpunkt kan en viss fördel uppnås med högt placerade avgasutsläpp på bussar och lastfordon. Samtidigt erhålls dock en viss för-

sämring i högre belägna plan och framför allt i områden bakom skärmar och vallar.

Däcksbuller

Vid en jämn hastighet om 50 km/tim är vanligen bullerbidragen från däck och motor av samma storleksordning, medan vid ojämn trafikrytm motorljuden dominerar. Liksom för motorljudet är här primärljudkällorna lågt placerade.

Turbulensbuller

Vid låga hastigheter är turbulensbullret vanligen av underordnad betydelse och för tätortstrafikfallet kan man för närvarande helt bortse från det.

1.111 Ekvivalent ljudkällehöjd

För noggranna beräkningar av bulleremissionen från en trafikerad gata är det nödvändigt att kunna ange en ekvivalent ljudkällehöjd för fordonen, d v s höjden över vägbanan hos en ekvivalent punktformig ljudkälla. Detta är i första hand viktigt för att bestämma effekten av skärmar.

Vid diskussionen ovan framgår att den ekvivalenta ljudkällehöjden torde ligga inom intervallet 0-1 m, och vi har därför valt att sätta den lika med 0,5 m.

1.2 Trafikrytmbestämmande parametrar

De i föregående stycken diskuterade bulleralstrande parametrarna är beroende av den trafikrytm som karakteriserar gatan. Trafikrytm är beroende av gatustandard, där med gatustandard avses sådana förhållanden som:

- A avvecklad trafikmängd/kapacitetsgräns
- B avstånd mellan korsningar och typ av korsning

- C närvaro av allmänna kommunikationsmedel (spårvagnar, tunnelbana, bussar)
- D andel övrig tung trafik och typ av tung trafik
- E gatubredd och gångbanebredd (gatugeometri)
- F typ av gata: affärsgata, genomfartsled, bostadsgata
- G lutningar och stigningar
- H gatubeläggning - väglag
- I belysningsstandard

Som framgår av ovanstående skiljer sig gatutrafikfallet väsentligt från vägtrafikfallet. Det är också helt klart att man inte enbart med teoretiska beräkningar kan ta fram olika korrektionsfaktorer för olika gatutyper. Det har därför fallit sig naturligt att låta mätningar utgöra en plattform för framtagande av beräkningsmodellerna.

2 MÄTNINGAR

2.1 Mätmetodik

2.1.1 Expositionsmått

För att beskriva ett bullers störande effekt kan man använda sig av olika mätstorheter. I detta arbete har genomgående den ekvivalenta ljudnivån L_{Aq} använts.

L_{Aq} kan definieras enligt

$$L_{Aq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_T 10^{L_A(t)/10} dt$$

där $L_A(t)$ är den momentana ljudnivån och T är det betraktade tidsintervallet.

$$\int_T 10^{L_A(t)/10} dt$$

uttrycker den bullerdos (energi) som mottas i punkten med momentana ljudnivån $L_A(t)$. Bullerdosen är ett approximativt uttryck för energin. Högre nivå, L_A , eller längre tid, T , ökar dosen (jämför funktionen hos en kilowattmätare).

Flera andra expositionsmått har föreslagits för trafikbuller. Som exempel kan nämnas NPL-måttet, där till ekvivalentnivån adderas en korrektionsterm som är beroende av amplitudfördelningen i bullret. 1%, 10%, 50%-värden anger hur lång tid en viss nivå överskrids. TNI-värdet är en konstruktion likartad NPL-värdet. Samtliga dessa senare störningsmått fordrar dock att en komplicerad mätapparat används för bestämningen av dem.

Beträffande TNI- och NPL-värdena bör också vissa anmärkningar anföras. Konstruktionerna är sådana att minskad

trafikmängd kan innebära att värdena stiger. Detta illustreras av figur 1 och tabellen nedan i vilken mätresultat från Västerås redovisas.

Mätdata

Mätplats: Mistelgatan, Västerås (närmaste trafikled
Bergslagsvägen)

	Antal fordon	% tunga fordon	L_{eq}	NPL	TNI
Dag	7.000	30%	64,5	77,3	76
Natt	900	25%	54,0	79,5	91

Även om TNI primärt är ett dygnsmått, visar exemplet att lägre trafikmängd (som vi ju har på natten) kan ge ett högre TNI-värde. Motivet för trafiksaneringar skulle ur bullerbegränsningssynpunkt vara helt grundlöst. De fall vi känner där sådana trafiksaneringar kommit till stånd har emellertid undantagslöst bedömts som positiva i bullerhänseende. Enkelheten i mätningen av L_{Aq} och den goda korrelationen mellan bullret angivet i L_{Aq} och upplevd störning som verifierats av sociologiska undersökningar motiverar för närvarande ingen övergång till andra hittills framtagna störningsmått.

2.12 Instrument

Amplitudfördelningen hos en signal bestäms normalt med hjälp av en fördelningsanalysator. Ur fördelningen kan även ekvivalentnivån bestämmas och denna metod var till för några år sedan den mest använda.

2.121 Dosimeter

På senare år har framtagits instrument som gör bestämning av bullerdos och ekvivalentnivå mycket enkel /2/, /5/, /6/.

Vid tiden för de i anslutning till detta arbete utförda mätningarna fanns emellertid dessa enkla mätutrustningar ej kommersiellt tillgängliga. Den i ref. 2 beskrivna dosimetern modifierades därför så att den kom att mäta sann ekvivalentnivå. (Ekvivalensparametern, som anger en viktning av tid och amplitud är i detta fall = 3).

Stora krav har måst ställas på dosimeterns elektroniska funktion då målsättningen varit att kunna mäta så små differenser i ekvivalentnivå som 0,5 dB. Utvecklingen av instrument har skett i samarbete med Telefrang AB i Göteborg. I fig. 2 visas ett foto av en av de använda dosimetrarna och nedan några data för dosimetrarna.

Frekvensområde: bestäms av ansluten bullermätare

Dynamikområde: 40 dB eller 60 dB inkl. toppfaktor
beroende på dosimetertyp.

Noggrannhet: $\pm 0,5$ dB.

Vid de jämförande mätningarna har dosimetrarna, för att minska totala felet, samkalibrerats. Detta har tillgått så att samtliga mikrofoner till dosimetrarna placerats intill varandra, fig. 3, och dosen med trafikbuller som ljudkälla har registrerats. Individuella korrektioner för de olika dosimetrarna har därefter beräknats i förhållande till medelvärdet av de olika avläsningarna.

Vid mätningar kan det förekomma att ovidkommande störningar påverkar mätresultatet. Att så inte sker är speciellt viktigt då mätresultat mellan synkrona mätningar i

flera mätpunkter skall utföras. För att undvika att sådana störningar registreras har dosimetrarna försetts med ett "stand-by-läge" som avbryter integreringen. När den ovidkommande signalen upphört fortsättes mätningen på normalt sätt.

2.122 Ljudnivåmätare

Som mikrofon, förstärkare och A-filter har här använts ljudnivåmätare av fabrikat Brüel & Kjaer, typ 2205, 2206.

2.13 Mättid

Vid samtliga mätningar har mättiden varit 15 min eller längre. Som regel har, för att få ett representativt urval fordon, minst 50 fordonspassager ägt rum under mättillfället.

2.14 Mikrofonplacering

2.141 Placering i förhållande till fasader

Ljudfältet i närheten av en reflekterande yta skiljer sig från det i fritt fält. I /13/ och /14/ redogöres för de teoretiska förhållandena. Sammanfattningsvis kan sägas att infallande och reflekterad ljudvåg samverkar så att en förstärkning eller hel eller delvis utsläckning erhålles. Total utsläckning kan endast ske i det fall vi betraktar rena toner. Vid buller sammansatt av flera frekvenskomponenter, d v s bredbandigt buller som t ex trafikbuller blir totala effekten normalt en förstärkning. Vid den hårda ytan erhålles oberoende av frekvensinnehåll i bullret en tryckdubbling vilket innebär 6 dB högre nivå.

I figur 4a,b visas ljudtryckets variation vid och i närheten av en totalreflekterande yta, under förutsättning av normalt trafikbullerspektrum och infallsvinkelområdet (-90° - $+90^{\circ}$).

Det framgår av figur att redan på avståndet 1/2 m framför ytan är ljudnivåökningen nere i 3 dB(A) för trafikbuller. Om ljudkällan är belägen på långt avstånd från den reflekterande ytan och denna är stor gäller 3 dB-ökningen även på relativt långt avstånd från ytan.

För att verifiera de teoretiska härledningarna har en mätserie utförts med mikrofonplaceringarna på olika avstånd från reflekterande yta. Avstånd ljudkälla - reflekterande yta: > 50 m.

Resultatet framgår av figur 4c.

I publicerade redovisningar visas ibland resultat från mätningar utförda i öppna fönster. Vilka korrekationer som skall införas för att erhålla jämförbara resultat med mätningar i fritt fält eller på väldefinierat avstånd från hård yta är oklart. Korrektionerna är dels beroende på fönsterarea och dels på de akustiska egenskaperna hos rummet innanför fönstret. För att få en uppfattning om storleksordningen av korrekktionstermerna har jämförande mätningar utförts mellan de två fallen "öppet fönster" och "0,5 m framför hård yta".

För mätobjekten har gällt följande förutsättningar:

Öppen fönsterarea $\approx 1,5 \text{ m}^2$

Innanförliggande rum $\approx 25 \text{ m}^3$, normalt möblerat

Resultat ΔL_{Aq} nivå i fönster - nivå 0,5 m framför fasad
= - 0,5 dB(A)

I ett nyligen utkommet ISO-förslag skall trafikbullermätningar ske så att mikrofonen placeras enligt ett av alternativen

- 1) i liv med fasad
- 2) 2 m framför fasad

Det förra fallet ger ofta mycket hög reproducerbarhet men innebär å andra sidan ett tidsödande monteringsarrangemang, speciellt om flera mikrofoner skall vara utplacerade samtidigt.

Avståndet 2 m framför fasad är för bullermätningar i gatumiljö ofta så stort att mikrofonplaceringen kommer att bli ett hinder för trafiken. Dessutom erhålles en nivåhöjning på grund av det kortare avståndet ljudkälla - mikrofon, för vilken det vid de utförda mätningarna skulle varit svår att göra en riktig korrektion.

Ovanstående problem inkl. resultat redovisat i figurerna 4a-c har motiverat val av mikrofonplacering till 0,5 m framför fasad där så varit möjligt (om frekvensspektrum skall studeras bör mikrofonen placeras i liv med fasad).

2.142 Mikrofonplacering i höjddled

För att studera ljudutbredningen i vertikalled längs husfasader i gator har mikrofoner placerats på en teleskopmast. I figur 5 visas ett arrangemang med 4 st bullermätare monterade på masten. Med hjälp av masten har på ett enkelt och snabbt sätt synkrona registreringar kunnat utföras i punkter på olika höjd.

Masten är en antennmast av fackverkstyp av fabrikat Freccarro och typ beteckningen TZ 18.
Totalhöjd i max upphissat läge: 18 m
Vikt: 39 kg inkl. trebensfot.

Vid mätningar i markplanet har mikrofonhöjden genomgående varit 1,5 m.

2.15 Trafikförutsättningar vid mätning

I flertalet fall har mätningar skett under sådana tidpunkter att fritt flytande trafik varit rådande, d v s de oregelbundenheter som erhållits i trafikrytm har ej berott på höga trafiktätheter utan mer på andra trafikrytmbestämmande parametrar.

2.2 Utförda mätningar

Mätprogrammet omfattade förutom de kalibreringar som omnämnts under avsnittet "mätmetodik" följande deluppgifter.

- A Mätningar i markplan invid gator för vilka gäller olika förutsättningar beträffande trafikförhållandena (d v s varierande parametrar angående gatustandard. Se avsnitt "trafikrytmbestämmande parametrar).
- B Mätningar invid gator med fasader på en eller två sidor. Synkrona mätningar i punkter belägna vertikalt ovanför varandra.
- C Mätningar för bestämning av ljudnivåns avtagande in i sidogator.
- D Mätningar för bestämning av ljudnivåns avtagande in i olika typer av bebyggelse.
- E Mätning av bulleremission, L_{Aq} , från enstaka fordonspassager.
Förutsättningar: Fritt fält, hårt underlag mellan fordon och mätpunkt. Växelval och hastighet har varierats.
- F Mätning av bussars bulleremission i gatumiljö - olika driftsförhållanden.

G Mätning av bulleremission från spårbunden trafik.

Vid några mätfall har förutom ekvivalentnivåbestämning även bandinspelning skett. Underlag har därvid erhållits för bestämning av trafikbullrets frekvensspektrum i olika gatumiljöer.

Utöver dessa mätningar har följande ljudnivåbestämmande parametrar bestämts.

- a Avvecklad trafikmängd vid mättillfället.
- b Uppskattning av hastigheter på gatan. Detta har skett genom att i egen bil följa den trafikrytm som varit representativ på gatan i den trafiksituation som karakteriserat mättillfället.
- c Uppmätning av gatugeometri och andra intressanta data (även fotografering har ibland skett för att närmare beskriva gatumiljön).

2.3 Mätresultat och diskussion

I bilaga 1 redovisas mätresultaten från mätningarna i gatumiljö. I tabellen anges också intressanta bullerpåverkande data. Uppmätt bullernivå är dessutom omräknad till trafikfallet 1000 fordonsenhetpassager per timme. För vissa gator är en sådan avvecklad trafikmängd ej möjlig att uppnå eller sådan trafikrytm uppstår att den ej kan jämföras med fritt flytande trafik. För den vidare behandlingen av materialet kommer detta "bullervärde" till användning.

Korrektionen till 1000 fordonsenhetspassager har skett enligt

$$L_{Aq(1000)} = L_{Aq(N)} + 10 \log \frac{1000}{N} \text{ dB(A)}$$

där N betecknar det uppmätta antalet ekvivalenta fordonspassager. Begreppet ekvivalenta fordon definieras nedan.

De erhållna mätresultaten visar att det är svårt att få entydiga svar på hur vissa parametrar påverkar bullret i en gata. Det är främst de trafikrytmpåverkande parametrarna som ej alltid ger upphov till likartade konsekvenser för bullret i gatan. Ljudutbredningsfenomen såväl in i bebyggelse som i gatan och utefter husfasader är däremot lättare att få grepp om.

I det följande skall diskuteras hur de olika ljudalstrings- och ljudutbredningsbestämmande faktorerna påverkar bullernivån.

2.31 Ekvivalentnivån vid fritt flytande trafik

2.311 Reflekterande ytor saknas

Rubricerade fall kan beräknas enligt vägtrafikbullerberäkningsmetoden. Om marken mellan trafikled och observationspunkt är hård eller andra förutsättningar gäller som innebär att marken inte ger upphov till någon tillskottsdämpning gäller följande förutsättningar

1)	Trafikmängd	1000 FE/tim	} $L_{Aq} = 70 \text{ dB(A)}$
2)	Avstånd (ekvivalent)	10 m	
3)	Hastighet (skyltad)	50 km/tim	

Ekvivalenta ljudnivån som funktion av avstånd, avvecklad trafikmängd och hastighet framgår av figurerna 6, 7 och 8.

Figurerna visar:

att ekvivalentnivån ökar med 3 dB per dubbling av avvecklade fordonsmängd

att ekvivalentnivån avtar med 3 dB per avståndsdubbling

att ekvivalentnivån stiger med 9 dB per skyltad hastighetsdubbling (inom hastighetsområdet 50-100 km/tim)

Ovanstående resultat och påståenden fordrar ytterligare diskussion.

Ekvivalentnivå - fordonsmängd

Sambandet enligt figur 6 gäller endast under förutsättning att fritt flytande trafik är för handen. Den gäller i allmänhet ej heller vid låga fordonsmängder då den låga trafikmängden inbjuder till höga hastigheter. I det senare fallet kan förväntas en högre nivå än vad som anges av kurvan. Vad som händer vid höga trafikmängder, d v s trafikmängder som ger upphov till störningar i trafikrytmen är inte helt entydigt. I figurerna 9, 10 och 11 visas timekvivalentnivåns variation under ett mättygn på tre olika mätplatser. Sambandet ljudnivå - trafikmängd vid små och stora trafikmängder blir osäkert, vilket illustreras väl av figurerna. Problemet kommer att diskuteras vidare under mätresultat rörande trafikrytmbestämmande parametrar.

Det bör noteras att i diagrammen anges fordonsmängden i antal ekvivalenta fordon, FE. I vägtrafikbullersammanhang har det visat sig praktiskt att vid bullerberäkningar göra en viktning av de olika fordonstyperna så att en trafik-

situation med en blandad trafikmängd kan karakteriseras av ett enda talvärde. Därför har begreppet ekvivalenta fordon införts enligt

1 personbil = 1 ekvivalent fordon

1 tungt fordon = k ekvivalenta fordon

där k ges olika värden beroende på hastighet.

Mätningar visar att variationerna i k vanligen ligger mellan 1 och 20 beroende av hastighet och fordons- typ. Om man ser till medelhastigheten finns det ringa anledning att låta k anta olika värden för olika hastigheter. Med hänsyn till att vid de högre hastighetsgränserna skyltad hastighet och medelhastighet väl överensstämmer för lätta fordon medan medelhastigheten för tunga fordon vanligen underskrider skyltad hastighet finns det däremot motiv för att ge k olika värden vid olika hastigheter.

Följande värden på faktorn k har tidigare tillämpats för vägtrafikbuller.

Hastighetsgräns	k
50 km/tim	10
> 70 km/tim	3

Hur blir då förhållandet i tätortsmiljö?

Bullret från personbilar blir allt lägre ju lägre hastigheten blir, medan däremot det tunga fordonet avger relativt mycket buller även vid tomgång. Detta ger upphov till antagandet att man kan få ännu större skillnader i bulleremission mellan lätta och tunga fordon än vad som anges av k = 10. Förhållandet varierar dock från gata till

gata. Gator av genomfartskaraktär har en helt annan typ tung trafik än bostadsgatan eller affärsgatan. Man kan därför motivera olika k-faktorer för olika gatutyper. Då vi tror att det skulle komplicera beräkningarna att införa allt för många k-värden har vi valt att oberoende av gatutyp och typ tunga fordon ge k värdet 10 i normala gatutrafikfallet och $k = 20$ för gator med stor andel tunga fordon typ långtradare. Se figur 12.

Ekvivalentnivå - hastighet

Flertalet publicerade undersökningar redovisar bullernivån uttryckt i max- eller %-värde som funktion av hastigheten. Om markdämpningen kan försummas blir ändringen i ekvivalentnivå $10 \log \frac{v_1}{v_2}$ mindre än för maxnivån (v_1 och v_2 anger de aktuella hastigheterna). En hastighetsdubbling skulle således ge 3 dB lägre höjning av ekvivalentnivån än av maxnivån. Detta hör naturligtvis samman med att passagetiden halveras vid dubbling av hastigheten. Den ovan angivna påverkan av hastigheten förutsätter att ljudkällan - fordonet - har en oförändrad direktivitet i horisontalplanet.

Tidigare undersökningar, ex. R20:1970, visar att man i regel kan räkna med 9 dB ökning av ekvivalentnivån vid dubbling av skyltad hastighet. Det bör därvid observeras att olika k-faktorer - enligt tidigare stycke - används för olika hastighetsgränser. T ex för det fall samtliga fordon är personbilar är siffran 9 dB relevant medan för fallet enbart tunga fordon blir motsvarande siffra ≈ 5 dB vid hastighetsdubbling.

Vid hastigheter lägre än 50 km/tim kommer normalt samtliga växlar till användning och därmed erhålles ej något linjärt samband mellan ljudnivå och hastighet. Inom tät-

orter, där skyltad hastighet vanligen är 50 km/tim, kan medelhastigheten variera kraftigt kring det nominella värdet. Variationer mellan 20 och 70 km/tim har uppmätts på olika gator vid fritt flytande trafik. För att i någon mån få en uppfattning om ekvivalentnivåns beroende av hastighet och växlarval har en mindre mätserie genomförts. Mätningen har tillgått så att ekvivalentnivån vid enstaka fordonspassager har bestämts. Under den tid fordonen har passerat en 250 m lång provsträcka har bullerdosen under passagen registrerats. Mätningarna har utförts på en stor asfalterad parkeringsplats som ej utnyttjats för parkeringsändamål vid mättillfällena. Andra bullerstörningar har varit av underordnad betydelse.

I övrigt har följande förutsättningar gällt för mätningen:

Antal provfordon 9 st

Hastighet	Växlarval
20 km/tim	2
30 "	2
40 "	2 och 3
50 "	3 och 4

Mätavstånd 7,5 och 22,5 m från provsträckan.

Resultatet av mätningarna sammanfattas i figur 13 och 14 och delredovisas även nedan.

Hastighet	Växlarval	Avstånd	Timekv.nivå per passage	Std.avv.
30 km/tim	2	7,5 m	37 dB(A)	2,4 dB
40 "	2	7,5 "	39 "	2,2 "
40 "	3	7,5 "	37 "	1,7 "
50 "	3	7,5 "	39 "	1,8 "
50 "	4	7,5 "	37,5 "	1,7 "

Vid avståndet 22,5 m är uppmätta nivåer $\sim 4,5$ dB lägre vilket väl stämmer med avståndsdämpningen $10 \cdot \log x_1/x_2$, som vid 3-dubbling av avståndet och utbredning över hård mark är 4,7 dB. Att passagera begränsats till vinkelområdena $\pm 80^\circ$ resp. $\pm 85^\circ$ vid de två avstånden påverkar resultaten med endast några 10-dels dB.

Följande slutsatser kan dras ur mätresultatet angående sambandet hastighet - ekvivalentnivå:

att det är omöjligt att ange något enkelt samband nivå - hastighet vid hastigheter lägre än 50 km/tim

att såväl högre som lägre nivå kan erhållas än den som erhålles vid 50 km/tim

att uppmätt avståndsdämpning över hård mark stämmer väl med den teoretiska.

Enligt figur 6, 7 och 8 är ekvivalentnivån 70 dB(A) vid ekvivalenta avståndet 10 m, skyltad hastighet 50 km/tim och avvecklad trafikmängd = 1000 FE/timme. Provfordonen ger på avst. 10 m ett medelvärde som underskrider 70 dB(A) med 2-4 dB. Det bör emellertid observeras att det material som ligger till grund för kurvan i figur 7 är hämtat från ett stort antal mätningar, vilket dels innebär ett betydligt större urval fordon än vad som representeras av de 9 provfordonen och dels av att såväl högre som lägre medelhastigheter än den skyltade hastigheten 50 km/tim förekommit.

Till sist skall också anmärkas att kurvan i figur 7 ligger 2 dB över medelvärdet av erhållna mätresultat. Detta är i analogi med vad som tidigare föreslagits /16/ och medför att i ungefär 70% av fallen blir uppträdande nivån lägre än beräknad.

Ekvivalentnivå - avstånd

Ekvivalentnivån ändras med 3 dB per dubbling eller halvering av avståndet vid utbredning över hård mark. En förutsättning härför är att avståndet uttrycks som ekvivalent avstånd /10/ där med ekvivalent avstånd avses avståndet till den fiktiva linjeljudkälla som skulle ge samma bullerstörning som fordonsströmmen. Ekvivalenta avståndet är alltid mindre än avståndet gatumitt - observationspunkt. Beräkningen av ekvivalenta avståndet studeras under kapitel "Förslag till beräkningsmetodik".

2.312 Ljudnivån i bebyggda gator och vid olika trafikfall

Då trafikleden omges av reflekterande fasader erhålls ett av direktljud och reflekterat ljud sammansatt ljudfält. I praktiken påverkas även bulleremissionen av varierande gatugeometri på grund av olika framkomstmöjligheter. I det följande diskuteras de olika nivåpåverkande parametrarna.

Fasader

Inverkan av enkelsidig bebyggelse har redan diskuterats i samband med mättekniken, se punkt 2.141 och figur 4a-c. I praktiken kan man alltså räkna med en ökning om 3 dB jämfört med "reflexionsfria" fallet.

En ytterligare nivåhöjning erhålls naturligtvis vid dubbelsidig bebyggelse. Av praktiska skäl har det varit omöjligt att få något större underlag för bedömningen av den dubbelsidiga bebyggelsens inverkan, eftersom bulleremissionen normalt ändras då en trafikled övergår från typen väg till gata. Fallet diskuteras därför närmare teoretiskt medan där även en stickprovsmätning redovisas. Denna mätning antyder en förhöjning om ca 2 dB i markplanet jämfört med fallet vid den enkelsidiga bebyggelsen.

Exempel på uppmätta ljudnivåvariationer i höjdded ges i figur 15. Denna punkt diskuteras närmare i samband med den teoretiska modellen.

2.313 Ljudnivåns avtagande in på sidogator

I figur 16 ges exempel på uppmätta nivåvariationer in på sidogator. Mätvärdena kommenteras vidare tillsammans med den teoretiska modellen.

2.314 Ljudnivåns avtagande in i bebyggelse

Det är normalt mycket svårt att i den täta stadsbebyggelsen beräkna nivåns minskning in i bebyggelsen. Svårigheten beror dels på att i väl skärmade områden erhålles bullerbidrag från större delen av kringliggande trafikleder. Detta åskådliggöres också av att bakgrundsnivån i stadsbebyggelsen vanligen uppgår till 50-55 dB(A) under dagtid även då observationspunkten ej har någon fri sikt till några trafikleder. Detta illustreras t ex av de mätningar som utfördes åt Folkhälsan 1967 och som redovisas i rapport 36/68 /26/ från Byggeforskningen.

I vissa renodlade fall kan man använda den vanliga skärmberäkningsmodellen med hänsyn tagen till de inskränkningar i dämpning som öppningar i bebyggelsen ger. Det kan för de mer komplicerade fallen vara väl så bra att göra en jämförelse med resultat erhållna i likartade fall. I figur 17a-c visas exempel på uppmätta dämpvärden för några speciella bebyggelsefall.

2.32 Inverkan av nivåpåverkande parametrar

Trafikrytm och hastighet bestämmer ljudnivån i gatan. I avsnittet "Trafikrytmbestämmande parametrar" ges exempel på orsaker som direkt eller indirekt påverkar bullernivån. Hur bullernivån påverkas av dessa parametrar har vi genom mät-

ningar sökt utröna. I nedanstående diskuteras parameter - mätresultat.

2.321 Avvecklad trafikmängd - kapacitetsgräns

I figur 9-11 visas exempel på timekvivalentnivå som funktion av fordonsmängd (i FE). Mätningarna är utförda under ett dygn. Man ser att vid höga trafikmängder är sambandet ljudnivå - trafikmängd ej entydigt. Detta beror sannolikt på att gatans kapacitetsgräns har uppnåtts. Kapacitetsgränsen bestäms förutom av den egna gatan av korsande gator, signalregleringar etc. Eftersom man ej generellt kan säga att nivån höjs eller sänks relativt vad den aktuella trafikmängden skulle ge i "fritt flytande trafikfallet" finns det ingen anledning att införa någon korrektion på grund av att avvecklad trafikmängd och kapacitetsgräns i det närmaste sammanfaller. Däremot bör man vara försiktig med att tolka mätresultat som erhållits under hög- eller lågtrafikförhållanden.

2.322 Nivåhöjning på grund av korsning

Korsningens påverkan av bullernivån är beroende av:

- 1 Gatutyp (genomfart - lokalgata)
- 2 Korsningstyp (signalreglerad, lämna företräde, stoppreglerad etc)
- 3 Trafikmängd på de båda gatorna
- 4 Andel och typ tung trafik
- 5 Skyltad hastighet
- 6 Tidpunkt på dygnet

I figur 18, 19 visas mätresultat av vilka framgår att korsningens inverkan på ljudnivån ej kan uttryckas generellt.

Sammanfattningsvis kan sägas:

att den större trafikmängden i korsningen normalt höjer bullernivån in i de korsande gatorna

att stor andel tung trafik ger upphov till högre bullernivå vid korsningar som är av den typ som ger upphov till inbromsning och acceleration

att trafikrytmen på gator och i korsningar är tidsberoende. En hårdare trafikrytm förekommer normalt på tider som överensstämmer med arbetstiders början eller slut (under förutsättning att trafikmängden ej är så hög att stockning uppstår)

att i de fall korsningen ger upphov till nivåhöjning är den mer märkbar vid skyltad hastighet 50 km/tim än i fallet 70 km/tim. I båda fallen jämförs med fallet korsningsfri trafikled med resp. skyltad hastighet

att i de fall nivåhöjning erhålles denna kan försummas på avstånd > 100 m från korsningen (vid stor andel tung trafik blir eventuellt avståndet större).

2.323 Nivåhöjning på grund av övergångsställe

Övergångsställen ger en viss rubbning i trafikrytmen och kan därför antas påverka bulleralstringen. Punkterna 1-6 enligt ovan (med undantag av vissa karakteristika som är speciella för en korsning) gäller i princip även i detta fall. I innerstadsfallet med stor täthet mellan övergångsställen ger övergångsställena upphov till ett lugnare tempo. På genomfartsleder med få övergångsställen, men signalreglerade, kan en förhöjd nivå erhållas. Normalt används dock dessa övergångsställen så sällan att bidraget i ekvivalentnivån taget över en längre tid kan försummas.

2.324 Nivåhöjning på grund av allmänna kommunikationsmedel

Allmänna kommunikationsmedel på en trafikled påverkar såväl direkt som indirekt ljudnivån. Den indirekta påverkan beror på att framkomligheten minskar, vilket ger lägre medelhastig-

het och därmed ökande passagetid. Normalt betyder det dock att nivån sjunker något.

Totala ljudnivån påverkas direkt genom den bulleremission som de allmänna kommunikationsmedlen ger. Då de ofta i bullerhänseende ej är jämförbara med övrig fordonstrafik har några mindre mätserier utförts för att erhålla bulleremissionsdata från dem.

Bussar

I en utredning för kollektivtrafikutredningen KOLT /3/ gjordes en serie mätningar i Uppsala för att kartlägga ändringar i bullersituationen i ett antal gator då viss ändring av kollektivtrafikens framkomstmöjligheter infördes. Bl a infördes rena bussgator. I samband med ändringarna togs också delvis ett annat bussbestånd i bruk. De mätningar som utfördes inom denna utredning sammantaget med andra mätningar i Karlstad och Göteborg och Stockholm har legat till grund för en klassning av olika busstyper i bullerhänseende under olika driftsförhållanden. Resultaten visar bl a att på de bussar Scania tagit fram under de senaste åren (gäller CRM 111) har införts en hel del bullerreducerande åtgärder, vilket i varje fall för nya bussar innebär att de i de driftsfall som normalt förekommer i tätortsmiljö, ger ungefär samma bulleremission som en personbil (mätt i bullerdos). Det visade sig också att bussar av denna typ som varit i bruk några månader, avger ett högre buller. Enligt uppgift från personal vid ett bussgarage berodde det på att man vill öka bl a accelerationsförmågan och därför gjordes vissa trimningar som även innebar ökad ljudalstring. Även med denna trimning är dock bulleremissionen betydligt lägre än den från andra busstyper. De flesta övriga busstyper gav dock ~ 10 ggr högre bulleremission än en personbil.

Spårbunden trafik

Det kan ibland vara nödvändigt att för beräkning av den totala bullernivån även ta hänsyn till den spårbundna trafiken. Spårvagnar framförs ofta i gatorna medan tunnelbanetåg och övriga tåg normalt framförs på egen banvall. I en tidigare artikel i Byggmästaren /15/ redovisade vi en metod för beräkning av tågbuller. För denna utredning har mätningar utförts i gaturum och spårvagnarnas bulleremission har mätts vid några olika driftsfall. För den spårbundna trafiken (eldrivna) gäller att stor skillnad råder mellan tomgångsvärden och driftsvärden. Man får således ej någon speciell nivåförhöjning vid hållplatser, trafikljus etc.

2.33 Sammanlagrad inverkan av nivåpåverkande parametrarna

Den sammanlagrade effekten av de många olika nivåpåverkande parametrarna har visat sig kunna beskrivas oväntat enkelt. I figur 20b redovisas nivåerna vid konstant trafikmängd för 3 typer av gatumuljörer. Som synes är spridningen liten för varje typfall vilket berättigar till en sådan kategoriindelning. Numreringen av mätpunkterna i figurerna hänför sig till motsvarande i bilagan där samtliga mätvärden redovisas.

Speciellt för beräkning av fasadernas ljudisolering är trafikbullrets spektralfördelning av avgörande betydelse. I figur 21 redovisas medelvärden av spektra från olika karakteristiska trafik- och utbredningssituationer.

3 TEORETISK MODELL FÖR LJUDFÄLTET I ETT GATURUM

3.1 Ekvivalentnivån i trafikerad gata

Lindqvist /13/ har noggrant studerat ljudfält i gaturum och med hjälp av dator utvärderat lösningen för några idealiserade fall. Metoden grundar sig på akustisk spegling av ljudkällorna och genom att ta hänsyn till ett stort antal reflexer kan en totalnivå beräknas som är sammansatt av direktljud och reflekterat ljud. Metoden förutsätter därför tillgång till numeriskt värde på reflexionsfaktorn hos fasaderna. Metoden är elegant men är knappast lämplig att ingå i en beräkningsmetod. Den stora noggrannhet med vilken beräkningen kan ske svarar ej mot den noggrannhet som finns i ingående parametrar. Metoden har i denna uppgift använts för att testa en förenklad beräkningsmodell. Lindqvists datormetod kompletterad med ett antal bullermätningar i gatumiljö visar att man normalt kan räkna med att fasadernas reflexionsfaktor är $\sim 0,7$.

Det är dock mycket opraktiskt att behöva räkna med flera reflexer och därför har en hypotes testats som innebär att man förutsätter $\rho = 1$ och endast tar med primärreflexerna (vid ensidig bebyggelse - en reflex, vid tvåsidig - tre reflexer). Problemet kan därvid överföras i att beräkna den totalnivå som de fyra (två) ljudkällorna - primärljudkällan jämte dess tre (en) spegelkällor - ger. Man måste förutsätta att ljudkällan avger buller av brusartad karaktär och att beräkningspunkten (mätpunkten) är belägen så långt från den reflekterande ytan att det interferensfenomen som föreligger mellan direkt - och reflekterat ljud kan försummas.

Om vi betraktar den A-vägda ljudtrycksnivån och avståndet 0,5 m från fasad kan vi som tidigare visats, anse dessa förutsättningar vara uppfyllda. Det innebär att för avståndet $> 0,5$ m från fasaden ger reflexer ett bidrag till nivån som höjer denna med ~ 3 dB.

Ovanstående gäller för såväl markplan som högre upp belägna plan. Man måste dock tänka på att vid beräkningar som avser andra plan än gatuplanet skall som avstånd ej användas det horisontella avståndet utan det sneda avståndet från ljudkällan till beräkningspunkten.

I figur 15 visas tre olika gatugeometrier för vilken ljudnivåns variation utefter fasaderna bestämts. Värdena grundar sig på tre alternativa metoder, nämligen:

- 1) Lindqvists beräkningsmetod, $\rho = 0,7$, antal reflexer = 20
- 2) Spegelmetoden $\rho = 1$, 3 reflexer
- 3) Uppmätning av ekvivalentnivån

Skillnaderna mellan metoderna ligger inom 0,5 dB.

Lindqvist har även studerat gatuhörn och angett teorier för beräkning av bullerutbredningen där. Trafiksituationen i en gatukorsning är dock så odefinierad och varierar kraftigt mellan olika korsningar att de primära ingångsdata är mycket osäkra.

3.2 Ekvivalentnivåns avtagande in på sidogator

Lindqvist har vidare studerat hur ljudutbredningen in i sidogator kan beskrivas teoretiskt med hjälp av reflektionsmodellen. De parametrar som bestämmer nivåns avtagande är i första hand avståndet mellan fasaderna samt till primärgatan. Vid fallet enkelsidig bebyggelse kan man till den normala avståndsdämpningen om 3 dB per avståndsdubbling lägga ett konstant värde om 3 dB. Den ensidiga bebyggelsen ger ju praktiskt taget 50% skärmning, vilket innebär 3 dB bullerreducering.

Vid tvåsidig bebyggelse kan man beräkna ljudutbredningen in i sidogatan genom att kombinera skärmbärkningsmodellen och totalreflexionsmodellen. Metoden leder dock till så omfattande beräkningar att den med hänsyn till de små variationer som erhålles i resultatet ej kan motiveras. Mätningar visar nämligen att man normalt kan räkna med en avståndsdämpning in i gatan som uppgår till 5-7 dB per avståndsdubbling. Vilket dämpvärde som erhålles är beroende av sidogatans bredd.

4 BERÄKNINGSMETOD

Beräkningsmodellen redovisas i tre delar:

- 1 En beräkningsmodell som är kopplad till vägtrafikbullerberäkningsmodellen och där förutom trafikmängd även gatugeometri och andra bullerpåverkande parametrar ingår.
- 2 Förenklad modell för beräkning av bulleralstringen i en gata. Ingående data är endast trafikmängd och en klassificering av gatan. För plan högre än gatuplan används intepolering mellan ett fåtal beräknade fall.
- 3 I denna del redovisas hur bullret avtar in i sidogator och in i bebyggelse.

För att täcka in sådana specialfall som bussgator, spår-bunden trafiks inverkan på bullernivån ges även en kort sammanfattning av hur dessa bullerkällors bidrag kan beräknas.

Ljudnivåns beroende av trafikmängd och andel tunga fordon beräknas på samma sätt i de båda beräkningsmetoderna och behandlas i följande gemensamma avsnitt.

4.1 Bestämning av ekvivalenta fordon

I båda beräkningsmodellerna används begreppet ekvivalenta fordon, EF, där EF definieras

$$\Sigma EF = \Sigma \text{ personbilar} + k \cdot \Sigma \text{ tunga fordon}$$

På grund av att fördelningen olika fordonstyper emellan varierar mer olika gator emellan än vad den gör olika vägar

emellan, finns det motiv för att ge k olika värden beroende om gatan kan betraktas som en "normalgata" eller en gata med hög andel långtradare

k ges därför 2 värden beroende på trafiktyp

k = 10 (normalfallet i tätortsmiljö)

k = 20 (fallet hög andel långtradare)

4.2 Trafikmängdsberoendet

I fallet fritt flytande trafik gäller att bullernivån ökar med 3 dB per dubbling av trafikmängden. I figur 22 ges i ett diagram korrektioner att adderas till den bullernivå som skulle erhållits vid en avvecklad trafikmängd av 1000 EF/timme. Diagrammet används för båda beräkningsmetoderna.

4.3 Beräkningsmodell kopplad till vägtrafikbullermodellen (alt. 1)

4.3.1 Ekvivalentnivån i gatuplan

I vägtrafikbullermodellen anges ekvivalenta ljudnivån som funktion av avstånd vid utbredning över hård mark, d v s vid markdämpningen 0 dB. Sambandet nivå - avstånd, gäller ned till mycket korta avstånd om som avstånd används begreppet ekvivalent avstånd. Skillnaden till vägtrafikfallet ger nivåhöjningen på grund av reflexerna.

Som utgångsvärde för beräkningarna används ekvivalenta ljudnivån på avståndet 10 m vid försumbar markdämpning och frånvaro av reflekterande fasader. Avvecklad trafikmängd 1000 EF/timme. Hastighet 50 km/tim. Ekvivalenta ljudnivån sätts under dessa förutsättningar till 70 dB(A).

Korrektion med hänsyn till verklig medelhastighet utförs enligt formeln $30 \log \frac{V}{50}$ (I vägtrafikbullermodellen används skyltad hastighet).

Gatuplansnivån, 0,5 m framför fasad, kan erhållas genom att beräkna frifältsvärdet - d v s ingen hänsyn tagen till reflexer - och till detta värde addera 4 dB. Ekvivalenta avståndet kan beräknas enligt formler på sidan 31 eller med hjälp av kurvan i figur 23 tillsammans med avståndsdefinitioner i figur 24a.

4.32 Nivåns variation i vertikalled

I de fall marken mellan gatan och beräkningspunkt är av hård typ gäller att ljudnivån avtar med höjden över marken, när vi har korta utbredningsavstånd. Denna ljudnivåns avtagande med höjden kan beräknas genom att använda spegelmetoden, d v s gatan med dess trafik speglas i fasaderna och uppträdande ljudnivå beräknas som summan av direktljudet och ett antal reflexer. Vi har med de motiveringar som redovisats tidigare valt att endast ta hänsyn till 3 reflexer, se figur 24c. Beräkningen sker då enklast så att man adderar bidragen från direktljudet och första reflex från motsatt fasad och till detta värde lägger 3 dB (med beteckningar enligt figur adderas bidragen 1 och 2. Som framgår av figuren är utbredningsvägen för bidragen 3 och 4 lika lång som för 1 och 2, varför totala nivå = "2 x bidraget från 1 och 2").

Eftersom ljudkällan är utbredd över större delen av gatans bredd gäller att avståndet beräkningspunkt - den fiktiva linjeljudkälla som ger samma bullerbidrag som ytkällan ej är lika med avståndet till gatans mitt. Resonemanget utvecklas vidare i D10:73. Skillnaden är att vi i gatutrafikfallet har anledning beräkna ekvivalent avstånd där även höjden över mark ingår som parameter.

Lindqvist har i /13/ angett en formel som även gäller då höjden ingår. Med beteckningar enligt figur 24b fås de ekvivalenta avstånden avseende primärljudkällan och 1:a spegelkällan till en beräkningspunkt 1/2 m framför fasad till

Primärljudkällan

$$(x_{\text{ekv}})_{\text{primär}} = \frac{x_2}{\ln \frac{x_1 - 0,5 + x_2 + \sqrt{(x_1 - 0,5 + x_2)^2 + y_1^2}}{x_1 + \sqrt{x_1^2 + y_1^2}}} \quad 31:1$$

1:a spegelljudkällan

$$(x_{\text{ekv}})_{\text{1:a spegeln}} = \frac{x_2}{\ln \frac{x_1 + 2x_2 + 2x_3 + \sqrt{(x_1 + 2x_2 + 2x_3)^2 + y_1^2}}{x_1 + x_2 + 2x_3 + \sqrt{(x_1 + x_2 + 2x_3)^2 + y_1^2}}} \quad 31:2$$

I tabell 1 redovisas, för några gatugeometrier, bidragen från direktljud, primärreflex och 2:a och 3:e reflex.

De erhållna effektivnivåvärdena korrigeras med hänsyn till trafikmängd m h a kurva i figur 22.

4.33 Korrektioner

Beräkning enligt denna metod kommer att ge godtagbara värden för de flesta gator. Vissa gatumiljöer är dock av den karaktären att en sådan påverkan av körsätt och därmed bulleremission erhålles att de enligt föregående avsnitt beräknade värdena måste korrigeras.

4.331 Korsningar mellan gator med stor trafikmängd

Signalreglerade korsningar mellan gator där båda har hög trafikintensitet. Nivån stiger med max 3 dB vid korsningen och avtar på båda sidor om korsningen.

Över hur lång sträcka som nivåhöjning erhålles beror på andelen och typen tung trafik liksom på korsningstätheten. Då tungt lastade långtradare utgör en stor del av trafikmängden höjs nivån mer på något avstånd från korsningen

än i själva korsningen. Är avståndet mellan korsningarna så långt att fordonen hinner accelereras upp i den för gatan gällande trafikrytmen, kan man räkna med att nivåutjämnning erhålles på avstånd upp till 300 m från korsningen och upp till 100 m vid liten andel tunga fordon.

4.332 Korsning med gata med liten trafikmängd

Korsningar med gator med liten trafikmängd ger oftast ej någon anledning till att korrigera det beräknade värdet med anledning av korsningen. I de fall stor andel tunga fordon förekommer och omslag grönt-rött ljus sker med täta mellanrum, kan en förhöjning fås vid korsningen. Korrektionstermen sätts till 3 dB och försummas på längre avstånd än 300 m från korsningen.

4.333 Övriga korsningar

Vid andra korsningar, där en gata kan betraktas som "primärled" och vid lågfrekventerade övergångsställen etc. är den nivåhöjande effekten så låg att den kan försummas.

I innerstaden med hög korsningstäthet, välfrekventerade övergångsställen etc. finns det ingen anledning att enbart studera korrektioner för korsningen eller övergångsställets omgivning, utan i stället ange en korrektionsterm för hela gatan. Normalt blir dessa korrektioner negativa, d v s ljudnivån i gatan sjunker, men är även här beroende av andel och typ tung trafik.

4.334 Bussars och spårvagnars inverkan på ljudnivån

1 Indirekt påverkan genom ändring av trafikrytmen

Normalt kan denna påverkan försummas.

2 Direkt påverkan av bulleremissionen

a) Bussar

I de fall bussar utgör en liten andel av totala trafikmängden tas hänsyn till deras bidrag till totala bulleremissionen genom att i bullerhänseende jämställa den med tunga fordon.

Utgör de en stor andel av totala trafikmängden, t ex i fallet bussgator, beräknas bulleremissionen från bussarna separat. Härvid används de nivå-diagram som visas i figur 25 och korrektion med hänsyn till trafikmängden tas ur figur 26.

b) ----- Spårvagnar

I de fall spårvagnar framföres i gatan beräknas deras bidrag till bulleremission separat genom att använda nivå-diagram enligt figur 27 och korrektion med hänsyn till trafikmängden tas ur figur 26.

4.335 Andra bullerpåverkande parametrar

Bulleremission från P-platser, centralgarage, lastplatser etc, kan i allmänhet försummas. Däremot måste man ta hänsyn till det buller som trafiken till och från dessa platser ger.

Rondeller och stora trafikplatser behandlas som i motsvarande fall för vägtrafikbuller.

I de fall trafiklederna inom tätorter ej avviker nämnvärt från vägtrafikfallet behandlas problemet på samma sätt som i vägtrafikfallet. Det bör därvid observeras att då markdämpning kommer med i beräkningen erhålles oftast, i plan över markplanet, en högre ljudnivå än i markplanet.

4.4 Beräkningsmetod enligt alternativ 2

4.41 Ekvivalentnivån i gatuplan

I figur 20a anges bullernivån i ett antal gatutyper för trafikmängdsfallet 1000 EF/timme. Diagrammet gäller i stort sett för gatubredder 6-25 m. Nivån avser bullernivå vid husfasad och med förutsättningen att avstånd gatukant - husfasad är normalt. Breda trottoarer eller ytor med planteringar framför husen ger lägre nivåer vid fasaden. I gatufallet "Bostadsgator i villabebyggelse, lokalgator återvändsgator" är bebyggelsen ofta förlagd en bit från gatan. Värdena i figur 20 avser i detta fall nivån på ~ 3 m avstånd från vägkant.

4.42 Nivåns variation i vertikalled

En sammanställning av uppmätta och beräknade värden på ljudnivåns variation efter husfasader redovisas i figur 28 för 3 olika gatugeometrier. Vid beräkningsfall som skiljer sig från dessa typfall tillgrips interpolering.

4.5 Ekvivalentnivåns avtagande in i sidogator

I de fall en sidogata ej genererar eget trafikbuller bestäms nivån i sidogatan av trafikbullret på de korsande gatorna. Man kan räkna med att erhålla tillräcklig noggrannhet i beräkningen som man använder sambandet

$$\text{Nivåsänkning per avståndsdubbling} = 5-7 \text{ dB}$$

För enkelhetens skull kan man anta ljudkällan koncentrerad till den trafikerade gatans mitt. Vilket av värdena 5, 6 eller 7 dB som gäller beror i första hand av sidogatans bredd.

Följande riktlinjer är därvid användbara, se även figur 16

Sidogatsbredd	Dämpning per avståndsdubbling
15-20	5 dB
10-15	6 dB
5-10	7 dB

Vidare förutsättes att fasaderna är av normal karaktär. Om fasaden görs ljudabsorberande erhålles en betydligt högre dämpning (5-6 dB mer per avståndsdubbling /13/).

Vid ensidig bebyggelse, erhålles de normala 3 dB sänkning av ekvivalentnivån per avståndsdubbling. Oberoende av avståndet erhålles dock en ytterligare dämpning om 3 dB vilken beror av skärmeeffekten.

4.6 Ekvivalentnivåns avtagande in i bebyggelse

Att ange generella formler för ljudnivåns avtagande in i en komplicerad bebyggelse låter sig ej göras med det mätunderlag som erhållits. Viss ledning kan dock dras ur figurerna 17a-d samt ur ref. /26/.

Litteraturförteckning

- 1 Benjegård, S-O, 1967. Buller och trafikmiljö, Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för byggnadsakustik, Rapport A-551.
- 2 Benjegård, S-O, 1969. Bullerdosimetern - en kombinerad dB(A)-nivå och dB(A)-dosmätare. Statens Råd för Byggnadsforskning, Rapport 51.
- 3 Benjegård, S-O, 1972. Kollektivtrafikutredningen (KOLT). Bestämning av konsekvenserna av trafiksanering i tätorter med avseende på trafikbullret. Ingemanssons Ingenjörbyrå AB, Rapport H-3910-A.
- 4 Bolt Beranek and Newman, 1970. Noise in the Urban environment, BBN rapport 1411, 1970.
- 5 Christensen, L.S., 1972. Noise Dose Measurements. Brüel & Kjaer Technical Review No. 2, 1972.
- 6 Christensen, L.S., Hemmingway, J.R., 1973. Sources of error in Noise Dose Measurements. Brüel & Kjaer Technical Review No. 3, 1973.
- 7 Centre Scientifique et Technique du Batiment. Etude de la gene due au trafic automobile urbain. 1971.
- 8 Filon, F., Fisk D.J., Smith G.C., 1974. Predication of Urban Traffic Noise. Eight international Congress on Acoustics, London.
- 9 Focca, V., Biborosch L., Peppel M., Verez A., 1971. Zur Ausbreitung der Verkehrgeräusche in den Stockwerken eines hohen Hotels. Lärmbekämpfung, Band 15, 1971, s 107-110.

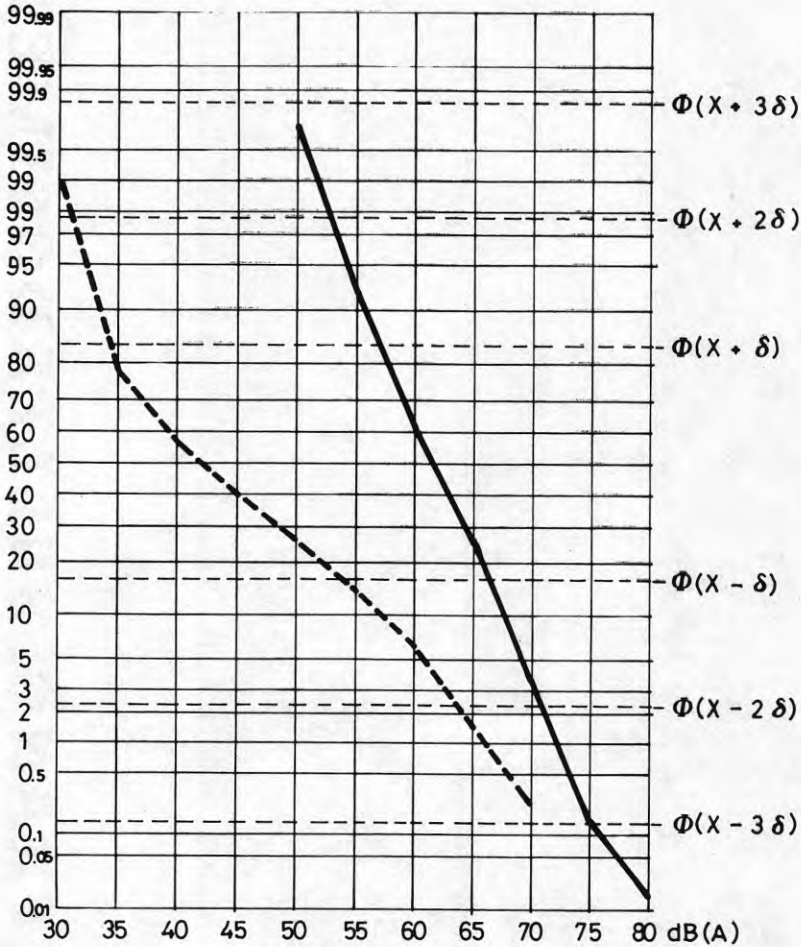
- 10 Ingemansson, S., Ljunggren, S., 1970. Bullerproblem vid trafikleder. Statens Institut för byggnadsforskning, Stockholm. Rapport R20:1970.
- 11 Jonasson, H., 1973. A theory of Traffic Noise Propagation with Application to L_{eq} . Journal of Sound and Vibration 30 (1973), p 289-304.
- 12 Lewis, P.T., 1973. The noise generated by single vehicles in freely flowing traffic. Journal of sound and vibration 30 (1973), p 191-206.
- 13 Lindquist, T., 1972. Gatutrafikbuller och ljudabsorberande fasader. Rockwool AB's utvecklingslaboratorium 1972.
- 14 Ljunggren, S., 1973. Fönsters isolering mot trafikbuller. Statens Institut för byggnadsforskning, rapport R46:1973, Stockholm.
- 15 Ljunggren, S., Benjegård, S-O., 1972. Projektering med hänsyn till tågbuller. Byggmästaren Nr. 1, 1972.
- 16 Ljunggren, S., Ingemansson, S., 1971. Projektering med hänsyn till vägtrafikbuller. Byggmästaren Nr. 12, 1971.
- 17 Ljunggren, S., 1973. A design guide for road traffic noise. Statens Institut för byggnadsforskning, Doc. D10 1973.
- 18 Rapin, J.M., 1972. Le bruit au voisinage des voies de chemin de fer. Cahiers du centre scientifique et technique du batiment, No. 132.
- 19 Rathe, E.J., Cusulu, F., Hasting, H., Mallet, H., 1973. Survey of the exterior Noise of some passenger Cars. Journal of sound and Vibration 29 (1973), p 483-499.
- 20 Reinhold, Günter, 1970. Grössen zur Kennzeichnung der Lärm-situation an Strassen. Bundesanstalt für Strassenwesen, Köln 1970.

- 21 Schröder, E., 1973. Nachhall in geschlossen gebauten Strassen. Lärmbekämpfung ref. 1, Band 17, Heft 1, 1973, s 11-13.
- 22 Schwartz, A., 1974. Traffic Noise, Townplanning and Cybernetics. Eighth international Congress on Acoustics, London.
- 23 Stockeier, S.Å., Ringheim, M., 1972.
Noise from Motor Vehicles Part 1. Private Cars. Norges Tekniske Högskole, Laboratory of Acoustics. Rapport No. LBA 533.
- 24 Storheier, S.Å., Ringheim, M., 1973.
Noise from Motor Vehicles Part 2. Heavy Vehicles. Norges Tekniske Högskole, Laboratory of Acoustics. Rapportnummer A 73 103.
- 25 Swetnam, G.F., Murray, W., 1973. Feasibility study of Noise Control Modifications for an Urban Transit Bus, Inter-Noise -73, E 24Z15.
- 26 Trafikbuller: bostadsområden. Statens Institut för Byggnadsforskning. Rapport 36, 1968.
- 27 Wahlström, S., Wädding, Å., 1973. Trafikbuller i Stockholms innerstad, Stockholms hälsovårdsförvaltning, Tekniska avdelningen, 1973.

Trafikbullermätning vid Mistelgatan i Västerås. Nivåfördelningsdiagram.

Dagtid ———

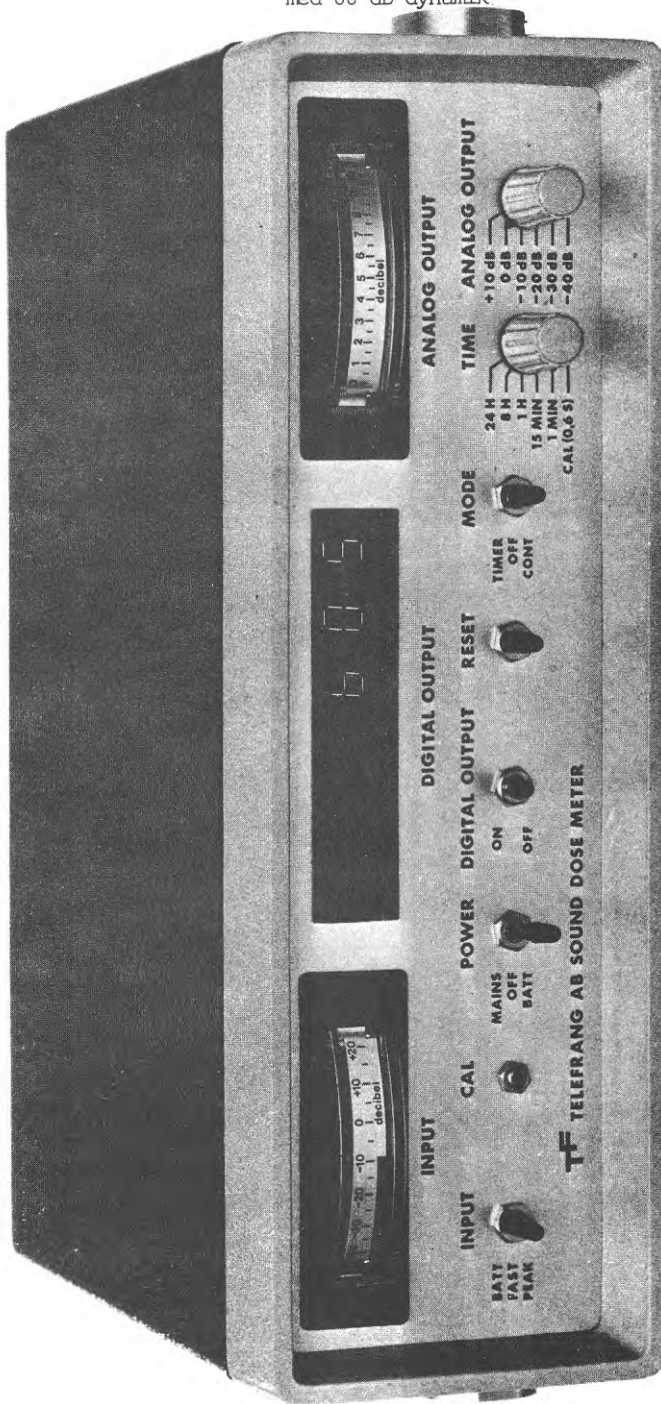
Natttid - - - - -



Figur 1

Trafikbuller i stadsmiljö
Telefrang bullerdosimeter,
med 60 dB dynamik

44
H-3490-2
760115
RA/SOB



TELEFRANG BULLERDOSIMETER

Trafikbuller i stadsmiljö

760115

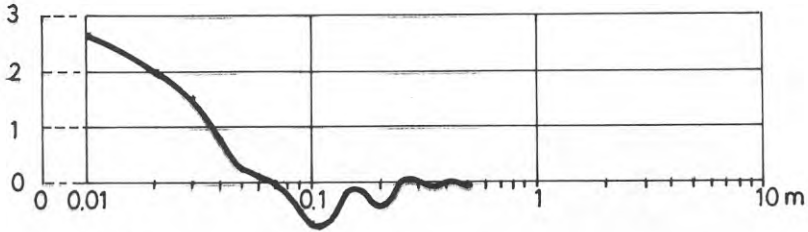
GA/SOB

Kalibrering av dosimetrarna med trafikbuller
som ljudkälla.



Theoretiskt beräknad fasadinterferens vid A-vägt trafikbuller-
spektrum och vinkelrätt ljudinfall mot ljudhård fasad. Ref. 14.

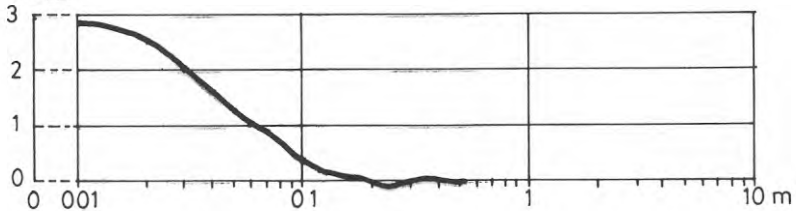
ΔL dB



Figur 4a

Theoretiskt beräknad fasadinterferens vid A-vägt trafikbullerspektrum
och ljudinfall inom sektorn $-87^\circ - +87^\circ$ mot ljudhård fasad. Ref. 14.

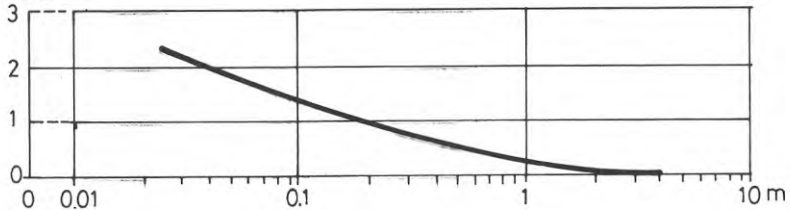
ΔL dB



Figur 4b

Upmätt fasadinterferens vid A-vägt trafikbuller och ljudinfall
inom sektorn $-90^\circ - +90^\circ$ mot ljudhård fasad.

ΔL dB



Figur 4c

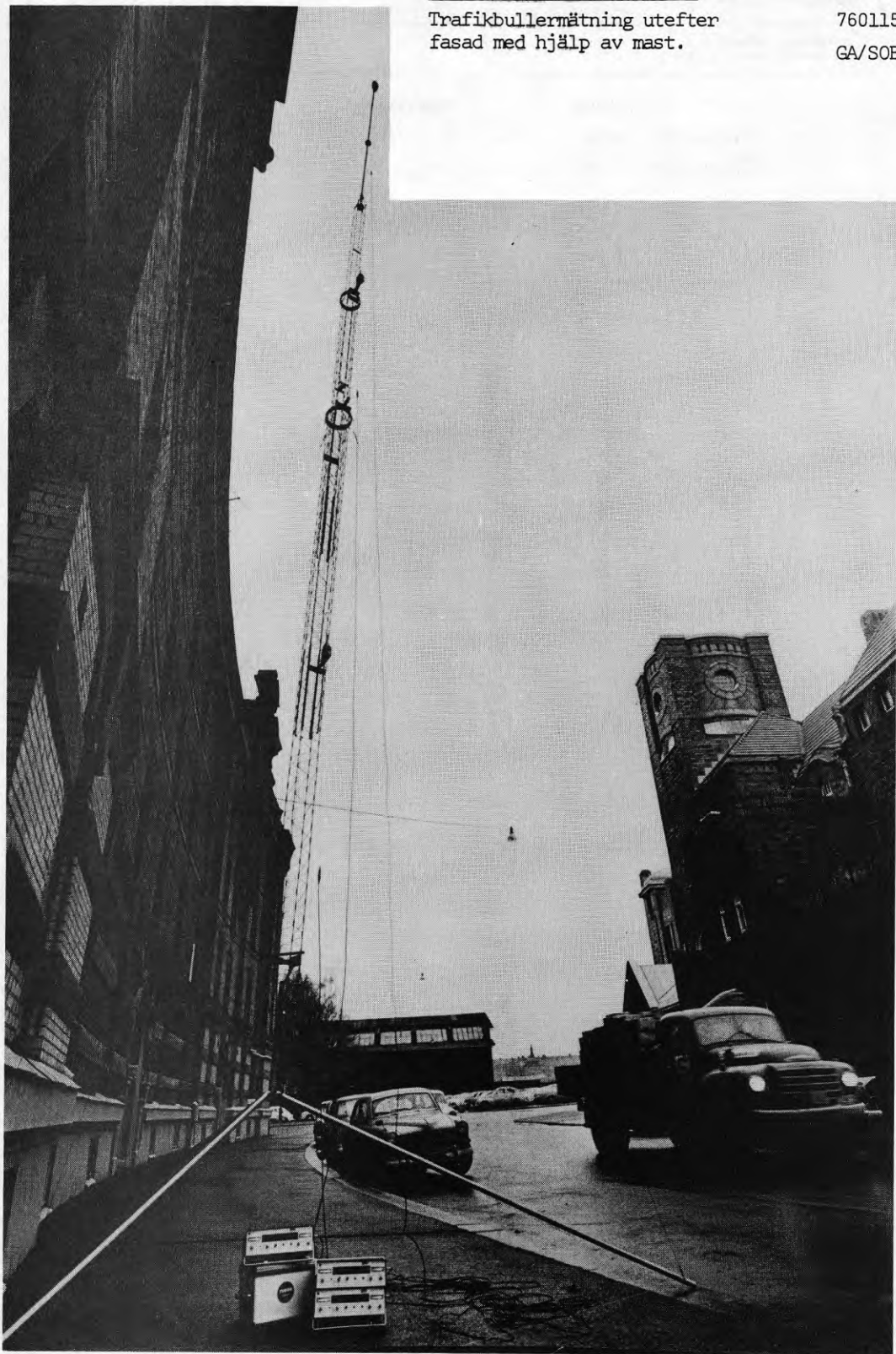
Trafikbuller i stadsmiljö

H-3490-5

Trafikbullermätning utefter
fasad med hjälp av mast.

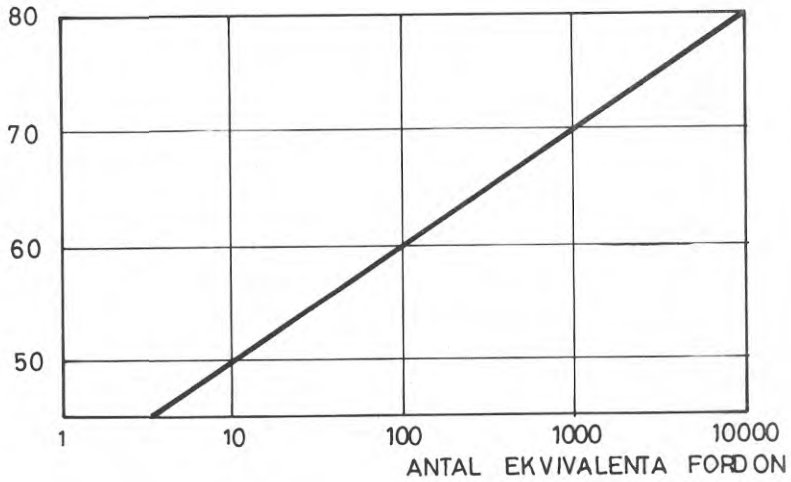
760115

GA/SOB



Ekvivalent ljudnivå, dB(A), som funktion av avvecklad trafikmängd,
FE. Avstånd 10 m. Hänsyn ej tagen till reflexer.

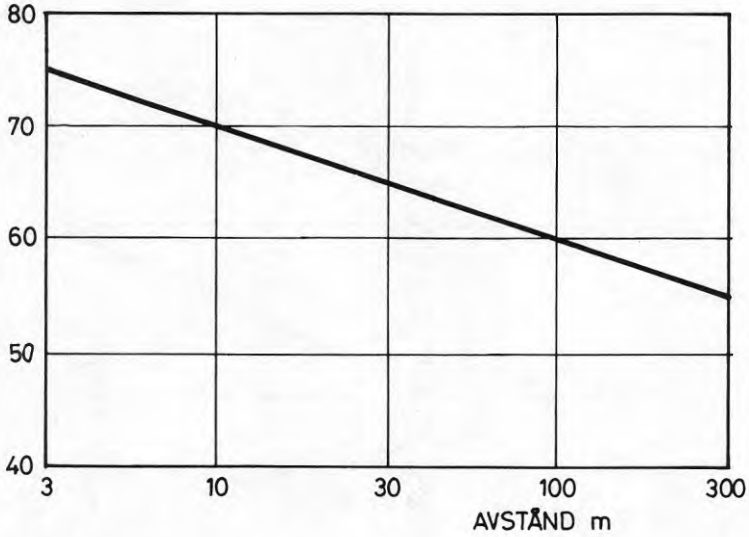
EKVIVALENT LJUDNIVÅ
dB(A)



Figur 6

Ekvivalent ljudnivå, dB(A), som funktion av avståndet.
Trafikintensitet 1000 FE/timme.

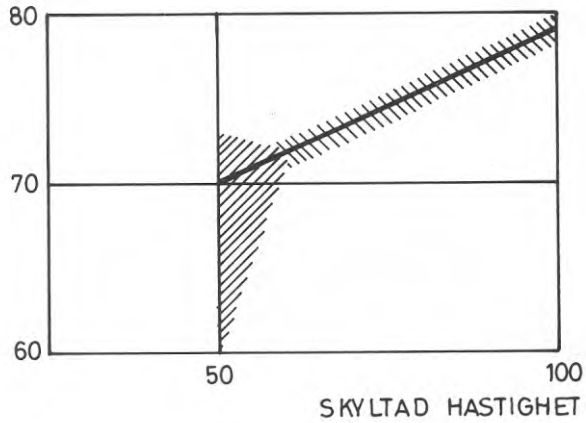
EKVIVALENT LJUDNIVÅ
dB(A)



Figur 7

Ekvivalent ljudnivå, dB(A), som funktion av hastigheten.
Trafikintensitet 1000 FE/timme.

EKVIVALENT LJUDNIVÅ
dB(A)



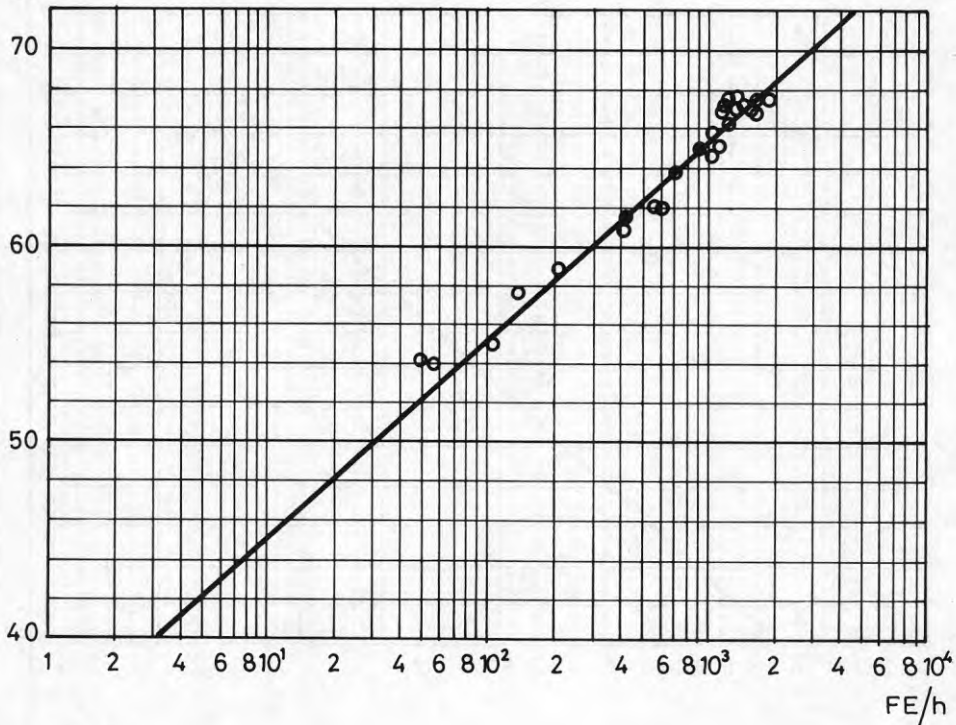
Figur 8

Ekvivalent ljudnivå som funktion av trafikintensitet.

Mätplats: Sockenvägen, Stockholm (motorled)

Ref. 1.

EKVIVALENT LJUDNIVÅ
dB(A)



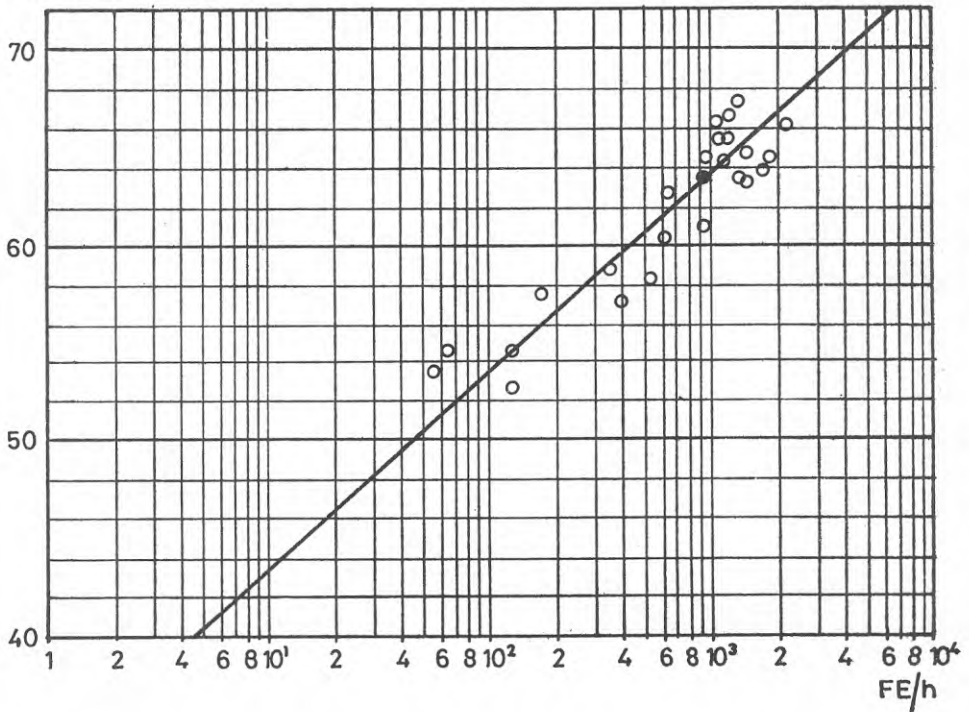
Figur 9

Ekvivalent ljudnivå, dB(A), som funktion av trafikintensitet.

Mätplats: Bergslagsvägen, Vällingby (förortsled).

Ref. 1.

EKVIVALENT LJUDNIVÅ
dB(A)



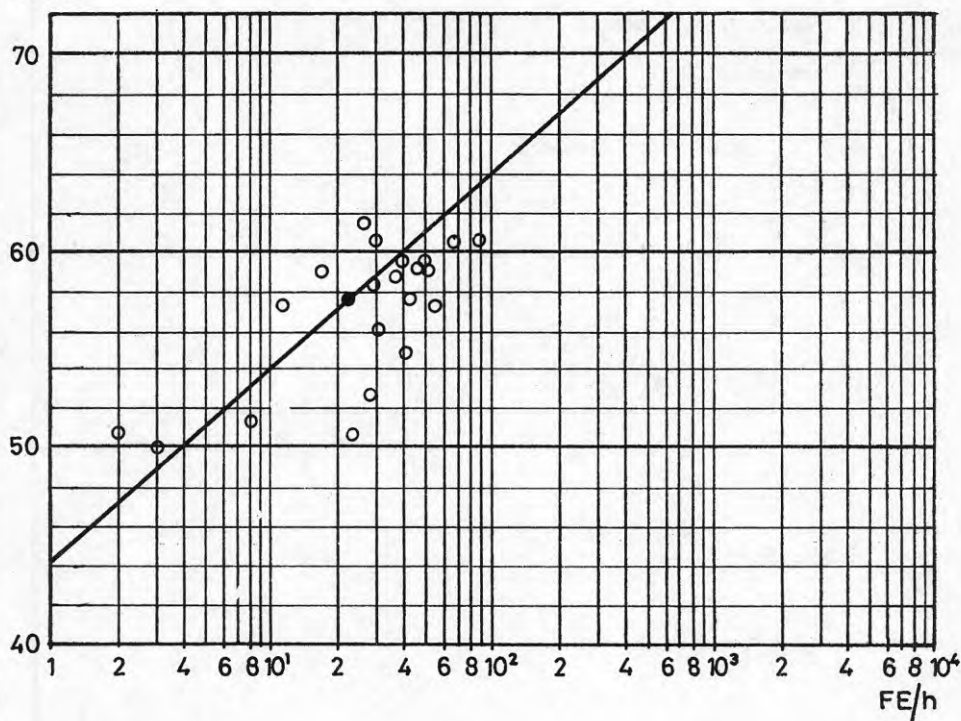
Figur 10

Ekvivalent ljudnivå, dB(A), som funktion av trafikintensitet.

Mätplats: Klockargatan, Västerås (återvändsgata i hyreshusområde).

Ref. 1.

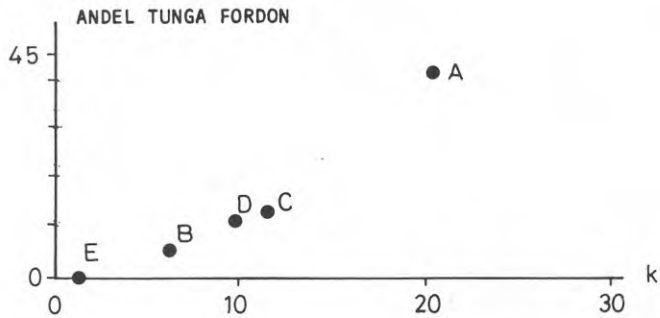
EKVIVALENT LJUDNIVÅ
dB(A)



Figur 11

Ur bullermätningar beräknad "k"-faktor vid olika trafikfördelningar.

- A Ejdergatan, Göteborg (huvudsakligen långtradare)
- B Gubberogatan
- C St. Eriksgatan, Stockholm
- D Tessingatan, Västerås
- E Svengatan



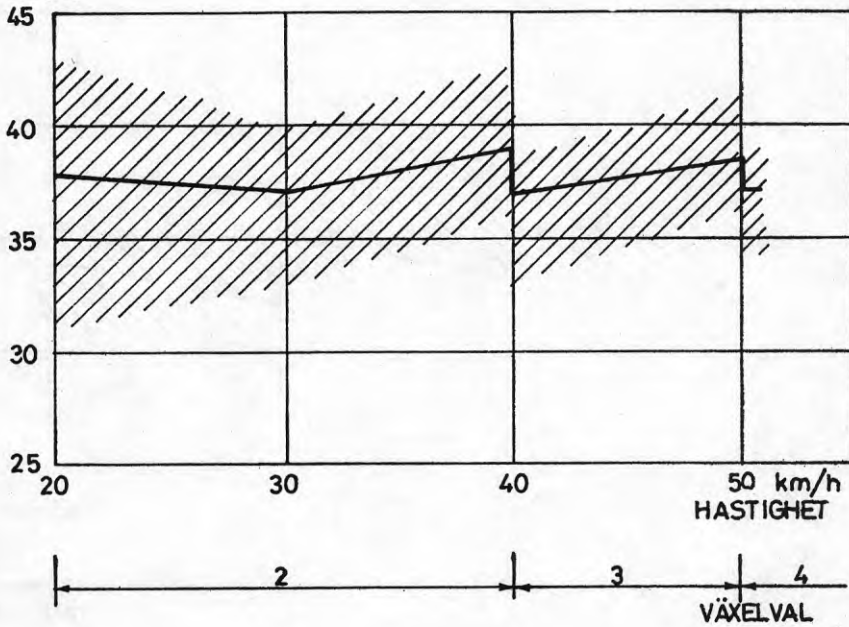
Figur 12

Timekvivalent ljudnivå per fordonspassage som funktion av hastighet och växelval.

Antal testfordon 9 st.

Mätavstånd 7,5 m.

TIMEKVIVALENTNIVÅ
dB(A)



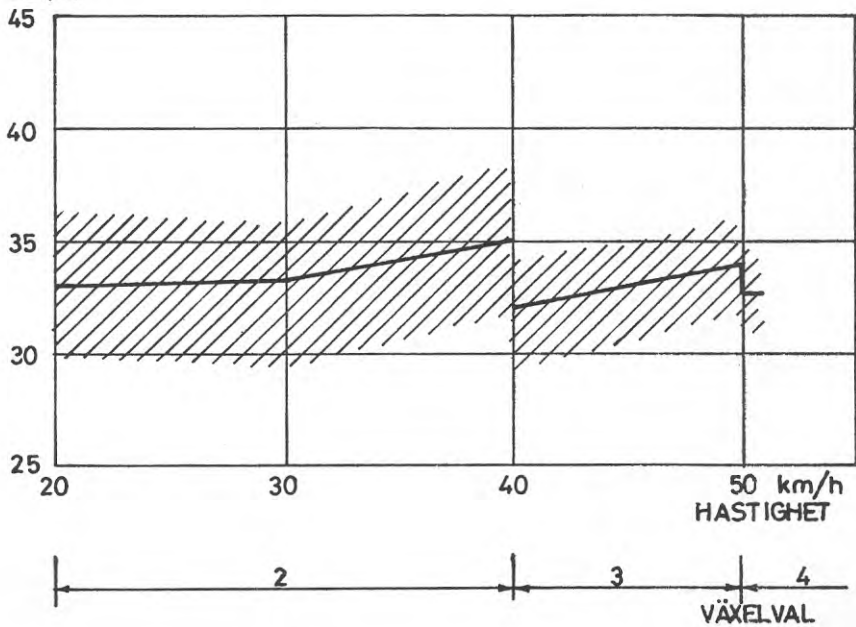
Figur 13

Timekvivalent ljudnivå per fordonspassage som funktion av hastighet och växelval.

Antal testfordon 9 st.

Mätavstånd 22,5 m

TIMEKVIVALENTNIVÅ
dB(A)



Figur 14

Ekvivalenta ljudnivåns variation i vertikalled för två gatugeometrier.

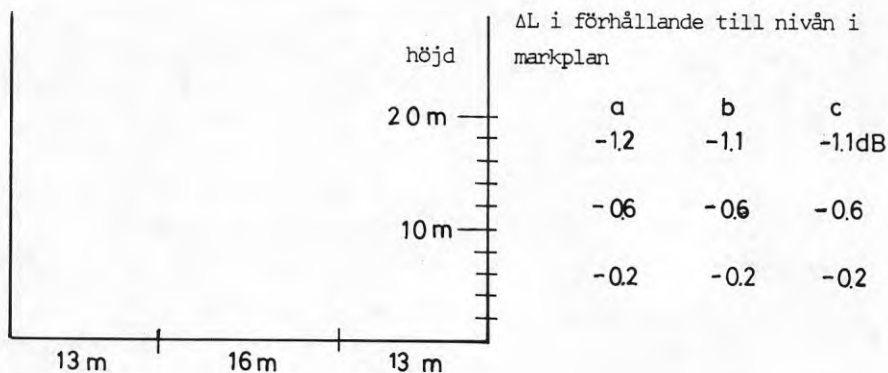
a) beräknat enligt Lindquist's modell

$$\rho = 0,7, 20 \text{ spegelkällor}$$

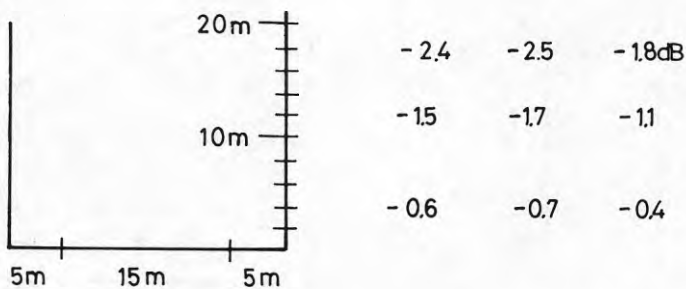
b) beräknat enligt i denna rapport föreslagen metod

$$\rho = 1, 3 \text{ spegelkällor}$$

c) uppmätt

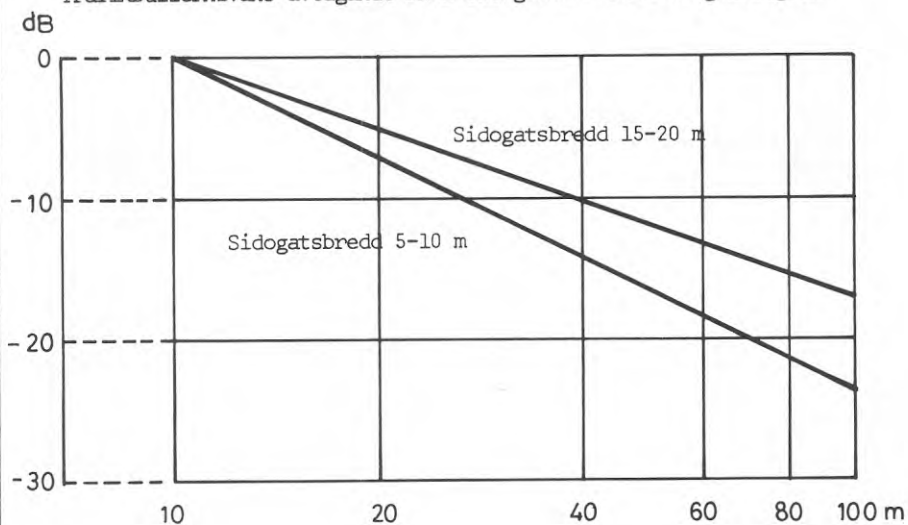


Figur 15



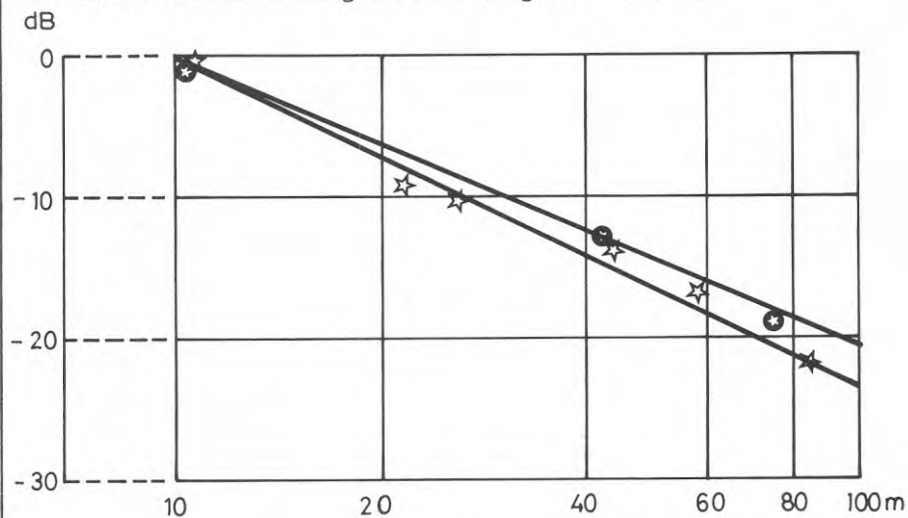
Figur 16a

Trafikbullernivåns avtagande in i sidogator - Beräkningsnomogram.



Figur 16b

Trafikbullernivåns avtagande in i sidogator - Mätvärden



☆ uppmätt dämpning i 10 m bred sidogata

● uppmätt dämpning i 13 m bred sidogata

INGEMANSSONS
INGENJÖRSBYRÅ AB
GÖTEBORG
STOCKHOLM MALMÖ
ÖRNSKÖLDSVIK

Trafikbuller i stadsmiljö
Ekvivalentnivåns avtagande in i
bebyggelse (mätvärden)

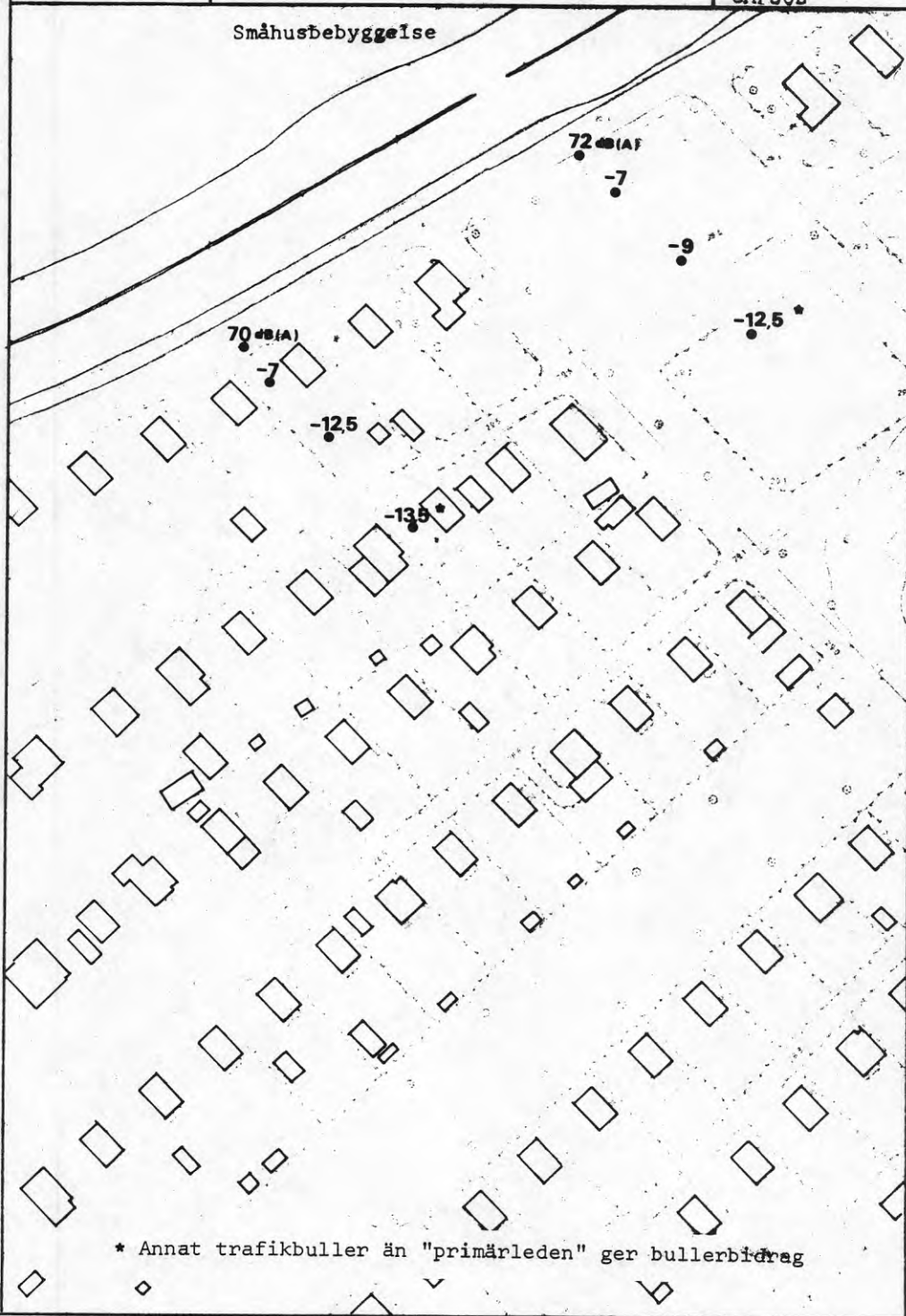
H-3490-17a 59

760115

1:1000

GA/SQB

Småhusbebyggelse



INGEMANSSONS
INGENJÖRSBYRÅ AB
GÖTEBORG
STOCKHOLM MALMÖ
ÖRNSKÖLDSVIK

Trafikbuller i stadsmiljö
Ekvivalentnivåns avtagande in i
bebyggelse (mätvärden)

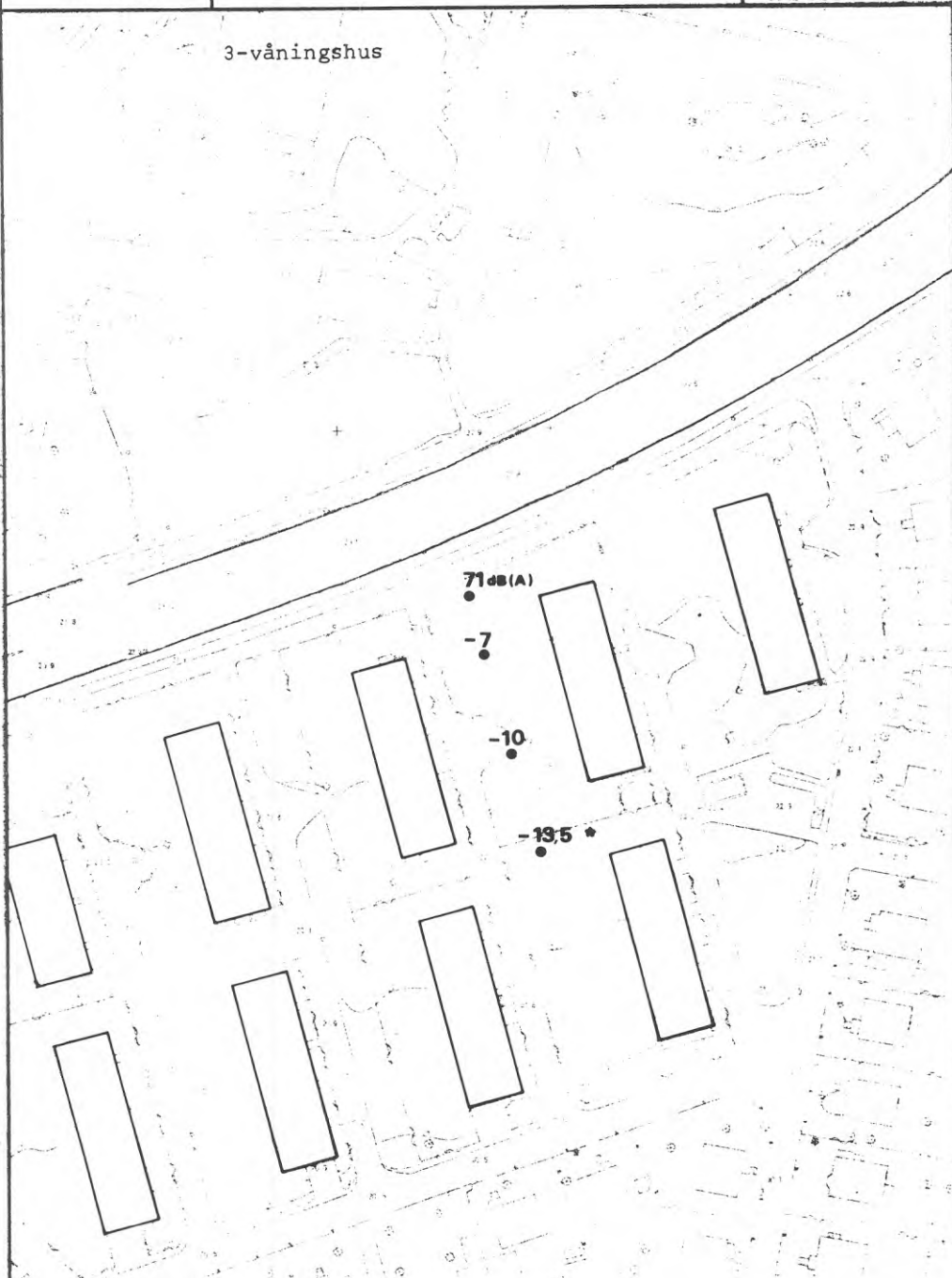
H-3490-17160

760115

1:1000

GA/SOB

3-våningshus



* Annat trafikbuller än "primärleden" ger bullerbidrag

INGEMANSSONS
INGENJÖRSBYRÅ AB
GÖTEBORG
STOCKHOLM MALMÖ
ÖRNSKÖLDSEVIK

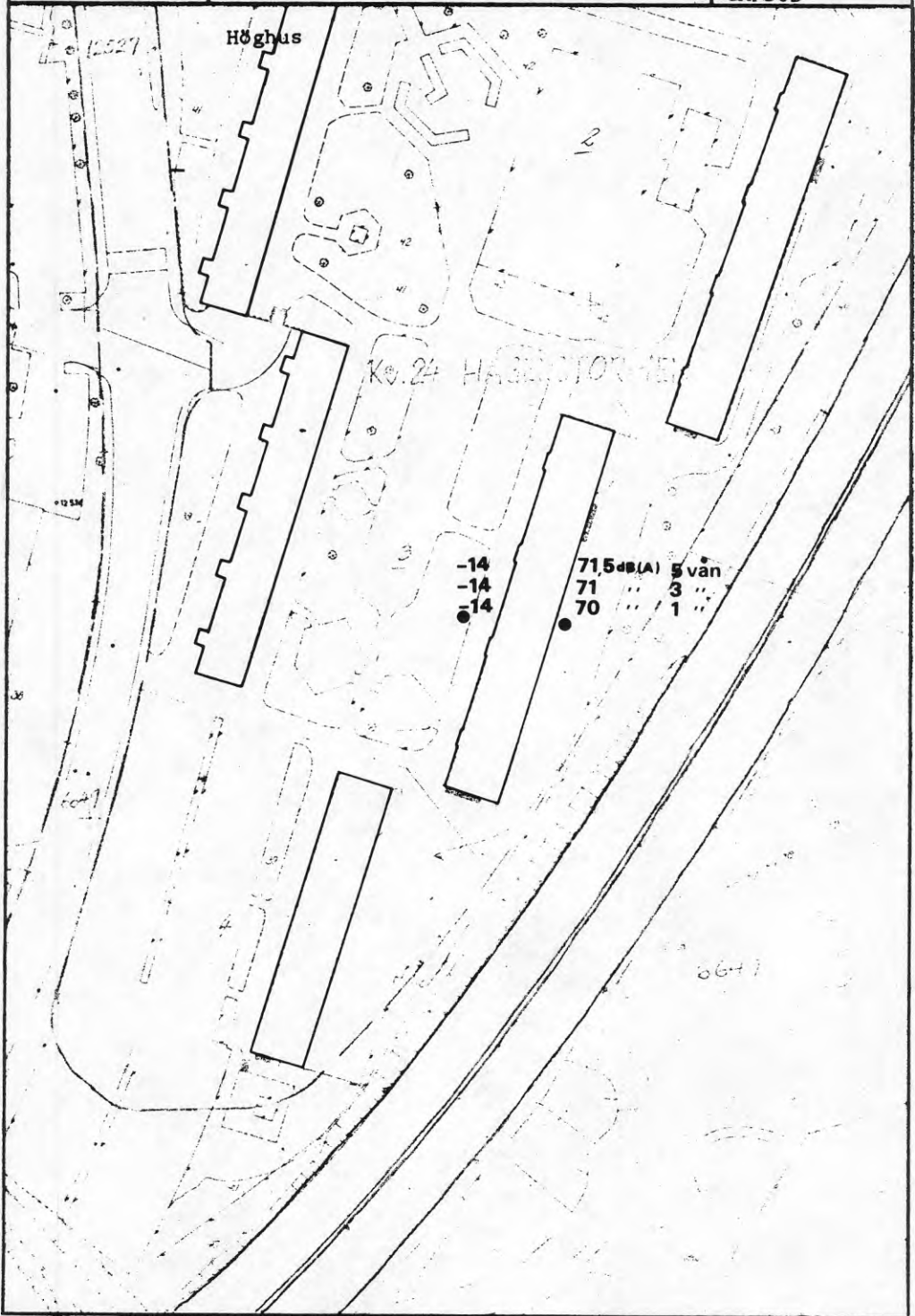
Trafikbuller i stadsmiljö
Ekvivalentnivåns avtagande in i
bebyggelse (mätvärden)

H-3490-17c61

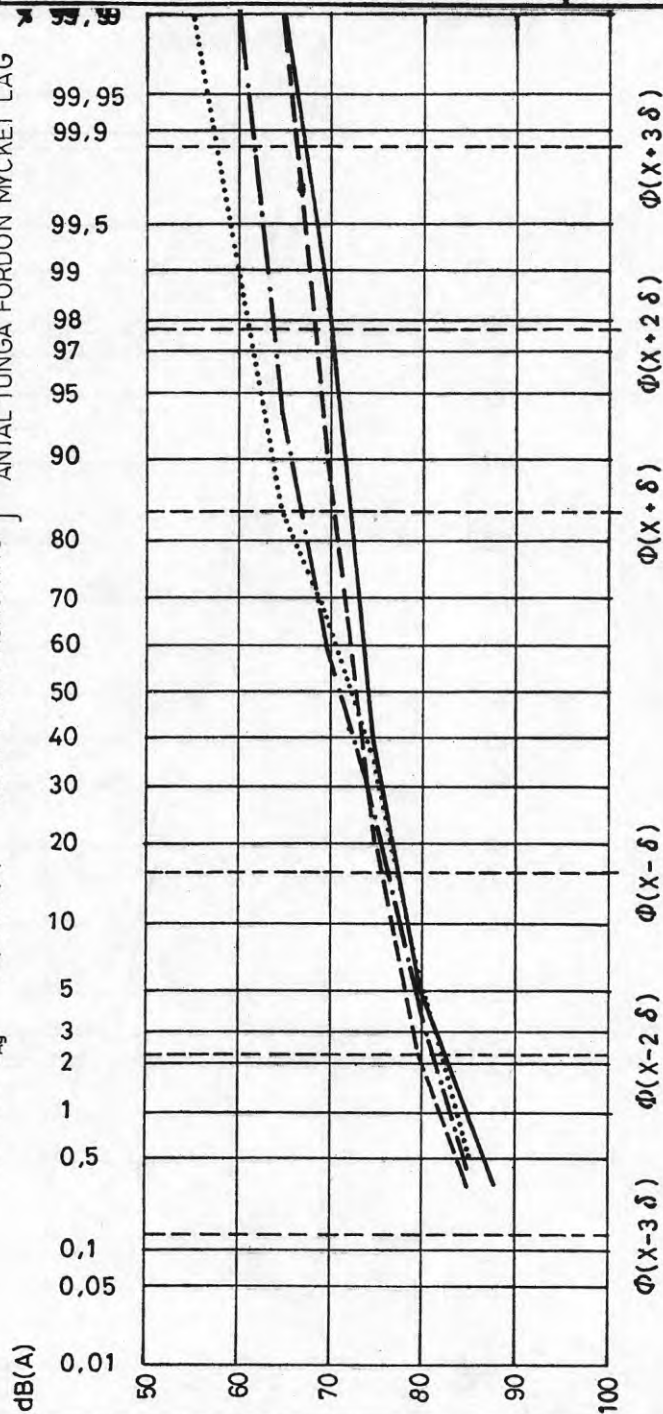
760115

1:1000

GA/SOB

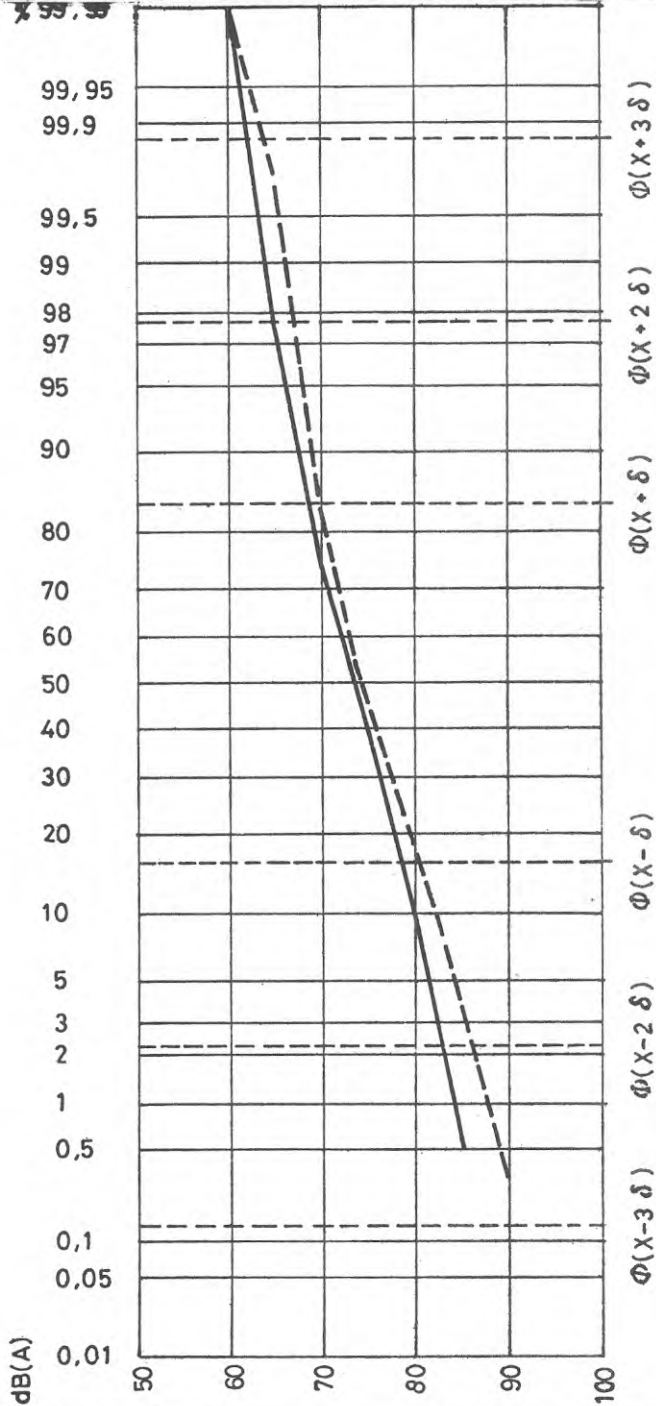


72,9 dB(A)	VID KORSNING	} CA 2000 FORDON/TIM ANTAL TUNGA FORDON OBETYDLIG
69,5 dB(A)	100 m FRÅN KORSNING	
69,5 dB(A)	VID KORSNING	} CA 1400 FORDON/TIM ANTAL TUNGA FORDON MYCKET LÅG
70,4 dB(A)	100 m FRÅN KORSNING	



Figur 18

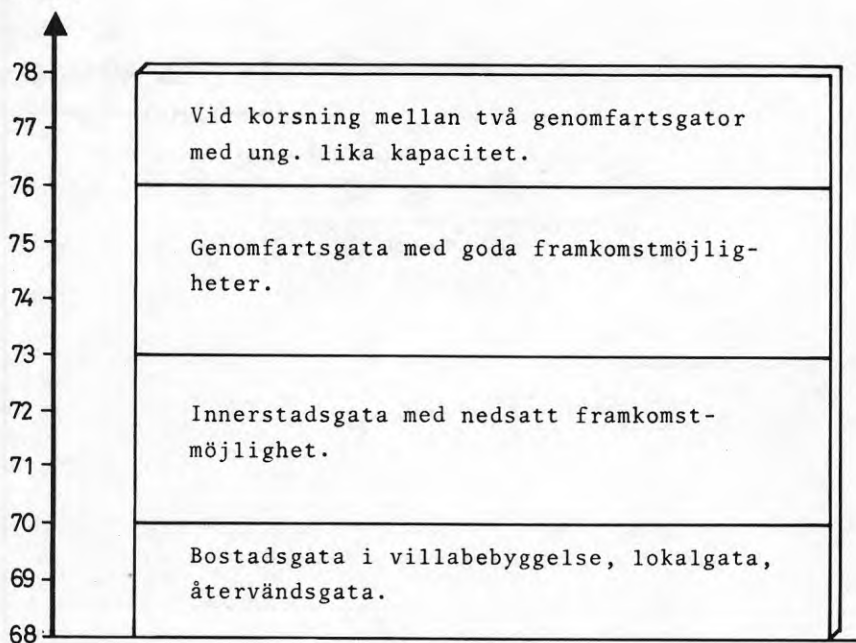
— Left 71,5 dB(A) VID KORSNING } CA 2000 PB OCH 400 LB / TIM
- - - Left 73,5 dB(A) 100 m FRÅN KORSNING }



Figur 19

Ekvivalent ljudnivå i dB(A) för olika gatukategorier.
Trafikfall 1000 FE/timme

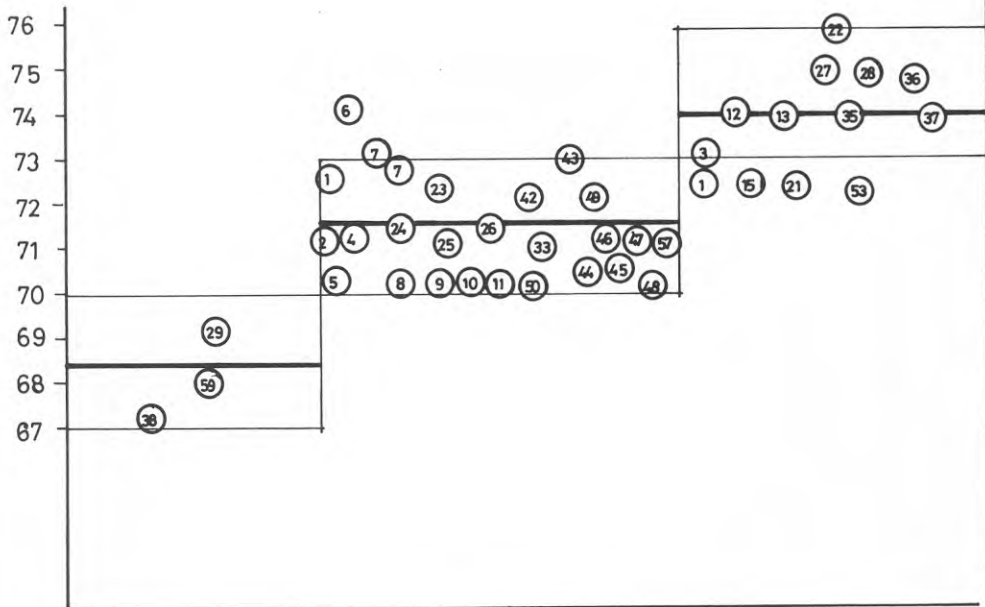
EKVIVALENT LJUDNIVÅ
dB(A)



Figur 20a

Uppmätt ekvivalent ljudnivå i olika gatumuljöer. Mätvärdena har omräknats till trafikförhållandet 1000 EF/timme.

Mätningar företagna vid enkelsidig bebyggelse har ej medtagits.

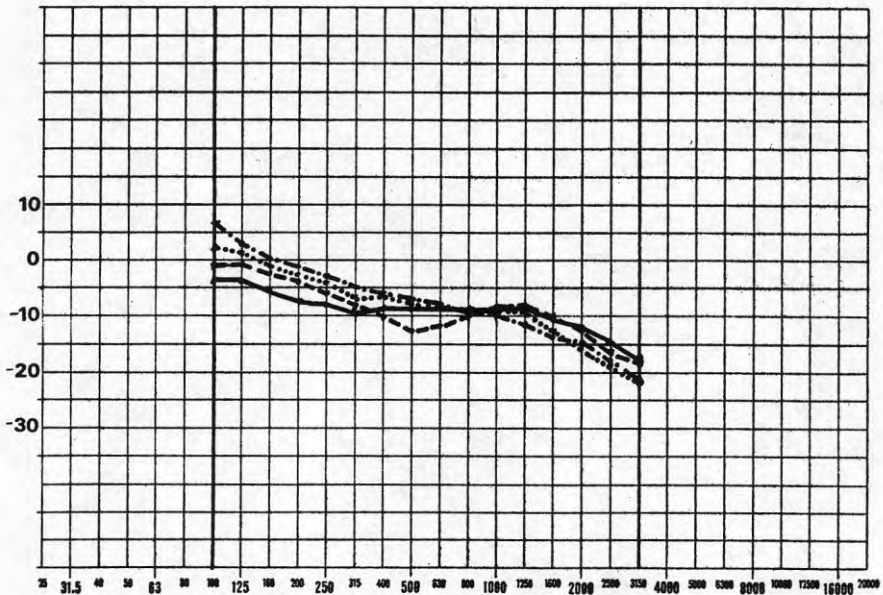


Figur 20b

Trafikbullerspektra

- a) utan markdämpning ———
- b) med markdämpning - - - - -
- c) med skärmdämpning ······
- d) utan markdämpning, hög andel tung trafik - · - · - ·

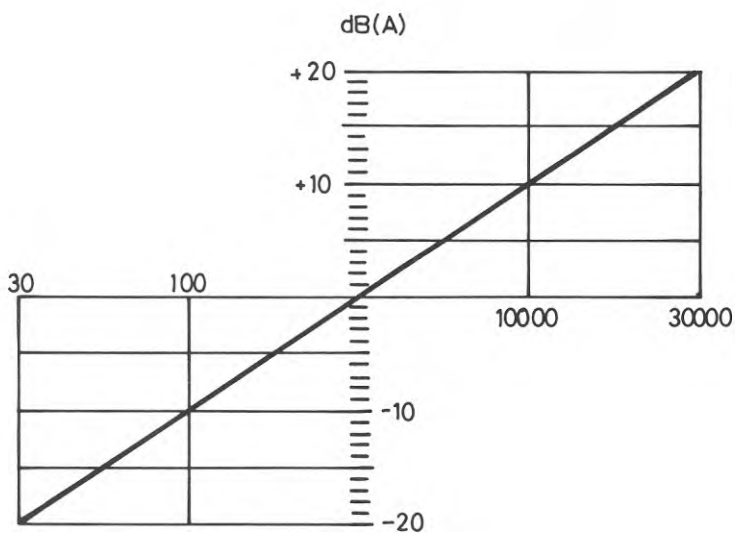
dB(A)-värdena utgör referensnivån



Figur 21

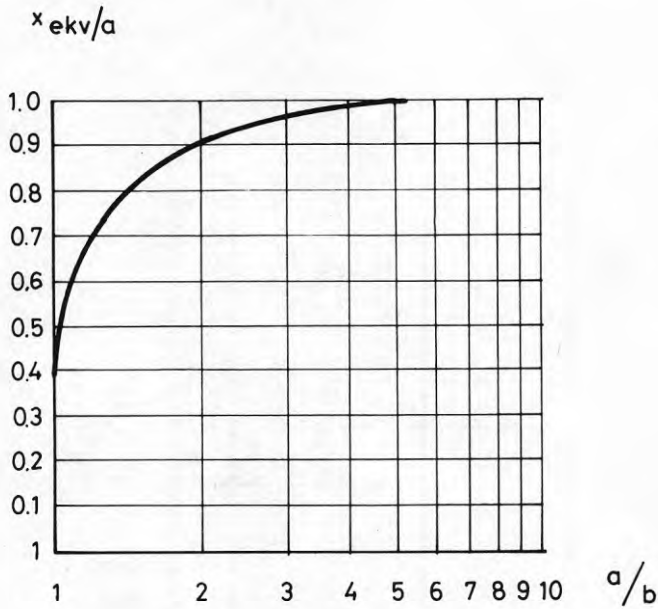
Frekvens, Hz

Kurva för korrektion av ekvivalentnivån med hänsyn till trafikmängden.

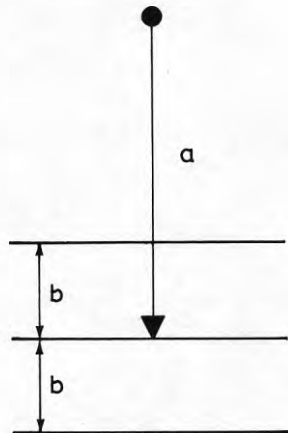


Figur 22

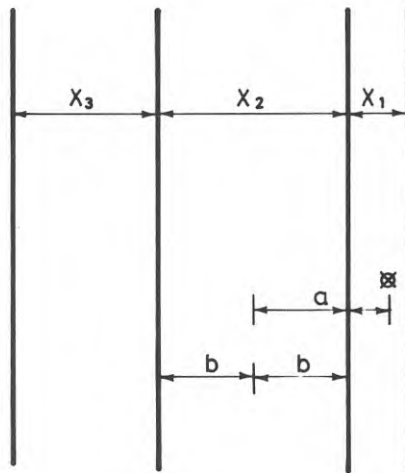
Nomogram för beräkning av ekvivalent avstånd



Figur 23



Avståndsdefinitioner för beräkning av ekvivalent avstånd
(mottagarpunkten belägen i markplanet)

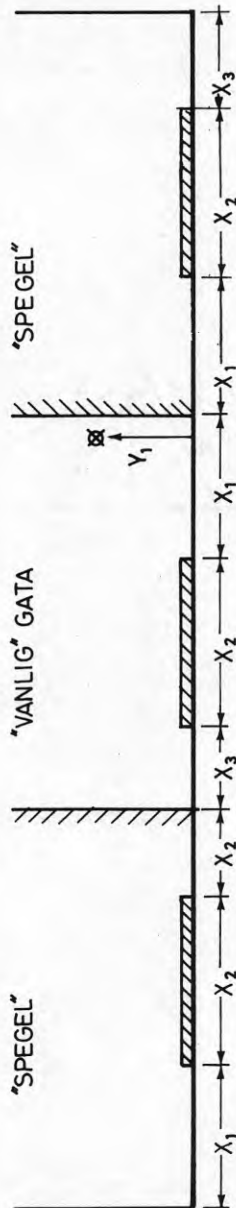


$$a = X_1 - 0.5 + X_2/2$$

$$b = X_2/2$$

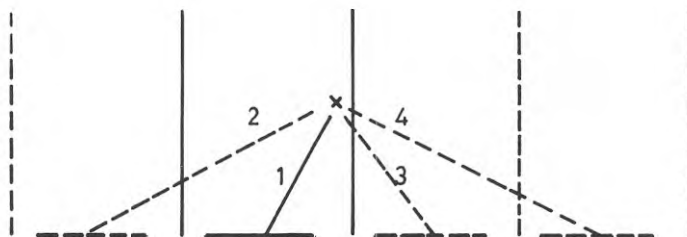
Figur 24a

Gatugeometri. (reell- och spegelkälla)



Figur 24b

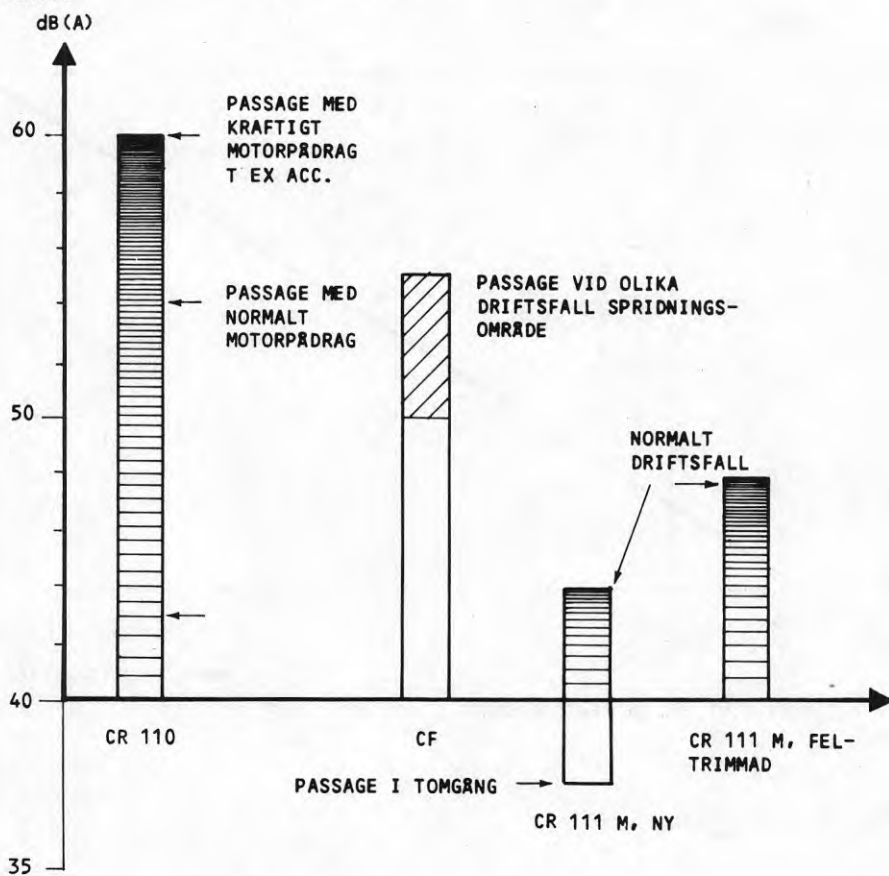
Vägar för direktljud och 1:a, 2:a och 3:e reflex.



Figur 24c

VARIATION I
TIMEKV.NIVR

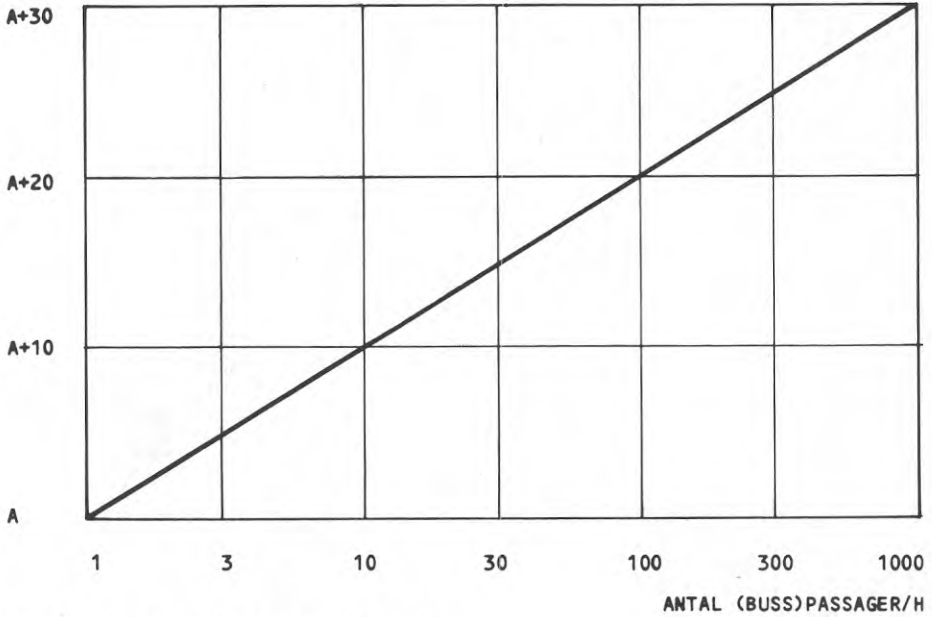
Timekvivalent ljudnivå vid busspassager i ca 10 m bred gata
(olika typer bussar)



Figur 25

Timekvivalent ljudnivå som funktion av antal passager.

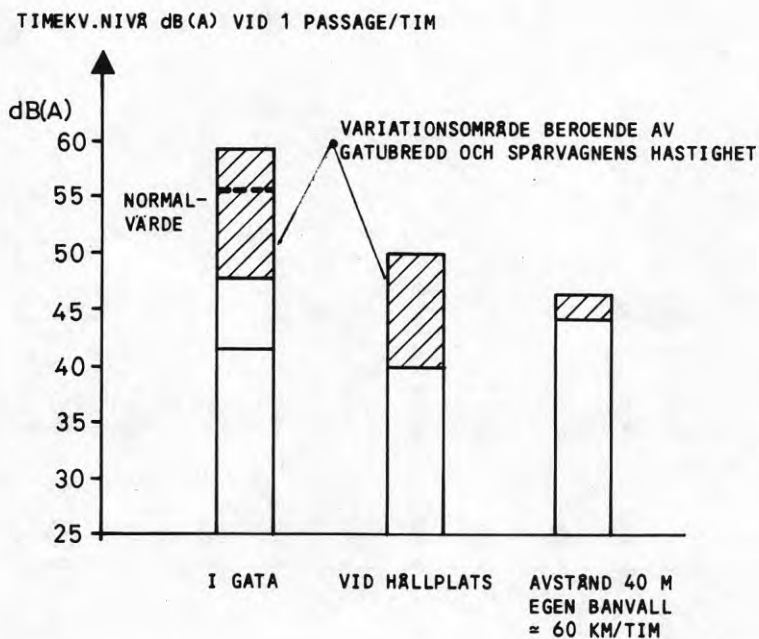
TIMEKV.NIVÅ
dB (A)



A = TIMEKV.NIVÅ VID EN (BUSS)PASSAGE

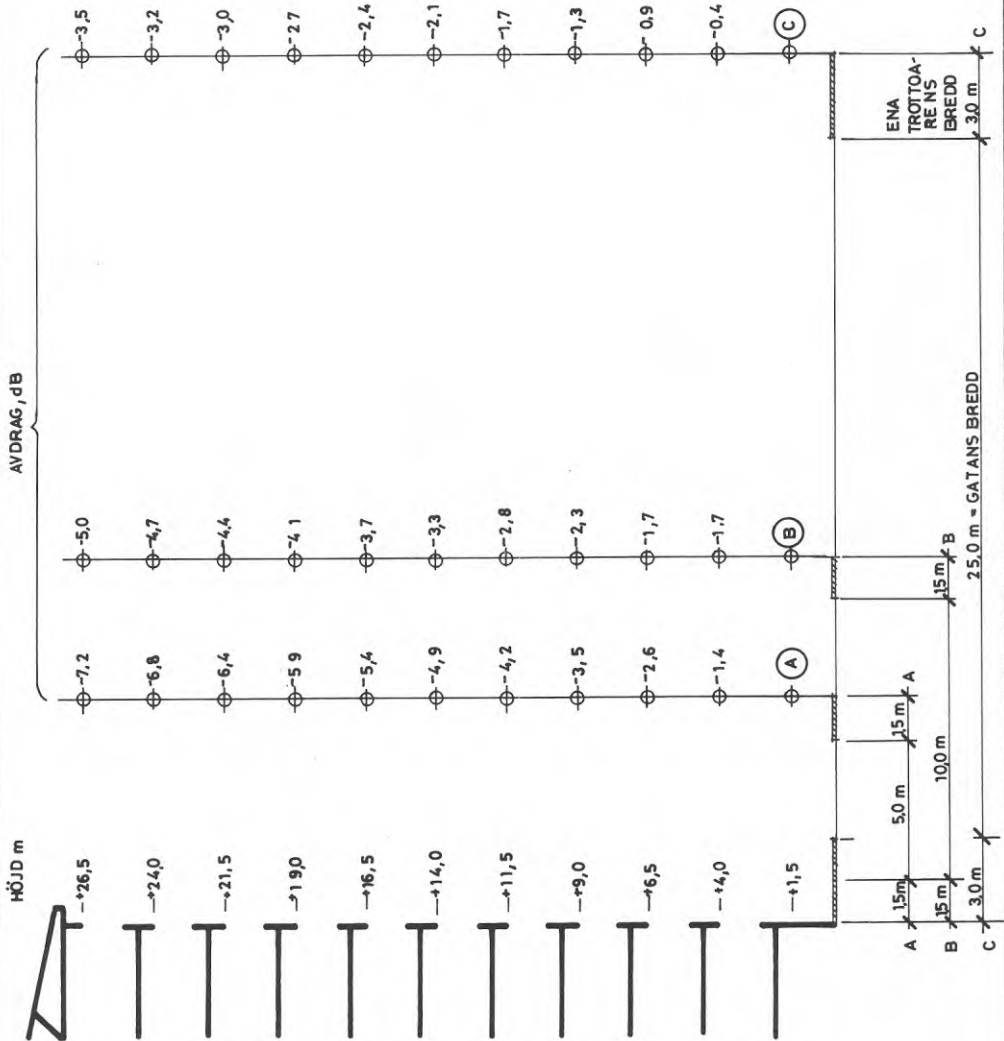
Figur 26

Bulleremission från spårvagnar.
Timekvivalentnivå vid 1 passage/tim
Fasadreflex medtagen.



Figur 27

Ekvivalenta ljudnivåns variation utefter fasaden vid olika gatugeometri.



Figur 28

x_1 m	x_2 m	x_3 m	y_1 m	direktljud (primär- reflex) dB(A)	2:a + 3:e reflex dB(A)	Σ direktljud 1:a, 2:a och 3:e reflex dB(A)
2.00	6.00	2.00	1.50	73.78	68.42	77.89
2.00	8.00	2.00	1.50	73.18	67.63	77.25
2.00	10.00	2.00	1.50	72.68	66.96	76.71
2.00	15.00	2.00	1.50	71.69	65.63	75.65
2.00	40.00	2.00	1.50	68.94	61.98	72.73
5.00	10.00	5.00	1.50	70.59	65.34	74.73
5.00	20.00	5.00	1.50	69.21	63.59	73.26
5.00	40.00	5.00	1.50	67.53	61.39	71.47
10.00	10.00	10.00	1.50	68.54	63.53	72.73
10.00	20.00	10.00	1.50	67.51	62.29	71.65
10.00	40.00	10.00	1.50	66.14	60.56	70.20

Beräknat bidrag från direktljudet och de 3 första reflexerna. Hänsyn har ej tagits till att trafikrytmen ändras vid ändrad gatugeometri och därmed absolutnivån.

Trafikbuller i stadsmiljö

Nr.	Beteckning	Mätplats		h m	a m	b m	Skyltad hastighet km/tim	Antal for- don/tim	% tunga fordon	Uppmätt L _{Aq} dB(A)	L _{Aq} dB(A) vid 1000 FE/tim ^x
		Typ	av gata								

Billaga 1

L_{Aq}
dB(A)

Uppmätt
L_{Aq}
dB(A)

% tunga
fordon

Antal for-
don/tim

Skyltad
hastighet
km/tim

h
m

a
m

b
m

x	x
---	---

Göteborg

1	1:a Långgatan	x		1,5	25	13	50	948	2,5	73,4	72,7
2	2:a "	x		1,5	6,5	4	50	172	9	66,1	71,1
3	Bangatan	x		1,5	11	7,5	50	280	4,5	69,3	73,1
4	Allm. vägen	x		1,5	6	4,5	50	176	2	64,6	71,3
5	Såggatan	x		1,5	10	7	50	216	3,5	63,6	70,2
6	Drott.n.gatan	x		1,5	5	3	50	86	9	66	74
7	Torggatan	x		1,5	4	2,5	50	240	3,5	68	73,1
7.1	"	x		1,5			50	132	6	65,8	72,7
8	Larmgatan	x		1,5	5	3,5	50	60	3,3	63,6	69,8
9	St. Nygatan		x	1,5	7	5	50	532	2	68,2	70,3
10	Engelbrektsg.		x	1,5	12	10,5	50	772	6	70,8	70,1

x) k har satts till 10 resp. 3 vid skyltade hastigheterna 50 resp. 70 km/tim.

a = gatubredd (m), b = avstånd till vägmitt (m), h = mikrofons höjd (m)

Mätplats Nr. Beteckning	Typ av gata		h m	a m	b m	Skyltad hastighet km/tim	Antal for- don/tim	% tunga fordon	Uppmätt L_{Aq} dB(A)	L_{Aq} dB(A) vid 1000 FE/tim x)
	x	x								
Göteborg										
11	Teatergatan	x	1,5	6	4,5	50	148	6	63,7	70,1
12	Badhusgatan	x	1,5	9	5	50	1000	17	78	74
13	Odinsgatan	x	1,5	15	10	50	1120	10	77,2	73,9
14	Linnégatan	x	6	15	20	50	1108	11	70,7	67,4
14.1	"		12			50	1108	11	70,3	67
14.2	"		19			50	1108	11	69,9	66,6
15	Aschebergsg.	x	4	15	12	50	580	6	71,9	72,4
15.1	"		11			50	580	6	71,3	71,7
15.2	"		18			50	580	6	70,6	71
16	Yrvädersgat. skivhus på avst. från gatan		4	14	26	70	968	14	69,8	68,8
16.1	"		11			70	968	14	70,9	69,9

x) k har satts till 10 resp. 3 vid skyltade hastigheterna 50 resp. 70 km/tim.

a = gatubredd (m), b = avstånd till vägmitt (m), h = mikrofonhöjd (m)

Mätplats Nr. Beteckning	Typ av gata	h m	a m	b m	Skyltad hastighet km/tim	Antal for- don/tim	% tunga fordon	Uppmätt L_{Aq} dB(A)	L_{Aq} dB(A) vid 1000 FE/tim ^{x)}
Göteborg									
16.2	Yrvädersgat. se ovan	18	14	26	70	968	14	71,2	70,2
17	" bakom huset	4	14		70	866	17,5	56	55,5
17.1	" "	11			70	866	17,5	56,7	56,2
17.2	" "	18			70	866	17,5	57	56,5
18	" i öppet fönst.				70	1856	9,7	69,2	65,7
18.1	" dikt an vägg				70	1856	9,7	72,1	68,6
18.2	" 0,5 m fram- för vägg				70	1856	9,7	69,8	66,3
19	Delsjövägen, frifält	1,5	10	15	50	960+3 ^{xxx)}	11	72,1	67,6
19.1	" "	1,5	10	25	50	960+3 ^{xxx)}	11	69,8	62,1
19.2	" "	1,5	10	35	50	960+3 ^{xxx)}	11	63	60,2
19.3	" "	1,5	10	45	50	1044+4 ^{xxx)}	14,2	62,2	58,4

x) k har satts till 10 resp. 3 vid skyltade hastigheterna 50 resp. 70 km/tim. xx) spårvagnar

a = gatubredd (m), b = avstånd till vägmitt (m), h = mikrofonhöjd (m)

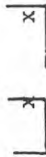
Mätplats Nr. Beteckning	Typ av gata	h		a	b	Skyltad hastighet km/tim	Antal for- don/tim	% tunga fordon	Uppmätt L_{Aq} dB(A)	L_{Aq} dB(A) vid 1000 FE/tim x)
		m	m							
Göteborg										
20	Delsjöv. 0 m framf. fasad	1,5				50	1200+2	17	68,2	63,4
20.1	" 0,25 m	1,5				50	1200+2	17	66,8	62,0
20.2	" 0,5 m	1,5				50	1200+2	17	66,4	61,6
20.3	" 1 m	1,5				50	1200+2	17	66,1	61,3
20.4	" 2 m	1,5				50	1312+4	18	66,5	61,1
20.5	" 4 m	1,5				50	1312+4	18	65,9	60,5
20.6	" "frifält"	1,5				50	932+3	14	61,9	50,5
21	St. Sigfrids- gatan "frifält"	1,5				50	1000	18,5	71,9	67,6
21.1	" 0 m framf. fasad	1,5				50	1000	18,5	76,4	72,1
21.2	" 0,5 m "	1,5				50	1000	18,5	74,4	70,1
21.3	" 0 m "	1,5				50	1312	14	72,4	

x) k har satts till 10 resp. 3 vid skyltade hastigheterna 50 resp. 70 km/tim.

a = gatubredd (m), b = avstånd till vägmätt (m), h = mikrofons höjd (m)

Mätplats
Nr. Beteckning

Typ av gata



L_{Aq} dB(A)
vid 1000 FE/tim x)

Uppmätt
 L_{Aq} dB(A)

% tunga
fordon

Antal for-
don/tim

Skyltad
hastighet
km/tim

h m
a m
b m

Göteborg

22	Ejdergatan	x	1,5	6	6,5	50	98	45	73	76,1
23	Svangatan	x		6	7	50	1520	-	74	72,2
24	Ånäsvägen	x	1,5	12	15	50	846+26	2	71,5	71,5
25	"					50	"	2	71	71
26	"					50	512	6,5	70,6	71,6
27	Redbergsvägen	x	1,5	15	10	50	380	6,5	73	75
28	Olskroksgatan	x	1,5	9	7,5	50	50	8	64,5	75
29	Borgaregatan	x	1,5	7	7	50	145	15	64,4	69
30	Riddargatan	x	1,5	23	18	50	1969	13,5	76,8	70,4
30.1	" olika lägen	x	1,5	23	18	50	"	13,5	77,8	71,4
30.2	"	x	1,5	23	18	50	2309	11,8	75,7	69

x) k har satts till 10 resp. 3 vid skyltade hastigheterna 50 resp. 70 km/tim.

a = gatubredd (m), b = avstånd till vägmitt (m), h = mikrofonhöjd (m)

Mätplats Nr. Beteckning	Typ av gata	x		h m	a m	b m	Skyltad hastighet km/tim	Antal for- don/tim	% tunga fordon	Uppmätt L_{Aq} dB(A)	L_{Aq} dB(A) vid 1000 FE/tim x)
		x	x								
Göteborg											
31	Kaggledgat. vid övergångsställe			1,5	6	5	50	388	7	71,7	73,7
31.1	" 20 m från ö.			1,5	6	5	50	388	7	70,1	72,1
31.2	" 40 m från ö.			1,5	6	5	50	388	7	69,8	71,8
31.3	" 60 m från ö.			1,5	6	5	50	388	7	68,7	70,7
32	Gubberogatan	x		1,5	12	7,5	50	600	6,5	71,3	71,7
32.1	"			4,5	12	7,5	50	600	6,5	71	71,4
32.2	"			7	12	7,5	50	600	6,5	71	71,4
32.3	"			12	12	7,5	50	600	6,5	68,4	68,8
33	Haga Östergata	x		1,5	4	3	50	290	3,5	66,5	70,7
33.1	"		x	1,5	4	3	50	290	3,5	64,7	68,9

x) k har satts till 10 resp. 3 vid skyltade hastigheterna 50 resp. 70 km/tim.

a = gatubredd (m), b = avstånd till vägmitt (m), h = mikrofonhöjd (m)

Mp 31-31.3 har ej sluten bebyggelse

Mätplats Nr. Beteckning	Typ av gata	h m	a m	b m	Skyltad hastighet km/tim	Antal for- don/tim	% tunga fordon	Uppmätt L_{Aq} dB(A)	L_{Aq} dB(A) vid 1000 FE/tim ^x
Göteborg									
34	Örngatan	x ¹⁾	1,5	5	3	50	63	60,4	73,6
35	Midvintersgat.		1,5	6,5	10	50	310	70	73,7
36	Skårsgatan		1,5	9	8	50	370	72	74,8
37	Ö. Husargatan	x	1,5	10	9	50	1235	76,5	73,8
38	Vegag. vid kors- ning		1,5	7	8	50	580	66	67,3
38.1	" 100 m fr. k.		1,5	7	8	50	480	64	66,8
39	Allén 10 m fr. korsning		1,5	10	10	50	400	72,1	76,1
39.1	" 30 m "		1,5	10	10	50	400	70,2	74,2
39.2	" 50 m "		1,5	10	10	50	400	70,2	74,2
39.3	" 70 m "		1,5	10	10	50	400	69,2	73,2
39.4	" 10 m "		1,5	10	10	50	317	72,8	77,8

x) k har satts till 10 resp. 3 vid skyltade hastigheterna 50 resp. 70 km/tim.

a = gatubredd (m), b = avstånd till väggmitt (m), h = mikrofonhöjd (m)

1) kraftig lutning.

Mp 39-39.4 saknar nära bebyggelse.

Nr.	Mätplats Beteckning	Typ av gata		h m	a m	b m	Skyltad hastighet km/tim	Antal for- don/tim	% tunga fordon	Uppmätt L_{Aq} dB(A)	L_{Aq} dB(A) vid 1000 FE/tim x)
		x	x								
Östeberg											
39.5	Allén 10 m fr. se ovan korsning			1,5			50	317	-	71,9	76,9
40	Korsningen Torslandaväg./Åskvädersg. 12 m fr. korsning			1,5			50	1716	25	76,6	72,3
40.1	Dito/andra sidan			1,5			50	1716	25	76,6	72,3
40.2	Dito/34 m från korsning			1,5			50	1716	25	76,6	72,4
40.3	Dito/64 m från korsning			1,5			50	1716	25	76,6	71,9
41	Korsningen St. Sigfridsg./Skårsgat. 12 m fr. korsning			1,5			50	880	20	78	74
41.1	Dito/44 m från korsning			1,5			50	880	20	73,8	69,8
41.2	Dito/64 m från korsning			1,5			50	880	20	74	70
41.3	Dito/84 m från korsning			1,5			50	880	20	74	70

x) k har satts till 10 resp. 3 vid skyltade hastigheterna 50 resp. 70 km/tim.

a = gatubredd (m), b = avstånd till vägmitt (m), h = mikrofonhöjd (m)

Mätplats Nr. Beteckning	Typ av gata	x		h m	a m	b m	Skyltad hastighet km/tim	Antal for- don/tim	% tunga fordon	Uppmätt L _{Aq} dB(A)	L _{Aq} dB(A) vid 1000 FE/tim x)
		x	x								
Karlstad											
42	Järnvägsгат.	x		1,5	13	10	50	248	16	69,5	71,7
43	"			1,5	13	10	50	354	4	69,7	72,9
44	"			1,5	13	10	50	326	9	68	70,3
45	"			1,5	13	10	50	460	3	68	70,4
46	Drottningгат.	x		1,5	15	11	50	288	4	67	71
47	V:a Torgгат.	x		1,5	10	7,5	50	198	10	67	71,2
48	"			1,5	10	7,5	50	262	4,5	66	70,3
49	Ö:a Torgгат.	x		1,5	13	10	50	446	8,5	70,8	71,8
50	"			1,5	13	10	50	618	3	69,2	70,2
51	Tingvallгат.		x	1,5	6	12	50	328	14	67,5	68,8
							50	628	7	68,8	68,4

x) k har satts till 10 resp. 3 vid skyltade hastigheterna 50 resp. 70 km/tim.

a = gatubredd (m), b = avstånd till vägmitt (m), h = mikrofonhöjd (m)

Mätplats Nr. Beteckning	Typ av gata		h m	a m	b m	Skyltad hastighet km/tim	Antal for- don/tim	% tunga fordon	Uppmätt L _{Aq} dB(A)	L _{Aq} dB(A) vid 1000 FE/tim ^{x)}
	x	x								
Värnamo										
52 Storgatan	x		5	10		50	980	9,5	73	70,5
53 Lagastigen		x	10	9	25	50	512	11	72	72
54 "		x	1,5	9	16	50	284	26	68,5	68,5
55 "		x	1,5	9	10	50	244	23,5	70	71
56 " 1)		x	1,5	9	48	50	244	23,5	56	57
57 Växjövägen		x	1,5	8	12	50	414	14	71	71
58 " 1)		x	1,5	8	55	50	414	14	56	56
59 Lasarettsgat.		x	1,5	10	10	50	136	1,5	61	68
60 "		x	1,5	10	70	50	136	1,5	55	62

x) k har satts till 10 resp. 3 vid skyltade hastigheterna 50 resp. 70 km/tim.

a = gatubredd (m), b = avstånd till vägmitt (m), h = mikrofonhöjd (m)

1) En tomt in i kvarteret. Mätplats 52-60 onges ej av slutna gatubebbyggelse.

Trafikbuller i stadsmiljö

SAMMANFATTNING

I innerstadsmiljö är trafikbullret vanligtvis så högt att målsättningsvärdet 55 dB(A) ekvivalent ljudnivå, dygnsvärde, bara kan innehållas på väl skärmade gårdar. Redan en så låg trafikintensitet som 25 personbilar/tim ger vid gatans husfasader en ekvivalent ljudnivå om 55 dB(A). Högtrafikerade gator kan utsättas för bullerimmission om 75-80 dB(A).

I en tidigare rapport till BFR D10:73 redovisas en beräkningsmetod för beräkning av trafikbullerstörningar kring vägar. Varken denna eller Planverkets beräkningsmetod är så fullständiga att de direkt kan användas för stadstrafikfallet. Det har därför varit angeläget att få en metod som är användbar även för stadstrafikfallet.

I Byggforskningens rapport 1976 /1/ redovisas en komplettering så att vägtrafikmodellen även kan användas för stadstrafikfallet. Dessutom redovisas en förenklad beräkningsmetod.

Ljudutbredningsfaktorer

Från ljudutbredningssynpunkt sett skiljer sig stadstrafikfallet väsentligt från vägtrafikfallet. I en stadsgata är det ofta ett kort avstånd mellan ljudkällan - fordonet - och den störda ytan. Markens inverkan påverkar endast i ringa grad utbredningen medan man däremot kan förvänta sig att reflekterande fasader och korsningar m m komplicerar ljudutbredningen.

Parametrar som inverkar på bulleremissionen

Normal vägtrafik uppvisar normalt en jämn rytm. Hastighetsreducerande faktorer såsom trafikljus, korsningar med gator med eller utan stoppljus, rondeller, busshållplatser, stock-

ningseffekter är faktorer som är specifika för trafiken i innerstaden. Dessa faktorer påverkar ljudalstringen genom att hastighet, växelval, passagetid ändras. Problemet att enkelt definiera bulleralstringen tycks därför vara mycket komplex.

Mätningar

Trafikbullret har mätts på ett stort antal gator av olika typ i några olika städer. Vid varje mätning har dessutom trafikräkning skett. De valda gatorna representerar varierande trafik, hastighet, bebyggelse o s v. Avsikten med mätningarna har dels varit att bestämma bulleremissionen och dels att studera bullrets utbredning utefter gatans fasader och in i närliggande bebyggelse.

Mätmetod

Den ekvivalenta ljudnivån i dB(A) har mätts. För detta ändamål har vi använt en eller flera dosimetrar - instrument som kontinuerligt integrerar en signal proportionell mot ljudtryckets kvadrat.

Resultat och beräkningsmetod

Ljudnivån i gatunivå

Den ekvivalenta ljudnivån som funktion av avstånd vid utbredning över hård mark visas i figur 1. Kurvan är densamma som används i vägtrafikfallet. Det är emellertid viktigt att man i gatutrafikfallet med vanligen korta utbredningsavstånd använder ekvivalenta avståndet och att korrektioner orsakade av reflexer adderas.

Inverkan av reflexer har bl a studerats av Lindqvist /2/. Han har använt spegelmodellen. En jämförelse mellan mätningar och teoretiska beräkningar visar att man normalt kan räkna med att gatufasaderna har en reflexionsfaktor, ρ , omkring 0,7. Fasadernas verkliga reflexionsfaktor är troligen normalt högre. Den angivna reflexionsfaktorn skall därför ses som en sammanlagring

av fasadernas nivåhöjande effekt och trafikens egen påverkan av ljudutbredningen i gatan. För att göra beräkningen enklare har här testats en metod att endast betrakta tre reflexer men räkna med att reflexionsfaktorn $\rho = 1$. Överensstämmelsen mellan dessa beräkningar och $\rho = 0,7$ (i det senare fallet medtas ett stort antal reflexer) ligger normalt inom 0,5 dB. Detta betyder att i gatuplansnivå höjs nivån vid fasad (0,5 m från fasad) i fallet två-sidig bebyggelse med ungefär 4 dB jämfört med fallet inga fasader.

Korrektion för hastigheten görs enligt sambandet $30 \cdot \log \frac{v}{50}$ där v = medelhastigheten.

Korrektioner orsakade av korsningar

Normalt kan man bortse från de nivåhöjningar som erhålles vid korsningar. Bullernivån vid korsningen kan vara såväl högre som lägre jämfört med vad som gäller på något avstånd från korsningen. I de fall gator med ungefär lika trafikintensitet korsar varandra kan man räkna med en nivåhöjning om 3 dB jämfört med nivån vid den enskilda gatan.

Dämpning in i sidogator

Dämpningen in i sidogator är beroende av sidogatans bredd. För normalfallen kan man räkna med en dämpning om 5-7 dB per avståndsdubbling räknat från huvudgatans mitt.

Bullrets variation i vertikalled

I figur 2 ges exempel på trafikbullrets variation i vertikalled. Bullernivån avtar naturligtvis snabbare i den smala gatan än i det breda gatufallet.

Förenklad metod för beräkning av gatutrafikbuller

Mätresultaten visade att det fanns anledning att göra en enkel beräkningsmetod. Vi fann att man kunde dela upp gatutyperna i fyra olika kategorier och där man för en specificerad trafikintensitet kunde inplacera gatorna i vissa bullernivåintervall.

I figur 3 visas bullernivån för dessa fyra olika kategorier gator.

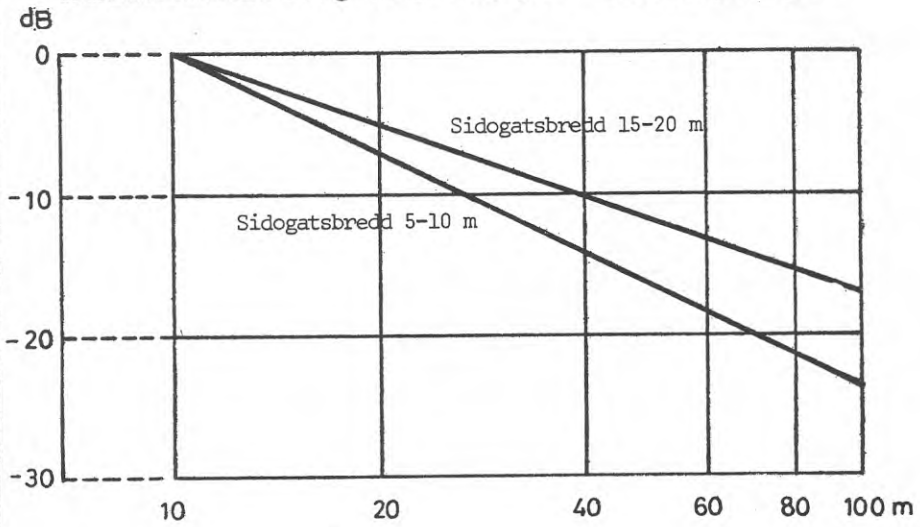
Betr. ljudnivåns avtagande in i bebyggelse och in i sidogator resp. uppefter husfasader används samma beräkningsmetodik som i den första beräkningsmetoden.

Referenser

- /1/ Benjegård, S-O, Ljunggren, S, BFR rapport 1976
Trafikbuller i stadsmiljö.

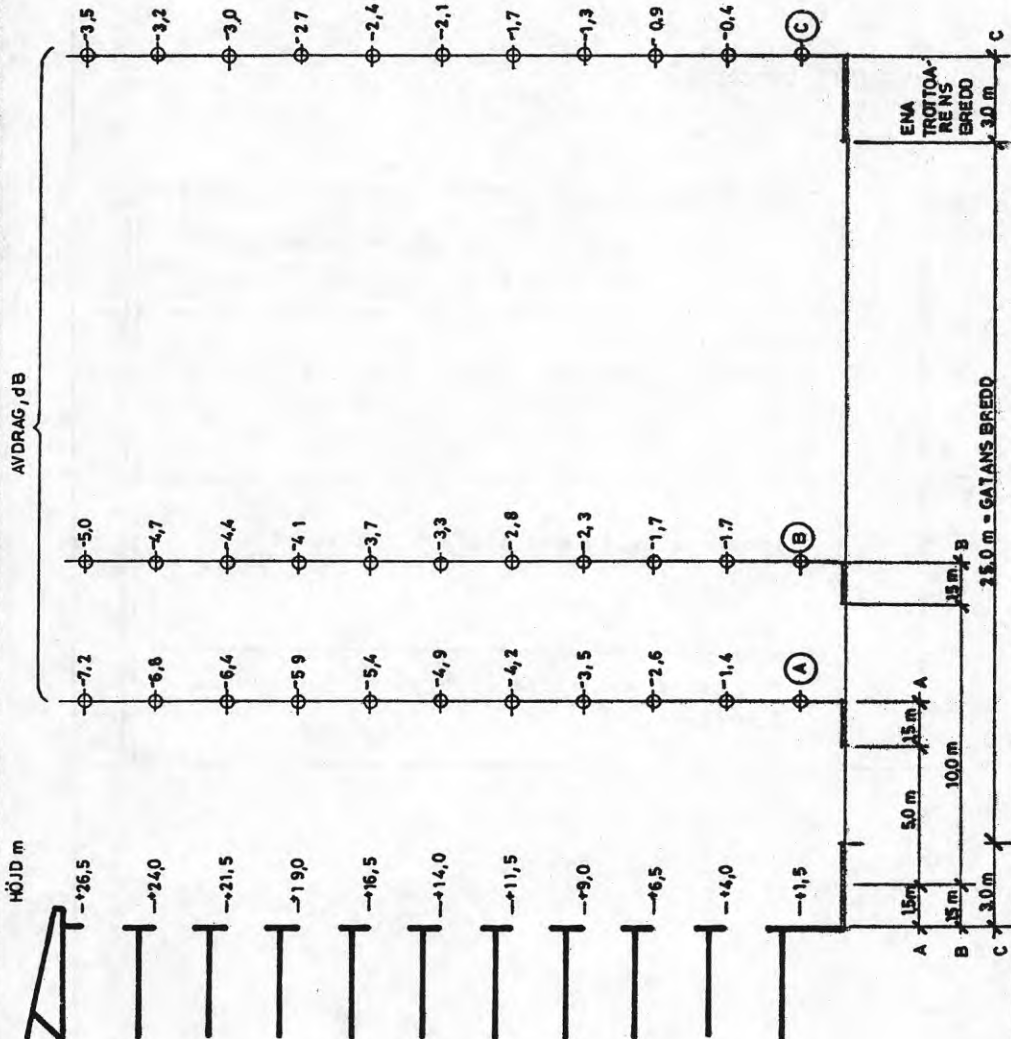
- /2/ Lindqvist, T, Rockwool rapport 197
Ljudabsorberande fasader.

Trafikbullernivåns avtagande in i sidogator - Beräkningsnomogram.



Figur 1

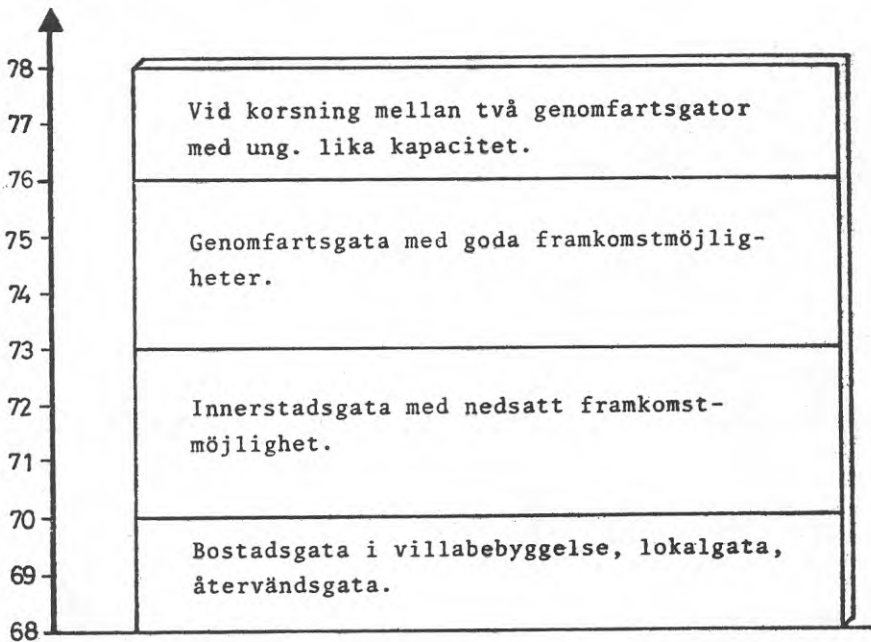
Ekvivalenta ljudnivåns variation utefter fasaden vid olika gatugeometri.



Figur 2

Ekvivalent ljudnivå i dB(A) för olika gatukategorier.
Trafikfall 1000 FE/timme

EKVIVALENT LJUDNIVÅ
dB(A)



Figur 3

R49:1976

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag C 867 från
Statens råd för byggnadsforskning till Ingemansson Ingenjör-
byrå AB, Göteborg.**

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

Pris: 19 kr + moms