

Støj fra lastbiler. Målinger 2008



**Rapport nr. 21 – 4. udgave
Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger
DELTA**

Titel Støj fra lastbiler. Målinger 2008 / Rapport nr. 21 – 4. udgave
Vores ref. CB/JEL/THP/ilk
Rekvirent Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

Resumé

Kildestyrken er bestemt for 184 kørende lastbiler og 27 lastbiler i tomgang til brug for en evaluering af Støjdata bogens [2] afsnit om støj fra lastbiler udgivet i 1989.

I undersøgelsen indgår primært nyere, større lastbiler til brug for stykgodstransport i tomgang eller kørende med hastigheden 10-40 km/t.

Overordnet er kildestyrkerne i Støjdata bogens vedrørende lastbiler 2-4 dB højere end de tilsvarende kildestyrker målt i 2008. Den spektrale energifordeling af kildestyrkerne er stort set som angivet i Støjdata bogens.

Kildestyrkerne for de kørende lastbiler er forsøgt beskrevet som en lineær funktion af hastigheden, men hastigheden forklarer kun 15 % af variationen. Grupperes kildestyrkerne i 5 km/t hastighedsintervaller, forklarer hastigheden 90 % af variationen. Den umiddelbart ringe sammenhæng mellem kildestyrke og hastighed kan skyldes uens kørselsmønstre (kraftig/svag acceleration, deceleration med og uden motorbremse etc.), som det i denne undersøgelse ikke har været muligt at beskrive nærmere.

Resultaterne i form af de omtalte regressionslinjer vil kunne bruges i de tilfælde, hvor et større antal forskellige lastbiler kører med stykgods på en virksomheds grund. I givet fald må det forventes, at bilernes type, størrelse og hastighed samt kørselsmønstre nogenlunde svarer til situationen under målingerne.

Denne rapport erstatter 3. udgave af 4. juni 2015.

En fortegningsfejl i formlen i afsnit 3.1 er rettet i maj 2023.

Referencelaboratoriet, 26. maj 2023



Claus Backalarz
Referencelaboratoriet

Indholdsfortegnelse

1. Indledning.....	5
2. Målinger.....	5
2.1 Forbikørsel.....	5
2.2 Tomgang.....	8
2.3 Lastbiltyper.....	8
3. Analyser og beregning af kildestyrker	10
3.1 Kildestyrker forbikørsel.....	10
3.2 Kildestyrker tomgang	10
4. Resultater	11
4.1 Resultater af forbikørselsmålinger.....	11
4.2 Resultater af tomgangsmålinger	17
5. Diskussion	18
6. Anbefalinger vedrørende brug af resultaterne.....	19
7. Konklusion.....	20
8. Referencer.....	21

1. Indledning

Det er Referencelaboratoriets opfattelse, at det hovedsageligt er Støjatabogens del 3 om lastbiler (udgivet i 1989) [2], der benyttes af de certificerede personer og akkrediterede laboratorier. Det skyldes, at lastbiler, der ankommer til en virksomhed, oftest er mange forskellige enheder (mange uens lastbiler fra flere leverandører, fragtmænd etc.), og at det derfor er bedre at benytte en gennemsnitsværdi for kildestyrken frem for at måle på udvalgte, få enheder. Anderledes er det for fx gaffeltrucks og gummihjulsæssere, hvor det relative lille antal ofte gør det overskueligt at måle på de enkelte enheder. Behovet for undersøgelsen forstærkes af, at lastbilernes kørsel jævnligt er den mest betydende kilde, og at denne kildetype er vanskelig at dæmpe.

Formålet med dette projekt er at undersøge, om Støjatabogens kildestyrker for kørende lastbiler og lastbiler i tomgang stadig er repræsentative. På grund af de lave hastigheder er støj fra dæk og vej uden betydning og indgår derfor ikke i undersøgelsen.

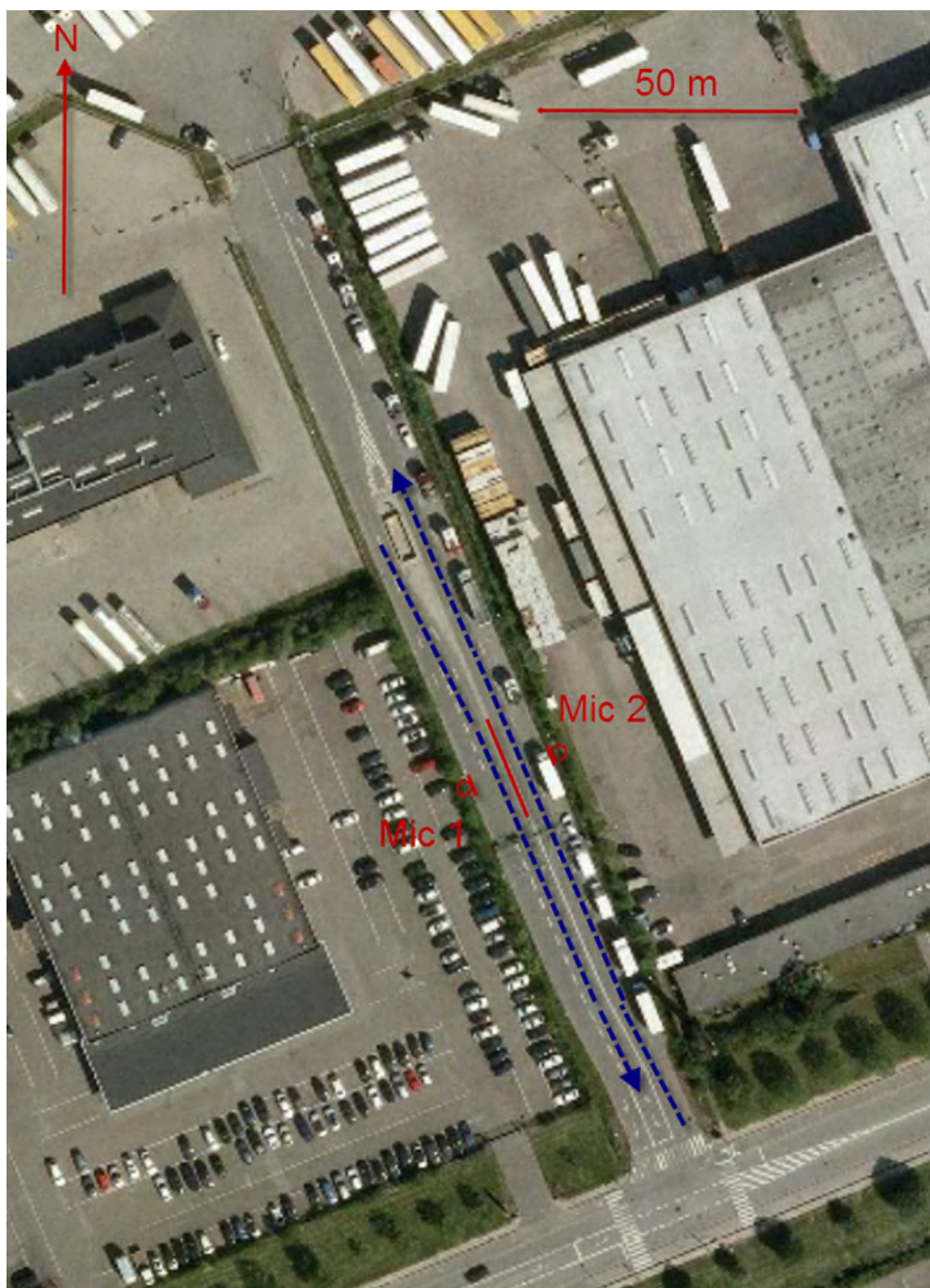
Da der er tale om undersøgelse af behovet for en revision af Støjatabogens afsnit om lastbiler beskrives resultaterne på notatform. Hvis det besluttet at revidere Støjatabogen, kan der udarbejdes en mere omfattende dokumentation for målingerne.

2. Målinger

2.1 Forbikørsel

Målingerne af forbikørsler blev foretaget den 6. juni 2008 i indkørslen til DSV's terminal i Brøndby (se Figur 1) i perioden kl.13.00 til 16.30. Dette sted er velegnet, da der ankommer og afgår mange lastbiler, strækningen er lang (ca. 200 m), lige og tilstrækkelig bred til, at der måles i tilpas stor afstand. Ulempen ved dette sted er, at det er en forholdsvis ensartet biltype, der betjener terminalen: sættevognstrækkere, lastvognstog og solovogne beregnet til stykgods. Endvidere er bilerne relativt nye, det vurderes at hovedparten er mindre end 5 år gamle.

Ind/udkørslen er i alt 15,1 m bred med to spor til indkørsel og to spor til udkørsel. I indkørselsiden benyttes det ene spor til parkering hvorved bilerne er tvunget til at benytte venstre spor. I udkørselssiden er der to frie spor, men under målingerne blev det yderste spor afspærret, så al udkørsel foregik i inderste spor.



Figur 1

Luftfoto af indkørslen, hvor målingerne foregik. Placeringen af målestrækningen, mikrofoner og køreruter er markeret.

Målingerne er foretaget efter forbikørselsmetoden beskrevet i afsnit 7.3 i [1]. Der blev benyttet to målemikrofoner, så støjemissionen kunne måles på begge sider af de passerende biler. Målemikrofonerne var placeret symmetrisk omkring vejmidten (7,5 m fra denne), således at den vandrette afstand mellem midten af de passerende lastbiler og målemikrofonen var henholdsvis 5,4 m og 9,7 m. Målehighøjden var 4 m over terræn. Ved passager med indadgående lastbiler var måleafstanden fra kørebanemidte til mikrofon 1 (vest) således

$$R_{\text{mic1,ind}} = (9,7^2 + 4,0^2)^{1/2} = 10,5 \text{ m}$$

og til mikrofon 2 (øst)

$$R_{\text{mic2,ind}} = (5,4^2 + 4,0^2)^{1/2} = 6,7 \text{ m.}$$

På grund af symmetrien var de tilsvarende afstande for udadgående lastbiler

$$R_{\text{mic1,ud}} = R_{\text{mic2,ind}} = 6,7 \text{ m og } R_{\text{mic2,ud}} = R_{\text{mic1,ind}} = 10,5 \text{ m.}$$



Figur 2

Foto af indkørslen, hvor målingerne foregik. Keglerne, der markere den sydlige ende af målestrækningen, ses på billedet.

Målingerne blev foretaget under bilernes passage af en 20 m lang strækning, der var markeret med kegler.

Den nærmeste mikrofon ved en lastbilpassage vil se den 20 m lange kørestrækning under en horisontal vinkel på 123° og den fjerneste mikrofon vil se strækningen under en horisontal vinkel på 92°.

Målingerne blev optaget på en harddiskrecorder, hvor spor 1 og 2 blev benyttet til optagelse af signalet fra mikrofon 1 og 2, og spor 3 blev benyttet til kommentarer. Ved passage af start- og stopkegle blev dette indtalt på kommentarsporet. Passagen af 20-meterstrækningen varede fra 1,75 s til 6,8 s svarende til gennemsnitlige hastigheder på 10,6 km/t til 41,1 km/t. Gennemsnitshastigheden var 24,8 km/t.

Kørselsmønsteret på målestrækningen var generelt ”svag acceleration” eller konstant hastighed.

Der blev målt på ca. 210 lastbiler, hvoraf de 184 er blevet medtaget i undersøgelsen. De resterende optagelser er kasseret pga. bl.a. forstyrrelser fra andre lastbiler.

2.2 Tomgang

Målingerne blev foretaget den 4. december 2008 i tidsrummet kl. 12.00 til 16.00 på DSV's terminalområde i Brøndby. Der blev målt på samme typer lastbiler som ved forbikørsels-målingerne, dvs. nyere sættevognstrækkere, solovogne eller lastvognstog beregnet til stykgods.

Alle målinger blev foretaget i afstanden 4,0 m til 8,0 m fra centrum af førerhuset i retningen ca. 45° fra bilens længdeakse og foran førerhuset. Der blev målt i én position pr. lastbil, hovedsageligt placeret på den side af bilen, hvor udstødningen var placeret (venstre). Målehøjden var 2,9 m over terræn.

På grund af aktiviteterne på terminalområdet var det ikke praktisk muligt at foretage målinger, der fuldstændig følger kuglemetoden beskrevet i [1]. Målingerne er ved beregning af kildestyrken betragtet som foretaget efter kuglemetoden med kun ét målepunkt.

Der blev målt i alt 27 lastbiler i tomgang.

2.3 Lastbiltyper

Der er ikke afsat midler til en nærmere klassificering af lastbilerne (fx totalvægt, motortype og -størrelse), men der er taget et billede af hver af de målte lastbiler, så en identifikation ville kunne foretages for hovedparten af lastbilerne.

Følgende lastbilmærker blev målt ved forbikørsel:

DAF: 17 stk., Fiat: 1 stk., IVECO: 8 stk., MAN: 36 stk., Mercedes: 18 stk., Nissan: 1 stk., Renault: 6 stk., Scania: 43 stk., Volvo: 53 stk., ukendt/ej noteret: 1 stk.

Følgende typer af lastbiler blev målt ved forbikørsel:

Lastbil med fast lad (langt chassis) med 2 aksler: 40 stk.

Lastbil med fast lad (langt chassis) med 3 aksler: 9 stk.

Lastbil med fast lad (langt chassis) med 4 aksler: 4 stk.

Lastbil med fast lad (langt chassis) med anhænger og 3 aksler: 4 stk.

Sættevognstrækker uden sættevogn, 2 aksler: 8 stk.

Sættevognstrækker uden sættevogn, 3 aksler: 21 stk.

Sættevognstrækker med sættevogn, 2 aksler: 32 stk.

Sættevognstrækker med sættevogn, 3 aksler: 65 stk.

Ukendt/ej noteret: 1 stk.

Følgende lastbilmærker blev målt i tomgang:

DAF: 4 stk., MAN: 5 stk., Mercedes: 3 stk., Scania: 7 stk., Volvo: 8 stk.



Figur 3

Foto fra en måling af tomgangsstøj.

3. Analyser og beregning af kildestyrker

Målingerne blev som nævnt optaget på en harddiskrecorder. Wav-filerne fra denne blev siden hen overført til programmet noiseLAB Express, hvori disse blev A-vægtet og analyseret i hel-oktaverne med centerfrekvenserne 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 og 8000 Hz.

Analyserne af forbikørselsmålingerne blev startet og stoppet på grundlag af de indtalte kommentarer. Hver optagelse blev gennemlyttet for at kunne fravælge optagelser med forstyrrende baggrundsstøj. Forstyrrende baggrundsstøj blev ligeledes kommenteret under optagelserne.

Fra noiseLAB Express blev de A-vægtede, energiækvivalente lydtrykniveauer $L_{Aeq,i}$ i 8 hel-oktaver overført til et regneark, hvor kildestyrken blev beregnet for hver forbikørsel og for hver lastbil i tomgang.

3.1 Kildestyrker forbikørsel

Kildestyrken ved forbikørsel blev beregnet af formel 7.3.2 i [1]:

$$L_{WA} = L_{Aeq,t} + 10\log(t) + 10\log(4va) - \Delta L_g - 10\log(\alpha/180) \quad 1)$$

hvor $L_{Aeq,t}$ er det målte energimidlede A-vægtede lydtrykniveau under forbikørslen,
 t er tiden, det tager at passere målestrækningen (20 m)
 v er middelhastigheden på målestrækningen
 a er måleafstanden (6,7 m eller 10,5 m)
 ΔL_g er terrænvirkningen (sat til 3 dB i alle oktavbånd)
 α er vinklen som kørestrækningen ses under fra målemikrofonerne, som er henholdsvis 123° og 92° for den nærmeste og fjerneste mikrofon.

v er beregnet på grundlag af analysetiden for forbikørslerne, der svarer til tiden, fra forakslen passerer indgangskeglen, til forakslen passerer udgangskeglen. L_{WA} er beregnet for hel-oktaverne 63 Hz til 8 kHz.

Bemærk, at leddet 1) i ovenstående formel fejlagtigt ikke indgår i formel 7.3.2 i [1].

Da mikrofonerne stod asymmetrisk i forhold til kørebanemidten for henh. indkørsel og udkørsel, er der for hver forbikørsel beregnet en kildestyrke for venstre side samt for højre side af lastbilen under hensyntagen til måleafstandene (6,7 m og 10,5 m). Den samlede kildestyrke er beregnet som energimiddelværdien af kildestyrken for højre og venstre side.

3.2 Kildestyrker tomgang

Kildestyrken for lastbiler i tomgang er beregnet på grundlag af en måling efter kuglemetoden beskrevet i afsnit 6.2 i [1]. Metoden er hensyn til projektets omfang afvejet, idet der for hver lastbil kun er målt i ét punkt på målefladen i den side af lastbilen, hvor udstødningsrøret var monteret (normalt venstre side). Det må derfor forventes, at den beregnede kildestyrke er kraftigere, end hvis der var målt i 4 punkter/retninger, som metoden foreskriver (supplerende punkter kan være nødvendige under visse omstændigheder).

Der blev generelt målt i en vinkel på ca. 45° fra lastbilernes centerakse, foran bilerne, i bilens venstre side og i højden 2,9 m over terræn. Afstanden R var fra 6,4 m til 10,1 m målt fra et punkt på terræn under førerhusmidten til målemikrofonen. Det vurderes, at det akustiske centrum er beliggende et sted mellem udstødningsmundingen og motorcentrum, men er ved beregningerne antaget at ligge i førerhusets midte svarende til centrum af motoren.

Kildestyrken ved tomgang blev beregnet af formel 6.2.5 i [1]:

$$L_{WA} = L_{Aeq} + 10\log(2\pi R^2)$$

hvor L_{Aeq} er det målte energimidlede A-vægtede lydtrykniveau under målingen,
 R er afstanden fra punktet på terræn midt under førerhuset til målemikrofonen.

Der blev målt på hårdt terræn (asfalt eller flisebelægning).

Bilerne blev alle målt ved almindelig (ikke forceret) tomgang. Omdrejningstallet blev ikke registreret, men vil kunne findes på grundlag af lydoptagelserne og FFT-analyse.

4. Resultater

4.1 Resultater af forbikørselsmålinger

Der foreligger 184 gode målinger af forbikørsler, dvs. målinger, der ikke er kasseret på grund af forstyrrende baggrundsstøj. Dermed foreligger der 184 heloktavspektre for kildestyrken L_{WA} med tilhørende totalniveau, bilmærke, biltype (antal aksler, med eller uden sættevogn mv.) samt hastighed.

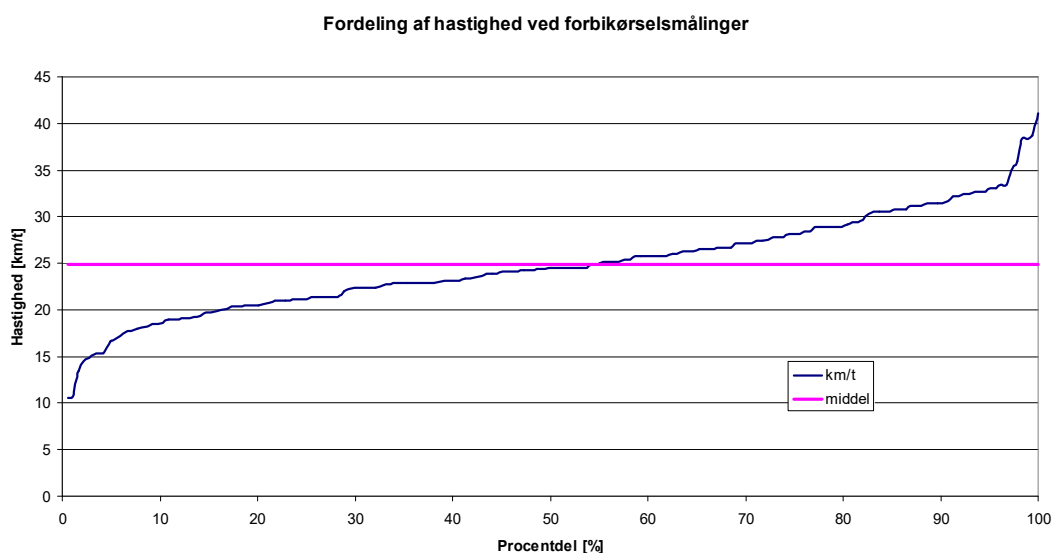
Der er grundlag for statistisk at behandle og betragte den forholdsvis store datamængde på mange måder. De mest nærliggende er at beskrive kildestyrken som funktion af hastigheden og motorstørrelsen i cm^3 eller i hestekræfter. Da projektets økonomi ikke har tilladt en fastlæggelse af motorstørrelserne, har databehandlingen været koncentreret om hastigheden, men også biltypen og bilmærket har været inddraget i den statistiske analyse. Endvidere er der blevet skelet til Støjdata bogens opdeling i kategorierne ”svag acceleration 10-20 km/t”, ”svag acceleration 40 km/t”, ”kraftig acceleration”.

Kørselsmønsteret på stækningen var forskelligt afhængig af bl.a. chaufførens temperament, den øvrige trafik i indkørslen, om der var grønt i trafiklyset i starten af indkørslen (gælder ud-kørende biler, der så typisk accelererede eller holdt farten på måletrækningen) og om der ved indkørsel blev startet fra rødt i lyskurven (i givet fald blev der typisk stadig accelereret på målestrækningen).

Det har vist sig vanskeligt at gruppere optagelserne efter kørselsformen, hvilket kunne have medvirket til en opdeling i stil med Støjdata bogens opdeling og givet en bedre beskrivelse af kørselsformens indflydelse på kildestyrken.

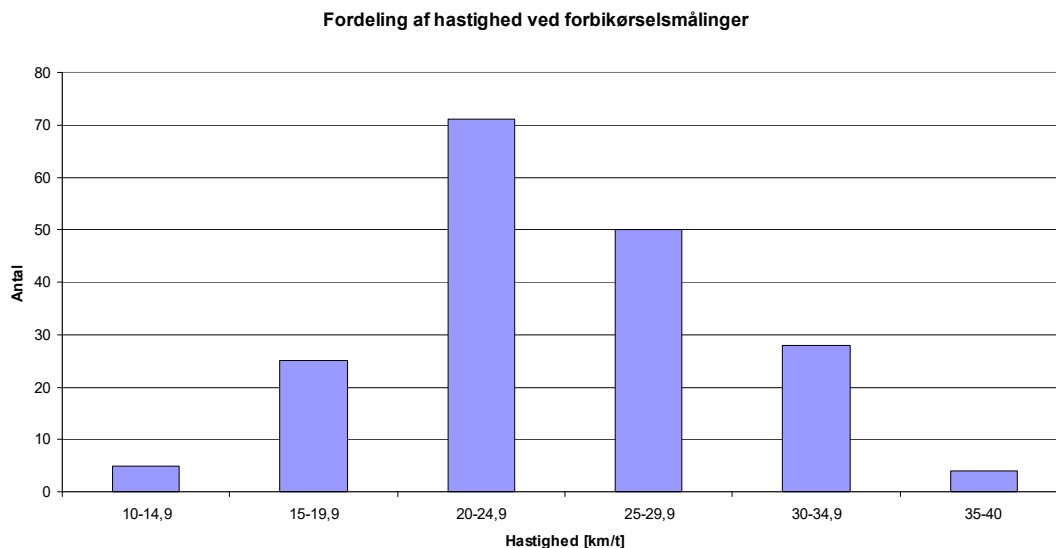
Derfor må målingerne overordnet set betragtes som en undersøgelse af, hvordan lastbiler typisk støjer under de givne forudsætninger, som bl.a. er: Forholdsvis ens biler (større, nyere lastbiler til stykgodstransport), kørsel på lang, lige strækning, blanding af acceleration, deceleration, jævn hastighed, kørsel med og uden motorbremse, hastigheder fra ca. 10-40 km/t, forskellige chauffører og forskellig belastning (der er ikke foretaget undersøgelser af vægten af lasten i bilerne).

Sammenfattende er resultatet af databehandlingen, at der opnås den bedste korrelation til den totale, A-vægtede kildestyrke ved lineær regression, når den uafhængige variabel er hastigheden. Dette gælder under forudsætning af, at forbikørslerne grupperes i 5 km/t intervaller (10-15 km/t, 15-20 km/t etc.), og at energimiddelværdien af hver gruppes totale, A-vægtede kildestyrker benyttes som den afhængige variabel.



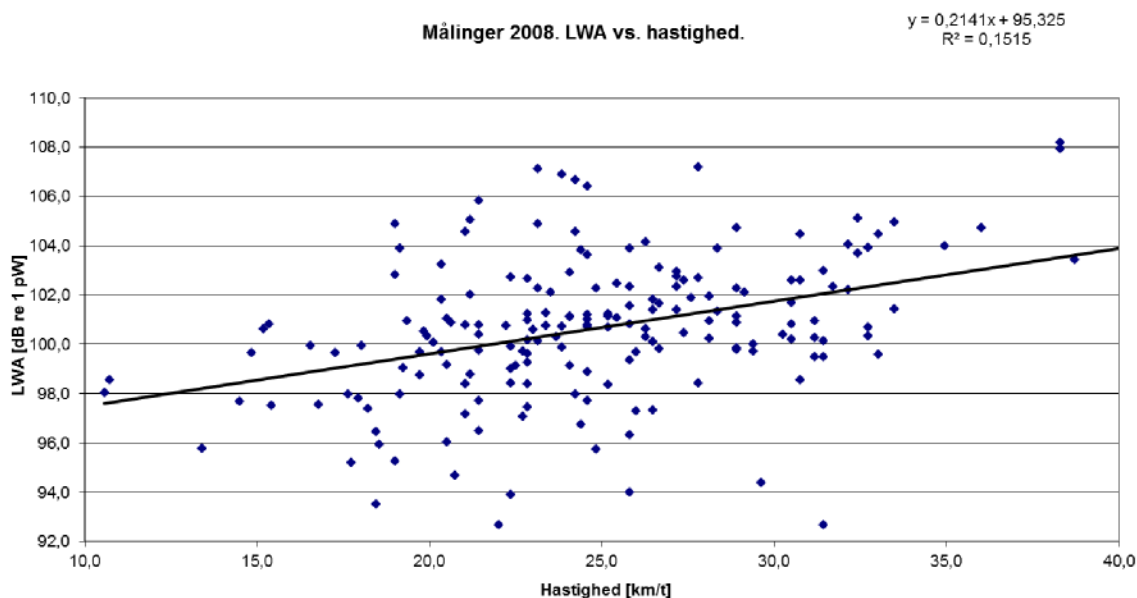
Figur 4
Hastighedsfordelingen ved forbikørsel.

I Figur 4 er fordelingen af hastighederne på måletrækningen vist. Hastighederne er fra 10,6 km/t til 41,1 km/t med en middelværdi på 24,8 km/t.



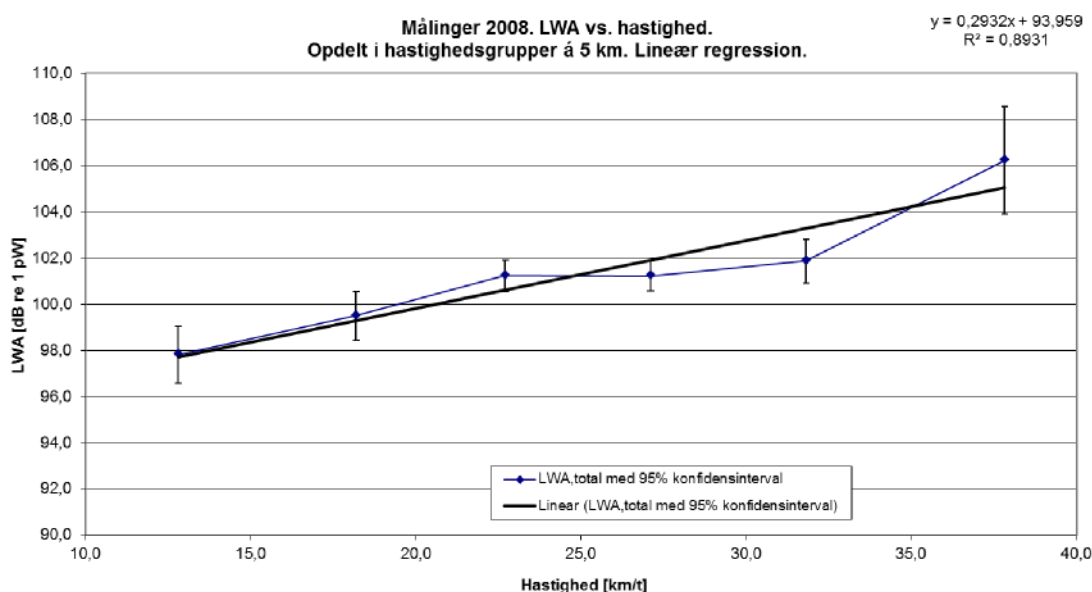
Figur 5
Fordeling af hastigheder opdelt i 5 km/t intervaller.

I Figur 5 er antallet af biler i hver 5 km/t gruppe (10-15 km/t, 15-20 km/t etc.) vist. Det ses, at 71 af de 184 biler kørte med en hastighed mellem 20 og 25 km/t.



Figur 6
 L_{WA} som funktion af hastigheden.

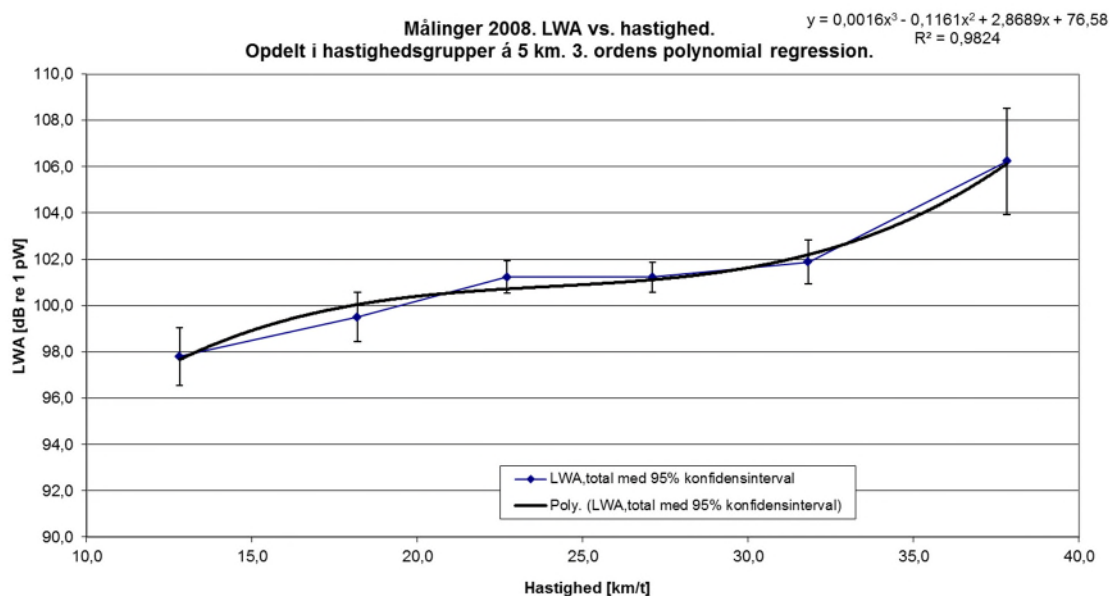
Figur 6 viser kildestyrken (A-vægtet lydeffektniveau) som funktion af hastigheden samt en lineær regression foretaget efter mindste kvadraters metode. Det ses, at determinationskoefficienten R^2 er 0,15, hvilket betyder, at kun 15 % af variationen kan forklares med (den uafhængige variable) hastigheden. Det bemærkes også, at der er afvigelser på op til 15 dB tæt omkring fx 23 km/t.



Figur 7

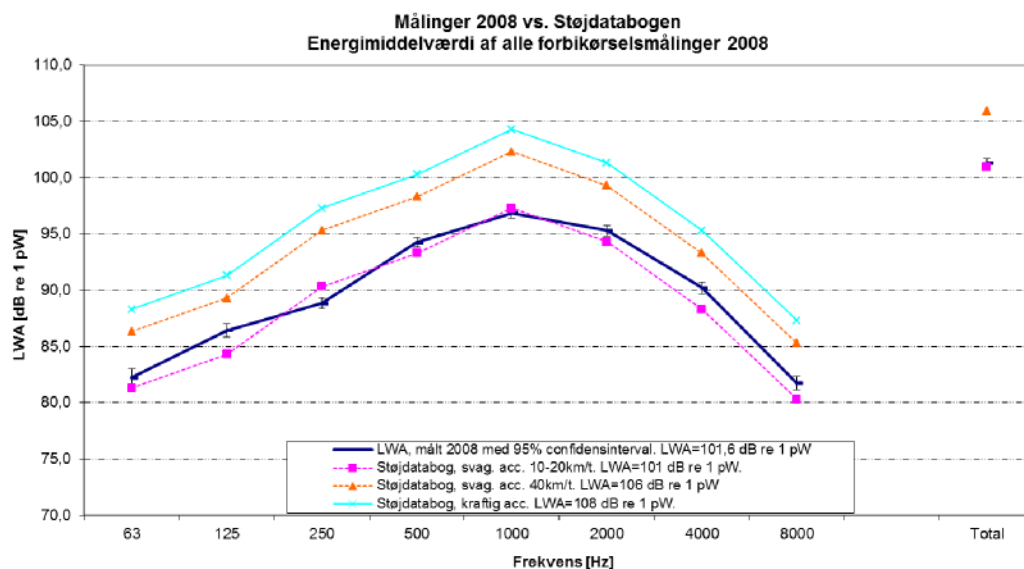
Lineær regression af L_{WA} som funktion af hastigheden. Hvert af punkterne repræsenterer energimiddelværdien af L_{WA} for det respektive hastighedsinterval (10-15 km/t, 15-20 km/t etc.).

I Figur 7 er hastighederne grupperet i 5 km/t intervaller, og 95 % konfidensintervallerne er vist for hver gruppering. Endvidere er der vist en ny regressionslinje på grundlag af middelhastigheden for hver gruppe og gruppens middelmålt kildestyrke. Den viste kildestyrke for hver gruppe er energimiddelværdien af gruppens totale A-vægtede lydeffektniveauer. Det ses, at grupperingen som forventet udjævner afvigelserne fra regressionslinjen betydeligt, og at 89 % af variationen kan forklares med "gruppeshastigheden". Regressionslinjen ligger inden for 95 % konfidensintervallerne undtagen ved 30-35 km/t intervallet. En bedre regression fås, hvis der benyttes en 3. ordens polynomial regression, som det ses i Figur 8.



Figur 8

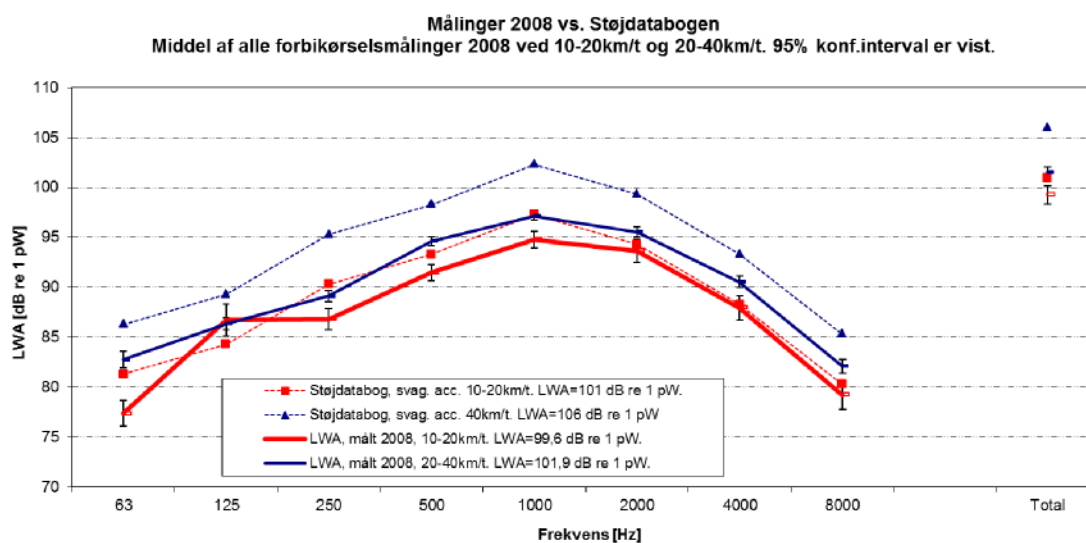
3. ordens polynomial regression af L_{WA} som funktion af hastigheden. Hvert af punkterne repræsenterer energimiddelværdien af L_{WA} for det respektive hastighedsinterval (10-15 km/t, 15-20 km/t etc.).



Figur 9

Spektral fordeling af L_{WA} for Støj databogens spektre for kørende lastbiler sammenholdt med 2008-målingernes resultat (nederste blå kurve).

Spektrene for Støjdatabogens kildestyrker for kørende lastbiler er vist på Figur 9 sammen med energimiddelværdien af samtlige 184 forbikørsler. 95 % konfidensintervallerne for sidstnævnte værdier er også vist. De er fra 0,8 til 1,5 dB. Det ses, at middelværdier af de målte kildestyrker i 2008 (som oktavener og totalt) generelt ligger under Støjdatabogens værdier.



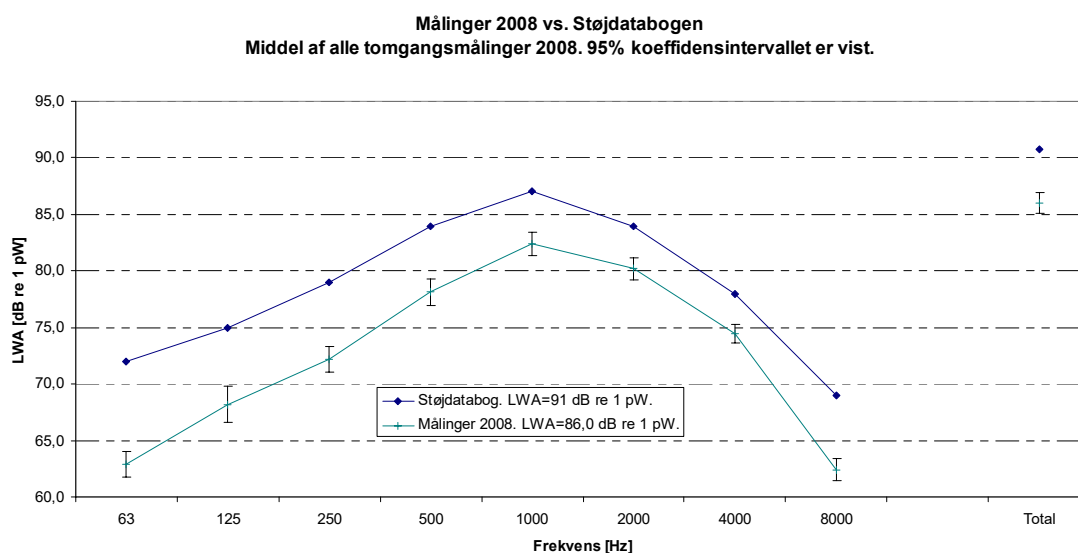
Figur 10

Spektral fordeling af L_{WA} for Støjdatabogens spektre for kørende lastbiler sammenholdt med 2008-målingernes resultater. De fuldt optrukne kurver er 2008-målingerne. Blå kurver er 10-20 km/t, og de røde kurver er 20-40 km/t.

Figur 10 viser heloktavspektrene for de målte lastbiler i 2008 delt op i hastighedsgrupperne 10-19,9 km/t og 20-40 km/t, således at der kan foretages en sammenligning med Støjdatabogens grupperinger "svag acceleration 10-20 km/t" og "svag acceleration 40 km/t". Spektrene for sidstnævnte grupperinger er også vist på figuren. Det ses, at 2008-kildestyrkernes totalniveauer er ca. 1-2 dB lavere for "svag acceleration 10-20 km/t" og ca. 2 dB lavere for "svag acceleration 40 km/t". 2008-oktavværdier og totalværdier er generelt mindre end de respektive værdier fra Støjdatabogen undtagen for "svag acceleration 10-20 km/t" ved 125 Hz.

4.2 Resultater af tomgangsmålinger

Alle 27 målinger af tomgangsstøj indgår i resultatet i form af energimiddelspekteret af de målte kildestyrker.



Figur 11

Spektralfordeling af L_{WA} for Støjtabbogens spektre for lastbiler i tomgang sammenholdt med 2008-målingernes resultater.

Det ses af Figur 11, at den totale kildestyrke (det A-vægtede lydeffektniveau) for 2008-målingerne er 5 dB mindre end værdien i Støjtabbogen. I oktavbåndene er 2008-værdierne fra 3,5-9,1 dB mindre end Støjtabbogens tal. Alle 2008-værdier er signifikant mindre end de tilsvarende værdier i Støjtabbogen.

5. Diskussion

Undersøgelsen af støjen fra moderne lastbiler indikerer flere ting:

1. Der er umiddelbart kun en lille sammenhæng mellem hastighed og kildestyrke. Det kan forklares med, at bilernes kørselsmønster var varierende fra kraftig acceleration til biler, der trillede forbi målestrækningen med koblingen i bund. Det har ikke været muligt at gruppere forbikørslerne efter kørselsmønster og dermed lade dette være en parameter i den efterfølgende databehandling.
2. Grupperes kildestyrkerne i hastighedsgrupper á 5 km/t fås en sammenhæng mellem hastighed og kildestyrke som $L_{WA}(v) \approx 94 + 0,3v$ [dB re 1 pW], hvor v er hastigheden i km/t. Denne formel vil kunne bruges i situationer, hvor mange forskellige lastbiler har mulighed for at køre "frit", og hvor man har kendskab til hastighedsfordelingen. Formlen vil være uegnet fx på strækninger i grusgrave med stejle stigninger.
3. Middelværdien af kildestyrken for samtlige forbikørsler er $L_{WA} = 101$ dB re 1 pW, hvilket skal sammenholdes med Støjdata bogens opgivelser på $L_{WA} = 101$ dB re 1 pW for "10-20 km/t svag acc.", $L_{WA} = 106$ dB re 1 pW for "40 km/t svag acc." og $L_{WA} = 108$ dB re 1 pW for "kraftig acc.". Dette bekræfter, at Støjdata bogens kildestyrker overvejende er kraftigere, end hvad der kan måles på moderne lastbiler.
4. Hvis 2008-målingernes kildestyrker for forbikørsler grupperes som i Støjdata bogen fås $L_{WA} = 99$ dB re 1 pW for "10-20 km/t svag acc." og $L_{WA} = 102$ dB re 1 pW for "40 km/t svag acc.", hvilket er henholdsvis ca. 1-2 dB og 4 dB mindre end angivet i Støjdata bogen.
5. Tomgangsstøjen er i 2008 i gennemsnit $L_{WA} = 86$ dB re 1 pW, medens den i Støjdata bogen er angivet til $L_{WA} = 91$ dB re 1 pW.
6. Energifordelingen af kildestyrken i heloktavbåndene fra 63 Hz til 8 kHz er nogenlunde som angivet i Støjdata bogen. Både ved forbikørsel og tomgang er hovedparten af energien at finde omkring 1000 Hz.

6. Anbefalinger vedrørende brug af resultaterne

Støjdbabogens [2] kildestyrker anbefales generelt i forbindelse med lastbiltrafik på virksomheder. Resultaterne i nærværende rapport kan benyttes i de tilfælde, hvor man ønsker at beregne støjbidraget fra nyere, større lastbiler til stykgodstransport, der kører med en hastighed mindre end 40 km/t på et nogenlunde vandret areal.

For kørende lastbiler beregnes det totale A-vægtede lydeffektniveau (kildestyrken) af formlen

$$L_{WA} = 94,0 + 0,3 \cdot v \text{ [dB re 1 pW]}, \quad v < 40 \text{ km/t}$$

hvor v er hastigheden i km/t.

For lastbiler i tomgang er kildestyrken $L_{WA} = 86 \text{ dB re 1 pW}$.

Den spektrale fordeling af lydenergien findes ved at addere værdierne i Tabel 1 til den totale kildestyrke L_{WA} .

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
Kørende	-19	-15	-13	-7	-4	-6	-11	-20
Tomgang	-20	-17	-11	-8	-4	-7	-13	-21

Tabel 1

Normerede korrektionsspektre for kildestyrken for henholdsvis kørende lastbiler og lastbiler i tomgang. [dB relativt til $L_{WA, total}$].

Eksempel: På en virksomhed er det målt, at lastbiler på en strækning i gennemsnit kører med hastigheden 25 km/t. Kildestyrken for en lastbil, der kører på strækningen (før der korrigeres for antal, strækningens længde, referencetidsrum etc.), findes af

$$L_{WA, total} = 94,0 + 0,3 \cdot 25 = 101,5 \text{ dB re 1 pW}$$

Beregningen af oktavværdierne ses i Tabel 2.

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
$L_{WA, total}$	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5
Korrektion	-19,0	-15,0	-13,0	-7,0	-4,0	-6,0	-11,0	-20,0
$L_{WA, oktav}$	82,5	86,5	88,5	94,5	97,5	95,5	90,5	81,5

Tabel 2

Eksempel på beregning af kildestyrke $L_{WA, oktav}$ for en kørende lastbil. [dB re 1 pW].

7. Konklusion

Kildestyrken er bestemt for 184 kørende lastbiler og 27 lastbiler i tomgang til brug for en evaluering af Støjdata bogens [2] afsnit om støj fra lastbiler udgivet i 1989.

Målingerne blev foretaget på DSV's terminal i Brøndby, hvorfor der hovedsageligt er målt på større, nyere og velholdte lastbiler beregnet på stykgodstransport. Undersøgelsen medtager således fx ikke biler til jord- og grustransport, biler til dagligvaredistribution, mindre lastbiler, betonblandere og tankbiler. Disse kan afvige både motormæssigt og vedligeholdelsesmæssigt fra de målte lastbiler og dermed også støjmæssigt. Hastigheden ved forbikørselsmålingerne var 10-40 km/t.

De kørende lastbiler blev målt i terminalens indkørsel, hvor kørselsmønsteret var blandet: kraftig acceleration, forbikørsler i tomgang (udkoblet motor), svage opbremsninger og jævn kørsel. Forsøg på at gruppere forbikørslerne efter kørselsmønster ved at lytte til optagelserne lod sig ikke gennemføre inden for projektet.

Derfor må målingerne overordnet betragtes som en undersøgelse af, hvordan lastbiler typisk støjer under de givne forudsætninger, der kan sammenfattes til: typemæssigt forholdsvis ens biler, forskellige fabrikater, kørsel på lang, lige strækning, blanding af acceleration, deceleration, jævn hastighed, kørsel med og uden motorbremse, forskellige chauffører og godsmængder samt hastigheder fra ca. 10-40 km/t.

Overordnet er kildestyrkerne i Støjdata bogen vedrørende kørende lastbiler 1-4 dB højere end de tilsvarende kildestyrker målt i 2008. Den spektrale energifordeling af kildestyrkerne er stort set som angivet i Støjdata bogen.

Kildestyrkerne for de kørende lastbiler er forsøgt beskrevet som en lineær funktion af hastigheden, men hastigheden forklarer kun 15 % af variationen. Grupperes kildestyrkerne i 5 km/t hastighedsintervaller, forklarer hastigheden 90 % af variationen ved en lineær regression, medens en 3. ordens regression kan forklare 98 % af variationen. Den umiddelbart ringe sammenhæng mellem kildestyrke og hastighed kan skyldes uens kørselsmønstre (kraftig/svag acceleration, deceleration med og uden motorbremse etc.), som det i denne undersøgelse ikke har været muligt at beskrive nærmere.

Resultaterne i form af de omtalte regressionslinjer vil kunne bruges i de tilfælde, hvor et større antal forskellige lastbiler kører med stykgods på en større virksomheds grund. I givet fald må det forventes, at bilernes type, størrelse, hastighed samt kørselsmønsteret nogenlunde svarer til situationen under målingerne.

8. Referencer

- [1] Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1993: "*Beregning af ekstern støj fra virksomheder*".
- [2] Støjatabogen, del 3: "*Kørsel og intern transport*". Rapport nr. LI 460/89.
Miljøstyrelsen/Lydteknisk Institut, november 1989.