

Kildestyrkedata for togstøj til Nord2000

Dan Hoffmeyer
DELTA Akustik, Lys og Akustik

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	5
1 BAGGRUND OG FORMÅL	6
2 GENNEMFØRTE MÅLINGER	7
2.1 ØRESUNDSTOG	7
2.1.1 Målesteder og -betingelser	7
2.1.2 Måleresultater	8
2.2 METRO	9
2.2.1 Målesteder og -betingelser	9
2.2.2 Måleresultater	10
3 BEARBEJDEDE MÅLERESULTATER	12
4 KILDESTYRKEDATA TIL NORD2000	13
4.1 ØRESUNDSTOG	13
4.2 METRO	18
5 KONKLUSION	22
6 REFERENCER	23
Bilag A - Beregningsparametre	23
Bilag B - Måledata	27
Bilag C - Overføringsfunktion	33
Bilag D - Måleudstyr	37
Bilag E - Nord2000 data for andre togtyper	39

Sammenfatning og konklusioner

Rapporten omhandler støjmålinger på Øresundstog og Metrotog gennemført i efteråret 2004. Rapporten redegør for bearbejdningen af måleresultaterne og forslag til fastsættelse af kildestyrker til brug i den nordiske beregningsmetode for jernbanestøj, Nord2000.

1 Baggrund og formål

Den nordiske beregningsmetode for jernbanestøj Nord2000 [1] forudsætter kildestyrkedata for forbikørende tog udtrykt ved lydeffektniveauet pr. 1/3-oktav pr. meter toglængde som funktion af hastigheden.

Dette projekt har haft til formål at måle kildestyrken af de to danske togtyper, Øresundstog og Metro, som ikke findes i den nuværende database til Nord2000, samt at bearbejde måledata til et format, som svarer til Nord2000 kildestyrke.

2 Gennemførte målinger

Der er gennemført målinger af støj fra forbiørende tog i to retninger ved tre målesteder for Øresundstog og to målesteder for Metro. For hvert målested er der målt på mindst 8 forbikørsler i hver retning.

Målestederne er udvalgt som repræsenterende lange, lige strækninger med egnet skinnetilstand og udbredelsesforhold, dvs. omgivet af fladt, porøst terræn.

Der er ikke foretaget en identifikation af de enkelte tognumre ved forbikørslerne. Forskelle i hjultilstand mv. for de enkelte tog forudsættes udlignet ved midling af et antal forbikørsler af forskellige tog.

Ved målingerne er støjen fra de forbiørende tog registreret på en digital båndoptager via en målemikrofon anbragt i en enkelt måleposition ved hvert målested. Sideløbende er der foretaget radarregistrering af togets fart.

Ved den efterfølgende analyse af båndoptagelserne i laboratoriet er dosisniveauet L_E pr. 1/3-oktav og det A-vægtede dosisniveau L_{AE} fundet.

De gennemførte målinger opfylder de betingelser til målinger, der er angivet i KILDE notat N383 [2].

2.1 Øresundstog

Øresundstogene er regionaltogetsæt beregnet til kørsel mellem Sjælland og det sydlige Sverige.

Øresundstogene er sammensat af op til 5 eldrevne togsæt. Et togsæt består af to motorvogne Litra ET og en mellemvogn Litra FT. Længden af hvert togsæt er 78,9 m. Den maksimale hastighed er 180 km/t. Målingerne har omfattet Øresundstog bestående af ét eller to togsæt.

2.1.1 Målesteder og -betingelser

DELTA har foretaget målinger af støjen fra forbiørende Øresundstog ved tre målesteder på Kystbanen mellem København og Helsingør. Målestederne er angivet i Tabel 1. Alle målesteder har dobbeltspor. Ved hvert målested er der alene målt i en position på den ene side af banen. De to spor benævnes henholdsvis nær og fjern ud fra deres afstand til målepositionen. Målingerne er gennemført i efteråret 2004 mellem kl. 9 og kl. 14 i solrigt vejr (14-22°C, skydække 0/8) med vindstille til svag vind fra nord (0-3 m/s).

Udvælgelsen af målestederne er foretaget i samarbejde med Banedanmark, der har vurderet skinnetilstanden som værende i orden på de tre målesteder. Det er dog efterfølgende fundet, at målested Nivå, fjern har en ringere skinnetilstand end de øvrige (rifler og skinnepletter) samt en isolering (skinnesamling) i nærheden af målepositionen. Overbygningen er udført med helstøbte betonsveller, ved målestedet Trepile dog med duoblokbetonsveller.

Tabel 1: Målesteder for Øresundstog

<i>Målested</i>	<i>Trepile</i>	<i>Rungsted</i>	<i>Nivå</i>
København – Helsingør	km 15.450	km 24.300	km 30.900
Beliggenhed	Nord for Trepilevej, 2930 Klampenborg	Syd for Folehavevej, 2960 Rungsted Kyst	Syd for Møllevej, 2990 Nivå
Måleposition	Øst for banen	Vest for banen	Vest for banen
- højde over terræn	1,20 m	1,20 m	1,20 m
- afstand til spormidte, nær	7,50 m	7,50 m	8,25 m
- afstand til spormidte, fjern	11,82 m	11,87 m	12,51 m
Måledato	7. september 2004	8. september 2004	9. september 2004
Skinneslibning, nær	Ikke slebet de sidste 10 år	Ikke slebet de sidste 10 år	2001
Skinneslibning, fjern	1993	1999	Ikke slebet de sidste 10 år

2.1.2 Måleresultater

Der er i alt foretaget måling af støjen fra 64 forbiørende Øresundstog. Målingerne fordeler sig som anført i Tabel 2.

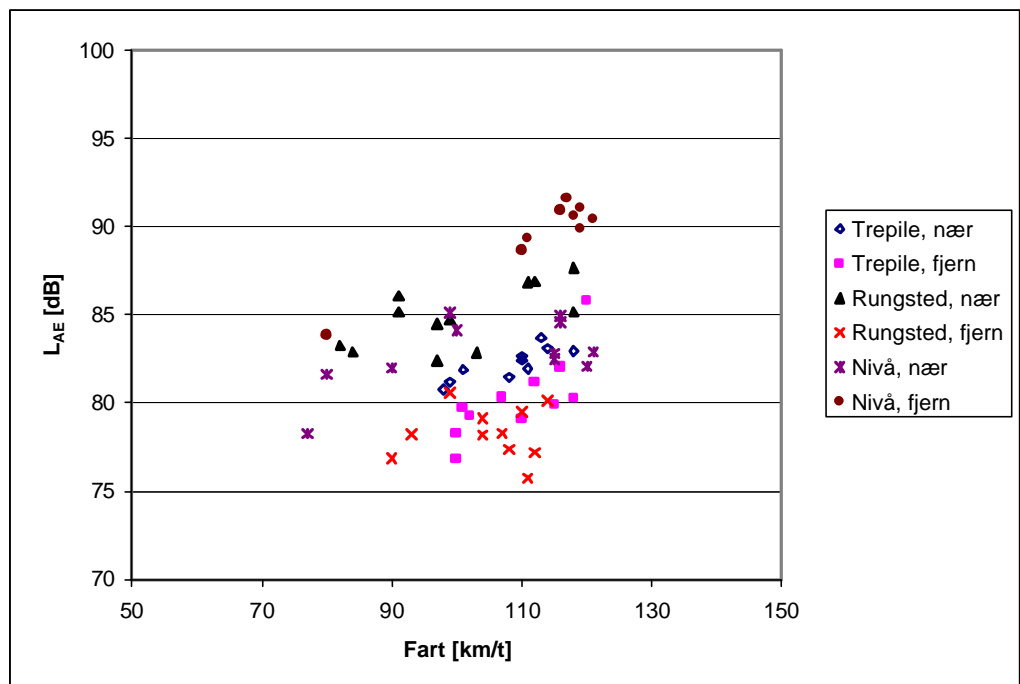
Tabel 2: Antal forbiørende Øresundstog ved de tre målesteder

<i>Målested</i>	<i>Trepile</i>	<i>Rungsted</i>	<i>Nivå</i>
Enkelt togsæt, nær	7	7	8
Dobbelt togsæt, nær	3	5	3
Enkelt togsæt, fjern	8	5	6
Dobbelt togsæt, fjern	3	6	3

I Bilag B er de ved målingerne fundne dosisniveauer L_E pr. 1/3-oktav og det A-vægtede dosisniveau L_{AE} for alle 64 forbiørende Øresundstog gengivet i tabelform.

Ud fra disse data er den normaliserede L_{AE} -værdi som funktion af farten fundet ved korrektion til 100 m toglængde og 10 m afstand til spormidte, jf [2]. Resultaterne er gengivet i Figur 1 og kan sammenlignes med tilsvarende resultater for andre togtyper, se f.eks. [3].

Figur 1: Normaliserede L_{AE} -værdier som funktion af farten for 64 forbi-kørende Øresundstog



Det fremgår, at en gruppe af data (primært Nivå, fjern) har normaliserede L_{AE} -værdier, der er væsentligt højere end de øvrige forbi-kørende Øresundstog. For målestedet Nivå, fjern må dette tilskrives skinnetilstanden, herunder evt. bidrag fra skinnesamlingen. Brugen af disse data som grundlag for fastsættelse af kildestyrkedata til Nord2000 er vurderet i Afsnit 4.1.

2.2 Metro

Metrotogene er beregnet til kørsel på Metroen i København.

Metrotoget er et eldrevet togsæt bestående af to endevogne og en mellemvogn. Togsættene kører kun enkeltvis. Længden af et togsæt er 39,0 m. Den maksimale hastighed er 80 km/t.

2.2.1 Målesteder og -betingelser

DELTA har foretaget målinger af støjen fra forbi-kørende Metrotog ved to målesteder på Metroen. Målestederne er angivet i Tabel 3. Begge målesteder har dobbeltspor. Langs sporene ud mod et omgivende terræn er der på de to målesteder placeret ca. 1,2 m høje stenskærme. Ved begge målesteder er der alene målt i en position på den ene side af banen. Målepositionen er placeret umiddelbart over skærmkronen. De to spor benævnes henholdsvis nær og fjern ud fra deres afstand til målepositionen. Målingerne er gennemført i efteråret 2004 mellem kl. 9 og kl. 13 i overskyet vejr (7-8°C, skydække 5-7/8) med svag vind fra øst (2-4 m/s).

Målestederne er udvalgt i samarbejde med Rambøll, og skinnetilstanden ved de to målesteder er vurderet at være repræsentativ for Metroens sporanlæg. Overbygningen er udført med helstøbte betonsveller.

Tabel 3: Målesteder for Metrotog

<i>Målested</i>	<i>Frederiksberg</i>	<i>Amager</i>
Strækning	Flintholm – Lindevang	Universitetet – Sundby
Beliggenhed	Syd for C.F. Richs vej, 2000 Frederiksberg	Vest for Nordre Digevej, 2300 København S
Måleposition	Nord for banen	Øst for banen
- højde over terræn	1,45 m	1,45 m
- afstand til spormidte, nær	3,55 m	2,60 m
- afstand til spormidte, fjern	7,80 m	14,50 m
Måledato	12. oktober 2004	12. oktober 2004
Skinneslibning	Efterår 2003	Efterår 2002

2.2.2 Måleresultater

Der er i alt foretaget måling af støjen fra 45 forbiørende Metrotog. Målingerne fordeler sig som anført i Tabel 4.

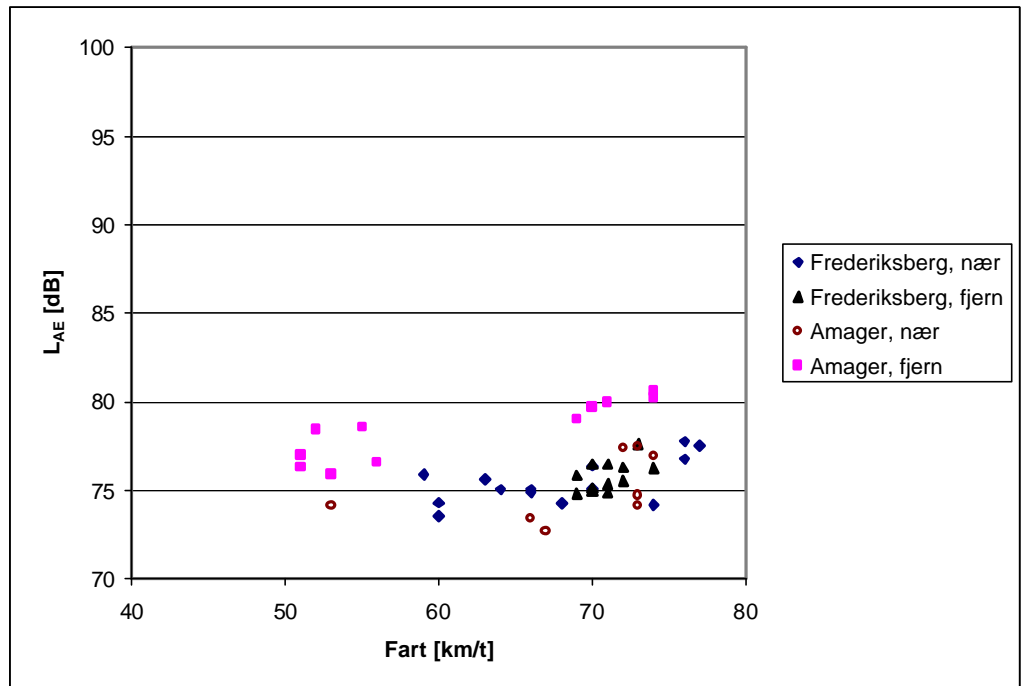
Tabel 4: Antal forbiørende Metrotog ved de to målesteder

<i>Målested</i>	<i>Frederiksberg</i>	<i>Amager</i>
Togsæt, nær	14	8
Togsæt, fjern	12	11

I Bilag B er de ved målingerne fundne dosisniveauer L_E pr. 1/3-oktav og det A-vægtede dosisniveau L_{AE} for alle 45 forbiørende Metrotog gengivet i tabelform.

Ud fra disse data er den normaliserede L_{AE} -værdi som funktion af farten fundet ved korrektion til 100 m toglængde og 10 m afstand til spormidte, jf [2]. Resultaterne er gengivet i Figur 2 og kan sammenlignes med tilsvarende resultater for andre togtyper, se f.eks. [3].

Figur 2: Normaliserede L_{AE} -værdier som funktion af farten for 45 forbi-kørende Metrotog



Det fremgår, at en gruppe af data (Amager, fjern) har normaliserede L_{AE} -værdier, der er noget højere end de øvrige forbi-kørende Metrotog. Ifølge Rambøll er det kendt, at der er en markant forskel på støjniveauet fra kørsel på de to spor på Amager. Årsagen hertil er dog endnu ikke fundet. Begge spor er slebet umiddelbart inden Metroens åbning. Brugen af disse data som grundlag for fastsættelse af kildestyrkedata til Nord2000 er vurderet i Afsnit 4.2.

3 Bearbejdede måleresultater

Til brug for Nord2000-beregninger skal de målte dosisniveauer omregnes til kildestyrke udtrykt ved lydeffektniveauet for 1 m toglængde $L_{W,1m}$ pr. 1/3-oktavniveau fra 25 Hz til 10kHz.

Kildestyrken udtrykt ved lydeffektniveauet $L_{W,1m}$ pr. 1/3-oktavniveau fra 25 Hz til 10kHz bestemmes ud fra det målte dosisniveau L_E som vist i formel (1):

$$L_{W,1m} = L_E(v) - 10 \log(l) + 10 * \log(v/50) + C(50) \quad (1)$$

hvor l er toglængden i m, v er farten i km/t, og $C(50)$ er overføringsfunktionen mellem lydeffektniveau og dosisniveau ved en fart på 50 km/t som defineret i formel (2):

$$C(50) = L_{W,1m} - L_E(50) \quad (2)$$

Overføringsfunktionen $C(50)$ er beregnet med Nord2000 [4] for det aktuelle terræn mellem tog og måleposition. Ved beregningerne er anvendt default-kil-demodellen beskrevet i [1], hvor kildehøjden er 2,5 m over skinnen i frekvensområdet 25 Hz - 160 Hz, mens energien er fordelt ligeligt på højderne 0,01 m, 0,35 m og 0,7 m i frekvensområdet 200 Hz - 10 kHz. Det ved beregning af $C(50)$ anvendte terræn for de enkelte målesteder og spor samt andre beregningsparametre anvendt i beregningerne er angivet i Bilag A.

Måleresultaterne er således bearbejdet til kildestyrker $L_{W,1m}$ pr. 1/3-oktav og $L_{AW,1m}$. Overføringsfunktionen $C(50)$ for de enkelte målepositioner er gengivet i tabelform i Bilag C.

4 Kildestyrkedata til Nord2000

Ifølge Nord2000-metoden skal kildestyrken $L_{w,1m}$ pr. 1/3-oktavniveau udtrykkes ved en fartafhængighed som angivet i formel (3):

$$L_{w,1m} = a \log(v/100) + b \quad (3)$$

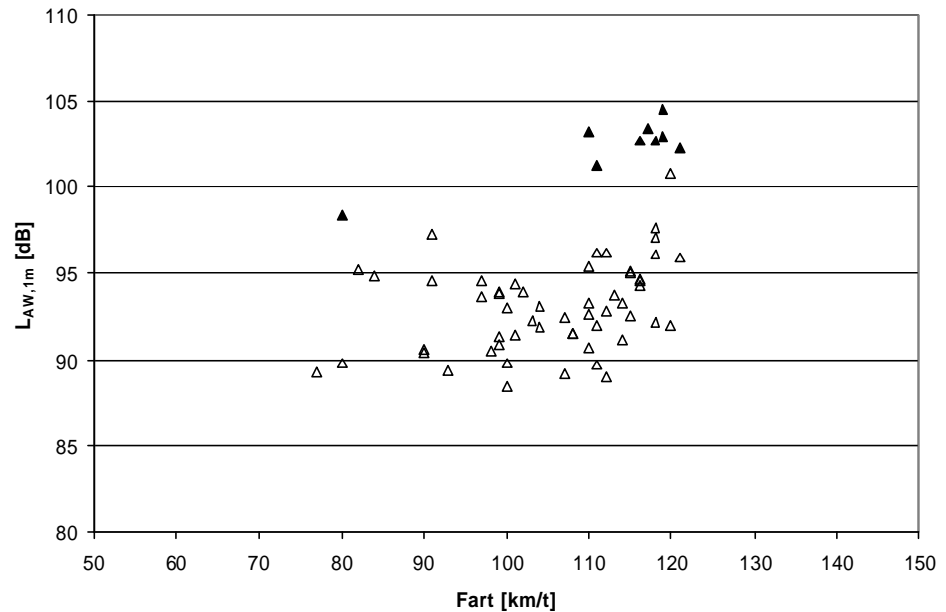
hvor v er farten i km/t, mens a og b er konstanter bestemt ved lineær regression.

4.1 Øresundstog

Resultaterne for Øresundstogene viser en del variationer for de enkelte målesteder (Trepile, Rungsted og Nivå) og spor (nær og fjern). Med de foreliggende måledata fra 64 forbikørende Øresundstog er der således for store variationer, til at a kan bestemmes på en statistisk sikker måde. Det anbefales, at der i stedet anvendes en værdi på $a = 30$, som er en typisk værdi i det høje frekvensområde. Denne værdi svarer stort set til den fartafhængighed, der observeres for det for målingerne beregnede A-vægtede totale lydeffektniveau $L_{AW,1m}$, når der ses bort fra resultater, som afviger fra den generelle tendens (alle målinger for det fjerneste spor i Nivå og i alt fire målinger fra de øvrige målesteder).

I Figur 3 er de fundne $L_{AW,1m}$ -værdier afbildet som funktion af farten for de målte Øresundstog.

Figur 3: $L_{AW,1m}$ -værdier afbildet som funktion af farten for de målte Øresundstog. De data (Nivå, fjern), der nedenfor er foreslået udeladt ved fastsættelse af parameteren b i kildestyrkedata til Nord2000, er vist med udfyldt signatur.

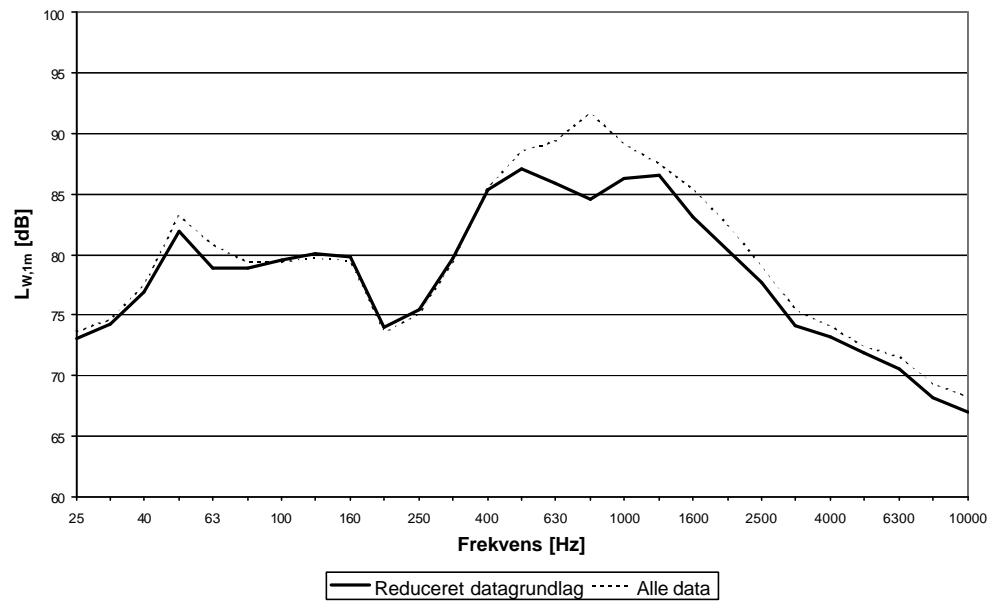


Til bestemmelse af parameteren b er energimiddelværdien beregnet for alle målesteder, og denne værdi er antaget at svare til gennemsnitshastigheden for alle målesteder. Herefter er b fundet ved at korrigere dette resultat til en fart på 100 km/t med fartafhængigheden i formel (3). De herved fundne værdier af b er angivet i Tabel 5.

Som ovenfor nævnt er der variationer mellem målesteder og spor, som må formodes at skyldes skinnernes tilstand eller andre lokale forhold. I et enkelt tilfælde (fjerneste spor i Nivå) er der dog konstateret så markant højere støjniveauer, end der er fundet de øvrige steder, at det må overvejes, om disse målinger skal udelades af analysen. Tabel 6 indeholder derfor en bestemmelse af b , når disse værdier udelades.

Til illustration af betydningen af at udelade målinger fra datagrundlaget er der i Figur 4 vist de beregnede middelspektre for Øresundstog ved gennemsnitsfarten for de målte forbikørsler, 106 km/t for alle data, 105 km/t for det reducerede datagrundlag

Figur 4: Middel spektre for kildestyrke for Øresundstog pr. 1/3-oktav ved gennemsnitsfarten for de målte forbikørsler. Total og reduceret datamængde, jf ovenfor



Variationsområdet for farten i målingerne er ca. 80-120 km/t. Det må anbefales kun at anvende de anførte kildedata inden for dette fartinterval, da nøjagtigheden ved større og mindre fart ikke kan vurderes på det foreliggende grundlag.

Tabel 5: Forslag til konstanter til beregning af fartafhængig kildestyrke for Øresundstog, alle data

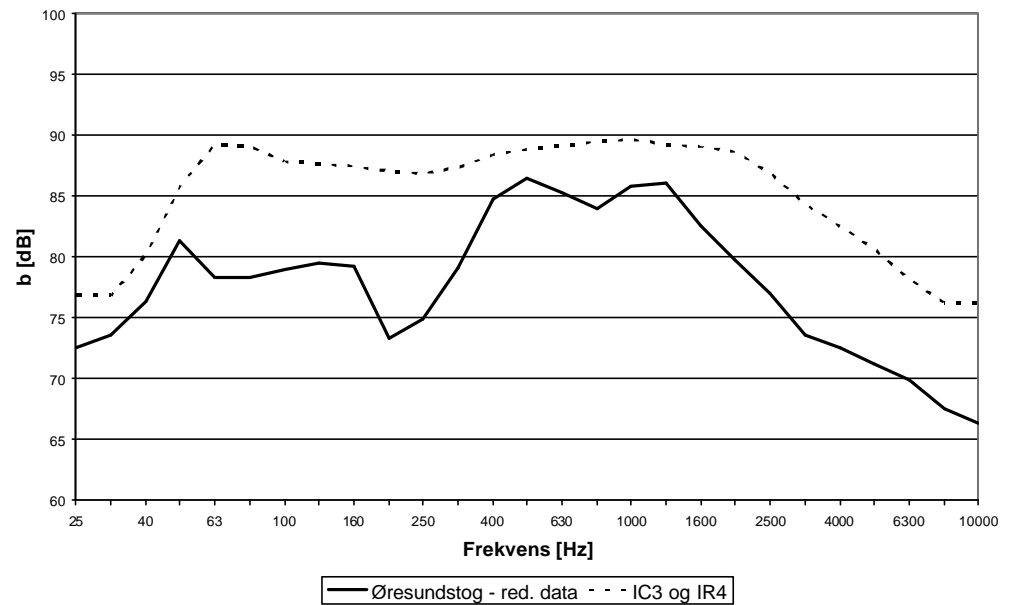
<i>Frekvens [Hz]</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
25	30	72,8
31,5	30	73,8
40	30	76,8
50	30	82,4
63	30	80,0
80	30	78,6
100	30	78,6
125	30	78,9
160	30	78,7
200	30	72,8
250	30	74,3
315	30	78,6
400	30	84,7
500	30	87,8
630	30	88,6
800	30	90,9
1000	30	88,3
1250	30	86,7
1600	30	84,6
2000	30	81,7
2500	30	78,3
3150	30	74,6
4000	30	73,3
5000	30	71,6
6300	30	70,8
8000	30	68,5
10000	30	67,5

Tabel 6: Forslag til konstanter til beregning af fartafhængig kildestyrke for Øresundstog, datagrundlag reduceret.

Frekvens [Hz]	<i>a</i>	<i>b</i>
25	30	72,5
31,5	30	73,5
40	30	76,3
50	30	81,3
63	30	78,2
80	30	78,3
100	30	78,9
125	30	79,4
160	30	79,1
200	30	73,3
250	30	74,8
315	30	79,0
400	30	84,7
500	30	86,5
630	30	85,2
800	30	83,9
1000	30	85,7
1250	30	86,0
1600	30	82,4
2000	30	79,7
2500	30	77,0
3150	30	73,5
4000	30	72,5
5000	30	71,2
6300	30	69,9
8000	30	67,4
10000	30	66,3

En sammenligning med tidligere bestemte Nord2000 data for andre togtyper, se Bilag E, er foretaget i Figur 5. Figuren viser værdien af *b* som foreslået for Øresundstog (reduceret datagrundlag) og tidligere fastsat for togtype A og D (IC3 og IR4 togsæt). Figuren repræsenterer kildestyrkespektret ved 100 km/t.

Figur 5: Konstanten b pr. 1/3-oktav som foreslået for Øresundstog (reduceret datagrundlag) og tidligere fastsat for togtype A og D (IC3 og IR4 togsæt), se Bilag E



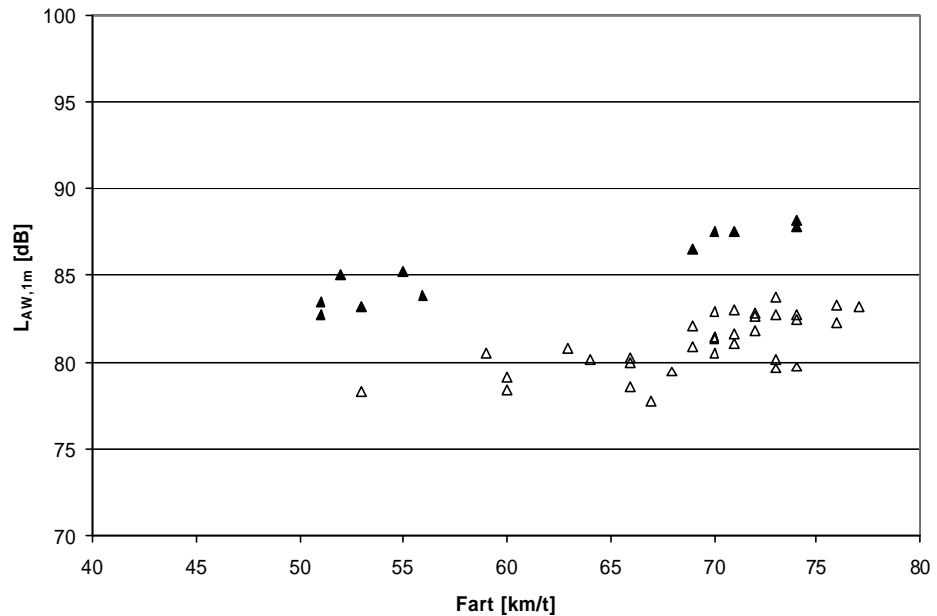
4.2 Metro

Resultaterne for Metrotogene viser mindre variationer end for Øresundstogene. I tre situationer (nærmeste og fjerneste spor på Frederiksberg og nærmeste spor på Amager) er resultaterne meget ensartede, mens det fjerneste spor på Amager giver 3-6 dB højere værdier. Det er ikke muligt ud fra de indsamlede data at afgøre årsagen hertil, men som nævnt i Afsnit 2.2.2 er det et kendt problem.

Med de foreliggende måledata fra 45 forbigående Metrotog er der for store variationer mellem kildestyrkerne som funktion af farten til at bestemme a på en statistisk sikker måde for de enkelte frekvensbånd. Det anbefales derfor at anvende en værdi på $a = 31$, som er den observerede fartafhængighed for det A-vægtede totale lydeffektniveau $L_{AW,1m}$, der beregnes ud fra målingerne, når der ses bort fra resultaterne fra det fjerneste spor på Amager.

I Figur 6 er de fundne $L_{AW,1m}$ -værdier afbildet som funktion af farten for de målte Metrotog.

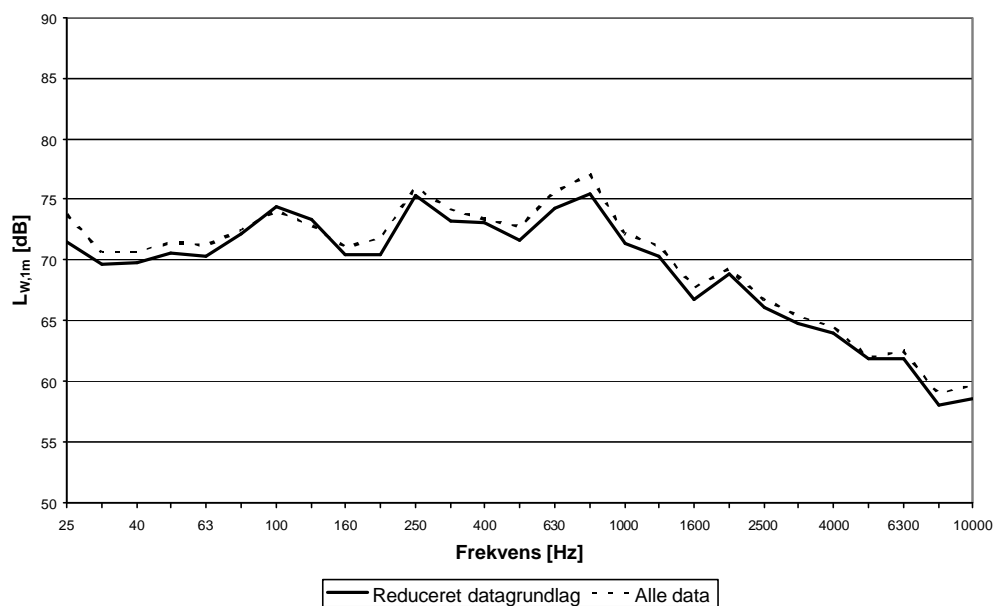
Figur 6: $L_{AW,1m}$ -værdier afbildet som funktion af farten for de målte Metrotog. De data (Amager, fjern), der nedenfor er foreslået udeladt ved fastsættelse af kildestyrkedata til Nord2000, er vist med udfyldt signatur.



Parameteren b er bestemt på samme måde som for Øresundstogene. De herved fundne værdier af b er angivet i Tabel 7. Som ovenfor nævnt afviger måledata for det fjerneste spor på Amager fra de øvrige steder. Det må derfor overvejes, om disse målinger skal udelades af bestemmelsen af b . Tabel 8 indeholder derfor en bestemmelse af b , når disse værdier er udeladt.

Til illustration af betydningen af at udelade målinger fra datagrundlaget er der i Figur 7 vist de beregnede middelspektre for Metrotog ved gennemsnitsfarten for de målte forbikørsler, 67 km/t for alle data, 69 km/t for reduceret datagrundlag.

Figur 7: Middel spektre for kildestyrke for Metrotog pr. 1/3-oktav ved gennemsnitsfarten for de målte forbikørsler. Total og reduceret datamængde, jf ovenfor.



Variationsområdet for farten i målingerne er ca. 50-80 km/t. Det må anbefales kun at anvende kildedata inden for dette fartinterval, da nøjagtigheden uden for dette interval ikke kan vurderes på det foreliggende grundlag.

Tabel 7: Forslag til konstanter til beregning af fartafhængig kildestyrke for Metrotog, alle data

Frekvens [Hz]	<i>a</i>	<i>b</i>
25	31	85,6
31,5	31	79,9
40	31	78,6
50	31	78,8
63	31	78,6
80	31	79,5
100	31	81,1
125	31	79,4
160	31	77,5
200	31	79,6
250	31	82,5
315	31	81,2
400	31	79,7
500	31	79,8
630	31	83,1
800	31	84,7
1000	31	78,9
1250	31	77,9
1600	31	74,6
2000	31	75,5
2500	31	73,3
3150	31	71,8
4000	31	70,9
5000	31	68,4
6300	31	69,3
8000	31	66,5
10000	31	67,1

Tabel 8: Forslag til konstanter til beregning af fartafhængig kildestyrke for Metrotog, datagrundlag reduceret

<i>Frekvens [Hz]</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
25	31	77,6
31,5	31	75,7
40	31	75,2
50	31	76,1
63	31	76,4
80	31	78,0
100	31	80,4
125	31	79,0
160	31	75,7
200	31	76,2
250	31	80,7
315	31	78,5
400	31	78,4
500	31	77,0
630	31	79,7
800	31	80,7
1000	31	76,7
1250	31	75,6
1600	31	72,0
2000	31	74,2
2500	31	71,2
3150	31	70,0
4000	31	69,3
5000	31	67,3
6300	31	67,3
8000	31	64,0
10000	31	64,6

5 Konklusion

Resultaterne af projektets målinger af støj fra forbigørende Øresundstog og Metrotog har ført til forslag til kildestyrkedata til brug for Nord2000-beregninger for de to togtyper.

Måleresultaterne viser som ventet store indbyrdes variationer, der primært kan tilskrives skinnetilstanden og andre forhold ved de enkelte spor. Variationerne vanskeliggør bestemmelsen af de to konstanter a og b til angivelse af den fartafhængige kildestyrke pr. 1/3-oktav. Forslagene indeholder således både alternative værdier, hvor de mest afvigende resultater er udeladt, og begrænsninger med hensyn til fartintervaller.

6 Referencer

- [1] "Nord2000, New Nordic Prediction Method for Rail Traffic Noise", SP Rapport 2001:11, Borås 2001
- [2] "Jernbanestøy. Dokumentation av togstøydاتا for nordisk reknemetode for jernbanestøy (NoJe94)", KILDE notat N383, Voss 1993
- [3] "Måling af støj fra danske tog", DELTA Rapport AV 1008/97, Lyngby 1997
- [4] "Nord2000. Comprehensive Outdoor Sound Propagation Model. Part 1: Propagation in an Atmosphere without Significant Refraction", DELTA Report AV 1849/00, Lyngby 2001

Kontakter vedrørende udvælgelse af målesteder:

Øresundstog: Michael Hansen, Banedanmark
Metro: Max Vibæk, Rambøll

Beregningsparametre

Der er regnet med en sporhøjde på 0,2 m over terræn (ballast), og både ballast og det øvrige terræn er regnet at have en strømningsmodstand på 200000 Nsm^{-4} .

Terrænets form er angivet i de følgende tabeller for hvert målested og spor. Terrænet er ikke direkte opmålt, men vurderet i forbindelse med udførelse af målingerne. I tabellerne er X afstanden målt vinkelret på sporet fra midten af nærmeste spor, mens Z er terrænets højde. For det fjerneste spor er skinnerne for det nærmeste spor medtaget som en del af terrænet. Positive X-værdier betyder, at terrænpunktet er på samme side som målemikrofonen og negative værdier på modsat side. Det er forudsat, at terrænets form ikke ændrer sig langs sporene.

Kilderne er regnet placeret over den nærmeste skinne svarende til den laveste X-værdi i tabellerne, men målemikrofonen er placeret ved den højeste X-værdi. Mikrofonens højde over terræn er regnet at være 1,2 m for Øresundstogene (Trepile, Rungsted, Nivå) og 1,45 for metroen (Frederiksberg og Amager).

I beregningerne for Metrotog er den lydudbredelsesmæssige effekt af skærmene langs de to spor ignoreret. Målemikrofonen var anbragt over den ene skærm, og det vurderes, at denne skærm ikke havde indflydelse på det målte lydtrykniveau.

I beregningerne er togets passage simuleret ved at opdele strækningen i en række punktkilder horisontalt langs den nærmeste skinne. Den samlede kildestrækning, som indgår i beregningerne, er ± 5 gange den korteste afstand mellem skinne og mikrofon. Denne strækning er opdelt i 51 punkter (25 på hver side af det nærmeste punkt). Herved bliver afstanden mellem punkterne den korteste afstand divideret med 5.

De øvrige udbredelsesparametre er:

- Temperatur $t_0 = 15^\circ\text{C}$
- Relativ luftfugtighed $RH = 70\%$
- Ruhedslængde $z_0 = 0,05 \text{ m}$
- Højde svarende til vindhastighed $z_u = 10 \text{ m}$
- Vindhastighed i udbredelsesretning $u = 0 \text{ m/s}$
- Standardafvigelse af vindhastighed i udbredelsesretning $s_u = 0,5 \text{ m/s}$
- Temperaturgradient $\Delta t/\Delta z = 0 \text{ K/m}$
- Standardafvigelse af temperaturgradient $s_{\Delta t}/\Delta z = 0 \text{ K/m}$
- Turbulensstyrke for vind $C_v^2 = 0,5 \text{ m}^4/\text{s}^2$
- Turbulensstyrke for temperatur $C_t^2 = 0 \text{ K/s}^2$

Trepile, nærmeste spor

X	Z
0,70	0,00
1,20	0,00
2,20	-0,50
7,50	0,00

Trepile, fjerneste spor

X	Z
-3,62	0,00
-3,12	0,00
-2,16	-0,20
-1,20	0,00
-0,71	0,00
-0,70	0,20
-0,69	0,00
0,69	0,00
0,70	0,20
0,71	0,00
1,20	0,00
2,20	-0,50
7,50	0,00

Rungsted, nærmeste spor

X	Z
0,70	0,00
1,20	0,00
2,20	-0,20
7,50	0,00

Rungsted, fjerneste spor

X	Z
-3,67	0
-3,17	0,00
-2,19	-0,20
-1,20	0,00
-0,71	0,00
-0,70	0,20
-0,69	0,00
0,69	0,00
0,70	0,20
0,71	0,00
1,20	0,00
2,20	-0,20
7,50	0,00

Nivå, nærmeste spor

X	Z
0,70	0,00
1,20	0,00
3,50	-0,40
8,25	0,00

Nivå, fjerneste spor

X	Z
-3,56	0
-3,06	0
-2,13	-0,20
-1,20	0,00
-0,71	0,00
-0,70	0,20
-0,69	0,00
0,69	0,00
0,70	0,20
0,71	0,00
1,20	0,00
3,50	-0,40
8,25	0,00

Frederiksberg, nærmeste spor

X	Z
0,70	0,00
3,55	0,00

Frederiksberg, fjerneste spor

X	Z
-3,55	0,00
-0,71	0,00
-0,70	0,20
-0,69	0,00
0,69	0,00
0,70	0,20
0,71	0,00
3,55	0,00

Amager, nærmeste spor

X	Z
0,70	0,00
2,60	0,00

Amager, fjerneste spor

X	Z
-11,20	0,00
-0,71	0,00
-0,70	0,20
-0,69	0,00
0,69	0,00
0,70	0,20
0,71	0,00
2,60	0,00

Måledata

Måledata Øresundstog, 3 målesteder, nærmeste spor

Måledata Øresundstog, 3 målesteder, fjerneste spor

Måledata Metrotog, 2 målesteder, nærmeste spor

Måledata Metrotog, 2 målesteder, fjerneste spor

Måledata Øresundstog, 3 målesteder, nærmeste spor

Målested	Spor	Togsæt	Dosisniveau L_p pr. 1/3 oktav [dB]																	A-vægtet											
			25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	dosisniveau	Fart
Trepile	nær	2	70,7	70,3	73,0	79,4	77,5	79,6	77,0	77,4	73,7	70,7	70,0	71,5	75,7	77,4	78,8	79,0	78,9	77,2	73,6	71,0	69,2	65,8	64,1	63,6	61,2	58,5	57,0	85,7	110
Trepile	nær	2	67,8	68,3	71,5	75,7	76,5	75,1	75,2	75,1	73,2	72,4	69,1	72,4	73,8	77,0	79,3	78,9	78,2	76,2	72,7	69,4	67,0	64,0	62,4	60,8	59,5	57,1	55,0	85,1	101
Trepile	nær	1	70,2	69,7	71,4	78,2	76,4	76,4	74,8	72,4	69,8	68,0	67,5	69,4	72,4	75,0	75,8	76,7	78,0	76,0	71,9	69,7	67,4	63,5	61,8	60,0	59,1	56,3	54,6	83,9	113
Trepile	nær	1	70,7	68,2	72,4	77,6	73,3	71,4	72,4	70,6	69,3	68,0	66,3	67,1	71,4	73,9	74,6	75,0	77,2	75,6	70,5	68,8	65,0	61,6	60,6	60,3	57,0	54,4	52,6	82,9	110
Trepile	nær	1	67,4	68,7	72,1	75,0	72,4	71,6	72,8	71,5	67,7	66,7	67,1	67,9	71,2	73,3	73,8	74,0	74,4	72,5	68,6	66,9	63,8	60,9	59,9	58,2	55,9	53,4	51,4	81,0	98
Trepile	nær	1	69,3	68,2	71,4	78,4	72,9	72,7	74,3	72,9	69,7	67,3	67,7	67,7	72,3	74,0	75,1	75,2	77,7	76,0	70,3	69,2	68,0	63,3	61,2	59,9	57,4	54,8	53,1	83,3	114
Trepile	nær	1	67,9	67,9	73,5	76,4	72,3	71,0	71,7	70,5	67,4	66,0	65,1	66,3	70,7	72,9	73,2	73,8	76,3	74,3	68,9	67,3	63,6	60,9	59,4	57,8	56,1	54,4	55,3	81,7	108
Trepile	nær	1	67,8	70,2	72,5	74,9	73,2	72,5	72,3	72,9	68,8	67,3	67,5	68,5	71,6	73,3	74,0	74,9	75,3	73,6	67,6	65,5	62,5	60,5	58,5	56,7	55,3	52,6	50,0	81,4	99
Trepile	nær	1	67,5	68,1	73,2	76,1	72,7	70,8	72,1	70,5	66,7	66,7	66,7	66,7	70,2	73,0	73,3	73,7	76,7	75,5	69,7	67,9	64,7	61,6	59,7	58,1	56,5	53,4	51,2	82,2	111
Trepile	nær	2	71,1	70,9	74,3	80,6	76,5	74,9	76,7	74,7	71,9	70,1	69,3	70,3	74,7	76,7	77,7	78,2	80,4	79,4	74,1	72,0	69,0	64,9	63,5	61,6	59,7	56,8	54,8	86,2	118
Rungsted	nær	2	66,0	70,3	71,7	71,6	74,8	70,3	70,6	71,5	71,7	71,3	70,2	73,1	78,8	80,7	83,3	82,9	80,9	78,4	76,0	73,7	69,1	65,8	61,9	59,5	57,1	53,3	51,2	88,4	118
Rungsted	nær	1	68,7	67,4	68,3	74,5	72,1	69,9	69,3	68,7	69,7	67,9	66,6	69,1	72,1	73,9	78,1	78,8	81,0	80,4	77,0	75,5	70,3	65,1	62,6	61,1	58,6	55,1	53,4	87,1	112
Rungsted	nær	2	65,2	66,9	68,3	72,3	72,7	71,1	72,8	73,0	73,2	71,2	69,9	73,1	77,2	80,1	80,7	79,9	79,0	77,4	73,9	72,3	68,1	65,1	62,7	59,8	58,0	54,5	52,6	86,5	82
Rungsted	nær	2	66,8	67,5	70,7	70,3	72,5	71,2	70,8	71,8	71,0	68,9	68,1	71,1	74,1	76,3	78,7	78,8	79,0	77,6	74,6	72,2	67,7	64,0	62,1	59,5	57,6	54,3	52,3	85,6	97
Rungsted	nær	2	63,3	65,8	68,4	70,4	71,8	70,3	70,5	70,3	69,5	68,7	67,6	71,5	76,1	79,0	80,6	79,4	78,7	77,5	73,8	72,2	67,9	65,4	63,9	59,6	57,8	54,4	52,1	86,2	84
Rungsted	nær	1	67,9	68,0	68,9	74,9	72,1	70,7	71,5	70,2	68,8	66,8	65,9	68,0	71,0	73,9	77,2	78,3	81,7	81,8	79,0	76,3	71,1	66,0	63,0	60,9	59,2	56,2	53,4	87,9	118
Rungsted	nær	1	68,9	67,9	69,2	74,5	72,3	71,0	71,1	71,5	70,7	67,8	66,5	68,8	71,1	74,4	77,8	78,0	80,6	80,8	76,9	75,9	71,5	66,3	63,8	61,8	59,5	56,1	54,0	87,1	111
Rungsted	nær	1	64,5	64,8	68,4	67,6	69,2	68,7	69,6	69,8	68,2	65,9	65,2	67,6	71,7	75,4	77,4	77,2	78,1	77,8	74,2	70,6	66,1	61,7	60,0	57,3	55,7	52,1	49,6	84,7	97
Rungsted	nær	1	65,5	64,7	69,7	69,9	70,4	69,1	69,5	69,5	68,3	65,1	64,2	66,8	70,4	73,8	75,0	75,8	77,2	75,7	71,4	69,7	65,3	61,2	58,8	56,4	54,8	51,4	49,7	83,1	103
Rungsted	nær	1	68,5	66,6	68,5	74,1	71,4	70,4	71,2	70,5	68,9	65,9	64,7	67,1	70,3	73,8	76,7	77,4	80,6	79,9	75,7	74,3	70,4	64,2	61,5	59,2	57,5	53,9	51,6	86,3	91
Rungsted	nær	1	64,9	65,0	69,2	69,3	68,9	68,9	69,8	69,4	67,5	65,1	65,1	67,3	71,7	75,9	77,1	77,5	78,8	77,6	74,2	71,8	66,8	61,7	59,5	57,3	55,4	52,3	49,7	84,9	99
Nivå	nær	1	69,5	70,0	71,1	78,6	71,9	69,1	67,3	64,7	62,2	60,4	60,1	60,2	64,5	66,1	67,9	68,2	68,9	79,2	75,0	67,4	68,5	64,6	64,0	62,3	60,4	57,7	55,6	82,6	115
Nivå	nær	2	70,5	71,8	71,5	79,8	72,8	69,5	68,5	65,6	63,4	61,8	61,3	61,8	67,2	70,5	71,1	72,0	74,5	81,3	77,3	71,1	72,2	67,6	65,4	64,1	62,6	60,0	58,1	85,3	115
Nivå	nær	2	64,2	71,7	67,6	67,8	65,1	63,3	65,6	61,9	59,3	58,8	56,2	56,1	63,3	66,3	64,3	72,6	77,9	66,9	67,7	72,4	63,6	62,5	62,2	60,8	59,1	55,8	53,3	81,1	77
Nivå	nær	2	71,9	71,1	73,1	81,2	75,1	70,4	70,2	68,1	66,0	64,0	62,5	62,5	69,1	71,2	70,7	71,5	73,2	79,3	81,0	71,2	70,7	70,8	65,1	64,4	65,5	62,4	59,9	85,7	121
Nivå	nær	1	64,2	70,2	68,8	67,7	65,4	63,8	66,7	63,9	61,4	58,8	61,3	59,1	64,8	69,2	66,8	71,2	78,4	68,1	66,8	73,1	62,8	62,1	62,7	60,2	59,1	54,6	52,9	81,4	80
Nivå	nær	1	63,3	66,5	72,8	72,1	66,8	64,8	66,8	64,3	62,7	60,2	59,3	60,0	65,2	68,9	68,7	68,5	75,2	81,2	69,1	68,3	71,6	62,1	61,2	61,4	59,8	56,8	54,8	83,9	100
Nivå	nær	1	62,8	63,7	72,4	67,6	64,7	62,5	63,0	61,8	59,7	59,5	58,0	56,6	64,0	66,9	66,2	66,7	78,9	73,9	65,3	71,3	65,7	64,0	61,3	59,1	58,5	54,8	53,1	81,8	90
Nivå	nær	1	69,1	70,6	71,8	78,3	71,7	70,6	68,6	66,7	64,4	65,8	61,5	64,7	69,9	71,6	71,1	71,1	73,1	80,6	77,0	70,6	71,3	68,1	65,2	64,0	62,9	60,0	58,1	84,7	116
Nivå	nær	1	71,7	70,6	71,2	79,4	71,6	69,1	66,9	63,5	60,7	60,1	58,7	58,8	63,5	65,5	66,8	66,2	69,0	80,6	77,4	68,6	72,8	68,7	65,7	64,0	62,8	59,8	58,1	84,4	116
Nivå	nær	1	69,8	67,1	69,2	78,3	70,8	66,2	65,3	62,1	59,9	59,3	57,6	57,7	62,3	65,0	67,1	67,0	68,7	78,7	73,8	66,3	67,3	63,4	62,6	61,6	60,1	56,7	55,0	81,9	120
Nivå	nær	1	65,0	67,0	74,8	72,1	68,2	65,6	64,0	64,2	62,0	62,2	59,8	57,4	64,1	67,8	67,7	67,2	78,3	82,1	68,5	68,9	70,9	63,2	61,8	61,9	61,2	57,0	55,5	84,9	99

Måledata Øresundstog, 3 målesteder, fjerneste spor

Målested	Spor	Togsæt	Dosisniveau L_E pr. 1/3 oktav [dB]																	A-vægtet		Fart									
			25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600		2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	dosisniveau
Trepile	fjern	1	72,4	67,9	70,3	75,6	70,1	69,0	70,2	69,3	64,9	63,4	65,3	67,6	70,7	73,3	72,1	71,9	72,2	73,0	69,2	68,2	64,5	61,0	58,9	57,6	56,4	54,5	53,5	80,3	116
Trepile	fjern	2	67,5	65,1	69,1	75,5	72,1	70,2	69,8	66,4	61,8	62,7	62,9	64,4	68,8	72,2	71,7	71,9	73,2	73,5	70,3	68,0	65,1	61,8	60,0	58,8	57,3	55,3	53,5	80,5	102
Trepile	fjern	2	68,3	66,1	70,7	76,3	70,9	71,3	70,1	67,7	64,0	64,6	64,2	66,1	70,4	72,8	72,1	72,5	74,5	74,0	70,5	68,4	65,6	62,8	61,2	59,5	57,7	55,6	54,0	81,2	115
Trepile	fjern	2	71,1	72,1	73,4	80,6	79,1	80,1	77,8	76,8	73,0	71,3	71,0	71,5	75,6	77,1	78,6	79,8	81,4	79,1	75,4	73,0	70,3	66,8	65,4	63,7	62,2	59,5	57,9	87,0	120
Trepile	fjern	1	68,3	65,2	67,5	74,1	70,0	67,4	67,6	66,4	61,0	60,7	61,5	62,6	65,9	67,9	68,0	69,0	71,5	72,8	68,0	66,1	62,9	59,4	57,4	56,1	54,7	52,6	50,5	78,5	118
Trepile	fjern	1	62,4	61,4	67,5	68,0	66,7	65,1	66,8	65,8	60,6	58,9	59,4	61,4	64,1	65,6	64,7	65,8	67,9	68,7	64,4	62,4	59,3	57,4	55,8	54,0	52,7	50,3	48,3	75,0	100
Trepile	fjern	1	63,9	63,8	69,1	68,8	67,7	66,2	67,5	66,9	62,7	60,3	60,6	62,6	64,8	67,2	65,9	66,9	69,0	70,4	66,8	63,9	61,0	58,8	56,9	55,2	53,5	51,2	49,2	76,5	100
Trepile	fjern	1	66,5	68,3	70,2	73,8	69,8	69,5	69,7	68,0	63,0	61,9	63,0	63,8	67,1	68,5	68,6	70,3	72,8	72,8	69,4	67,3	64,9	61,3	59,7	58,8	56,7	54,7	53,1	79,4	112
Trepile	fjern	1	65,2	64,4	67,8	72,3	68,6	66,5	66,8	66,9	61,1	60,1	61,1	62,7	64,5	66,8	66,6	67,9	69,9	71,0	67,6	65,1	63,1	60,0	58,4	56,9	55,0	52,6	50,8	77,3	110
Trepile	fjern	1	65,8	65,0	69,8	71,0	69,5	68,1	69,8	70,2	64,1	62,5	63,7	64,3	67,7	69,7	68,3	68,7	70,7	71,0	67,6	65,1	62,4	60,1	58,6	57,2	55,5	53,6	51,8	77,9	101
Trepile	fjern	1	65,5	64,0	68,1	72,1	68,9	66,9	69,2	68,7	63,2	61,0	62,5	64,5	67,1	69,2	68,3	69,1	71,5	72,0	68,7	66,0	63,4	60,7	59,2	57,7	55,8	53,8	51,9	78,6	107
Rungsted	fjern	2	68,0	65,7	69,5	74,5	70,3	68,6	67,7	70,7	67,0	60,9	63,7	64,9	66,5	66,9	66,4	65,9	73,9	75,0	68,6	70,3	68,3	60,1	59,1	59,8	55,7	50,9	48,7	80,4	104
Rungsted	fjern	2	68,3	68,1	69,5	73,6	68,8	66,6	66,4	65,2	61,0	59,2	60,9	62,3	62,6	63,3	64,9	64,0	72,0	73,9	68,6	69,4	67,4	63,1	63,0	63,6	59,4	55,5	54,0	79,4	104
Rungsted	fjern	2	61,8	63,5	70,3	65,1	66,1	62,4	62,8	61,7	56,9	56,5	58,9	61,0	61,7	63,0	63,9	65,9	72,0	65,5	67,6	72,0	62,8	62,3	64,6	58,0	57,4	53,7	50,1	78,1	90
Rungsted	fjern	2	68,6	67,4	68,7	72,4	69,5	67,3	66,3	65,1	61,9	59,5	62,8	63,1	64,3	63,9	65,2	63,8	73,2	76,0	69,2	69,8	68,8	63,2	64,1	65,7	60,1	56,7	55,0	80,7	110
Rungsted	fjern	1	65,8	64,6	68,4	69,9	67,0	64,7	63,6	64,0	62,3	57,5	59,6	61,9	62,4	63,8	64,4	65,2	72,7	72,1	69,7	69,1	65,2	61,7	60,8	58,2	56,2	52,7	50,9	78,8	99
Rungsted	fjern	2	67,9	66,0	67,5	72,3	69,3	65,3	64,6	63,8	60,3	58,3	57,1	59,6	59,4	60,0	62,4	61,9	66,6	73,2	65,5	64,6	65,1	58,2	58,3	63,4	55,8	52,8	50,9	77,0	111
Rungsted	fjern	2	67,0	66,2	69,9	71,9	67,9	67,1	65,9	63,7	61,6	58,4	60,3	62,5	62,4	63,2	64,8	63,5	73,2	72,1	67,0	68,4	64,8	61,7	63,1	62,0	57,8	54,1	52,8	78,6	108
Rungsted	fjern	1	67,4	65,7	66,4	70,0	65,9	64,3	63,6	61,5	56,7	55,1	56,8	58,9	59,4	60,0	61,4	60,3	69,2	71,5	65,1	66,2	64,9	58,7	58,5	59,9	55,4	51,2	49,6	76,5	107
Rungsted	fjern	1	65,1	65,6	69,2	67,5	66,2	64,8	66,3	68,5	63,6	61,2	61,8	64,9	63,6	63,1	64,8	63,2	70,9	65,7	65,4	68,1	60,9	60,3	64,7	56,7	55,6	52,6	49,4	76,4	98
Rungsted	fjern	1	64,6	63,5	69,1	66,9	65,1	65,8	67,1	64,3	59,5	56,8	56,9	59,1	59,4	61,5	62,3	62,0	69,5	64,4	64,8	68,2	59,7	60,0	63,6	56,0	55,8	52,0	49,0	75,4	112
Rungsted	fjern	1	68,0	66,9	68,3	74,3	70,9	68,2	68,2	67,7	63,8	60,1	60,1	62,6	62,6	63,5	64,2	62,6	66,9	74,3	68,2	66,7	67,0	60,7	59,5	61,9	56,2	52,9	51,2	78,3	114
Nivå	fjern	2	68,8	68,1	73,7	81,6	79,4	75,8	69,8	68,5	66,1	62,2	60,9	63,4	69,5	75,0	79,0	86,7	84,7	81,0	80,9	78,9	74,7	69,8	66,9	64,9	63,5	60,9	58,8	90,9	119
Nivå	fjern	2	67,9	70,8	74,8	80,3	79,4	73,2	70,5	66,9	66,6	62,9	60,5	65,0	71,2	75,8	80,8	85,5	81,7	80,0	80,9	76,6	73,5	69,0	66,0	64,2	62,9	60,5	58,6	89,7	110
Nivå	fjern	1	70,0	67,5	69,4	78,8	76,7	72,2	66,3	63,2	61,8	59,1	58,8	60,3	66,1	71,6	76,4	84,3	82,7	78,1	78,2	76,5	71,6	67,0	63,9	62,0	60,7	58,0	56,2	88,4	121
Nivå	fjern	1	68,6	68,9	70,6	78,5	76,7	73,3	68,6	63,4	61,3	58,4	59,0	61,0	67,1	72,1	77,6	85,5	82,7	78,6	78,6	75,4	71,5	66,7	64,5	62,6	61,3	58,7	56,9	88,9	116
Nivå	fjern	2	65,1	68,4	71,4	74,2	70,8	68,7	69,7	67,6	63,3	60,7	59,7	63,6	69,9	77,5	80,3	76,4	77,7	77,4	72,3	69,9	66,7	63,9	61,7	59,3	57,9	54,9	52,9	84,9	80
Nivå	fjern	1	69,7	69,1	72,1	79,7	78,9	73,7	68,1	64,5	62,3	59,4	58,8	61,9	66,6	72,9	78,1	85,6	82,8	77,9	78,6	76,6	72,2	67,3	64,5	62,8	61,2	58,7	56,6	89,1	119
Nivå	fjern	1	70,1	69,0	72,3	79,3	78,1	70,4	69,4	64,0	62,7	60,3	59,6	62,0	68,0	74,0	80,2	85,1	80,6	77,6	79,7	75,1	72,0	67,1	64,9	62,7	61,3	58,9	57,1	88,6	118
Nivå	fjern	1	67,8	67,4	71,4	78,7	78,7	70,2	68,5	65,4	65,1	60,3	59,7	62,6	68,2	73,5	79,1	83,8	79,5	76,3	78,1	73,5	70,0	65,8	64,0	62,5	60,5	57,8	55,7	87,3	111
Nivå	fjern	1	68,5	68,6	70,7	79,7	77,4	73,5	68,2	64,4	62,2	59,8	58,5	61,4	67,0	73,1	78,6	86,3	82,9	79,1	79,5	76,8	72,8	67,6	65,1	62,8	61,0	58,5	56,9	89,6	117

Måledata Metrotog, 2 målesteder, nærmeste spor

Målested	Spor	Dosisniveau L_p pr. 1/3 oktav [dB]																		A-vægtet										
		25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	dosisniveau	Part
Frederiksberg	nær	65,1	67,7	71,2	70,7	67,1	67,6	69,9	71,2	68,7	68,2	71,4	68,5	70,4	67,4	69,5	71,9	66,9	68,0	63,6	64,0	60,5	58,4	57,5	55,2	55,3	50,4	50,4	77,2	76
Frederiksberg	nær	68,6	72,8	70,7	67,7	66,6	68,7	72,6	73,1	68,0	68,1	71,1	68,4	70,4	67,4	70,1	72,3	67,5	67,9	64,1	65,1	62,5	61,5	61,8	62,0	61,2	58,3	57,5	77,9	77
Frederiksberg	nær	65,8	63,5	63,6	65,8	62,3	63,2	65,5	66,7	64,2	66,5	68,1	68,6	66,2	65,8	68,0	69,1	69,8	66,0	60,5	63,4	59,7	59,4	58,7	56,1	56,0	53,1	53,9	76,0	63
Frederiksberg	nær	63,8	68,2	67,6	66,0	64,7	63,6	65,8	67,9	64,8	64,4	70,9	67,8	71,2	66,8	70,0	73,8	68,6	69,9	63,2	64,0	60,8	59,5	58,2	55,7	56,4	51,2	50,7	78,1	76
Frederiksberg	nær	71,4	74,6	69,3	67,1	66,2	67,9	71,1	70,1	64,4	66,0	70,0	68,1	65,9	61,9	66,9	68,8	64,1	62,7	60,8	63,3	60,8	58,3	57,7	56,7	55,8	52,6	52,0	74,6	74
Frederiksberg	nær	67,1	64,0	67,3	68,0	65,5	65,0	67,0	66,9	64,9	65,6	68,3	66,3	66,5	67,0	68,3	70,1	66,5	64,4	60,9	61,8	59,3	56,9	56,7	54,0	54,3	50,1	50,7	75,3	66
Frederiksberg	nær	68,6	63,7	65,7	67,3	67,0	66,9	65,8	65,1	64,4	66,7	67,5	67,9	66,2	66,2	68,6	69,5	66,2	65,9	60,8	63,0	60,1	59,5	58,8	57,5	55,6	52,9	51,8	75,5	70
Frederiksberg	nær	67,5	64,1	64,5	68,9	65,1	62,9	67,1	67,2	65,4	67,1	66,6	69,0	66,1	67,2	68,1	69,6	67,6	64,0	61,5	62,4	59,6	58,0	57,3	54,8	55,6	49,7	49,8	75,4	64
Frederiksberg	nær	67,4	65,7	66,7	68,0	67,7	69,1	68,1	69,1	66,2	68,2	67,2	69,1	66,9	67,5	70,0	71,0	65,2	64,4	63,1	62,8	60,0	62,0	60,2	58,5	56,5	51,5	52,8	76,3	59
Frederiksberg	nær	66,8	65,3	66,2	64,9	62,7	63,6	67,7	67,4	65,0	68,2	66,2	68,7	65,4	66,2	68,7	69,6	64,1	63,3	58,4	61,6	59,4	56,4	56,4	53,9	55,3	49,4	50,5	74,7	60
Frederiksberg	nær	68,2	64,2	67,4	67,2	65,5	67,9	66,1	65,8	64,6	66,1	66,0	67,3	65,0	66,4	67,6	68,3	63,9	63,6	59,8	60,5	57,8	56,7	55,3	52,2	52,5	48,1	48,8	74,0	60
Frederiksberg	nær	61,4	61,2	65,1	66,3	64,0	62,5	65,6	65,7	64,0	65,6	72,9	68,3	67,6	67,7	69,1	70,7	66,5	67,1	65,1	64,8	60,9	58,9	57,8	56,1	56,5	53,0	52,8	76,8	70
Frederiksberg	nær	64,2	63,9	65,7	67,4	64,4	66,3	70,0	68,9	64,5	64,9	66,8	65,0	66,3	66,1	68,1	70,1	66,9	66,0	60,9	63,0	59,8	57,7	56,4	55,0	54,1	51,4	51,1	75,5	66
Frederiksberg	nær	63,8	63,0	65,0	65,5	64,0	62,4	64,2	65,6	64,7	65,2	70,0	65,8	66,8	66,4	68,1	69,2	64,0	64,5	60,3	61,7	58,8	57,0	55,5	53,7	54,2	48,9	47,8	74,7	68
Amager	nær	73,8	71,4	66,9	69,9	71,2	67,5	69,1	69,4	67,9	68,9	72,2	68,7	70,3	67,0	66,8	70,0	65,9	66,7	63,2	64,6	61,8	61,2	59,4	56,6	56,9	51,8	51,3	76,5	73
Amager	nær	70,8	75,9	70,8	70,9	69,8	69,4	70,1	70,2	69,7	71,6	75,5	71,1	72,6	70,7	71,1	72,8	69,6	69,3	65,6	65,8	63,3	63,0	61,5	58,6	58,8	53,2	51,5	79,2	73
Amager	nær	67,2	66,8	64,3	67,8	66,0	65,4	65,9	68,0	68,0	67,4	71,4	67,6	66,6	66,0	66,8	67,1	65,5	63,8	60,9	60,3	59,7	59,4	56,7	54,1	54,1	48,5	49,3	74,4	67
Amager	nær	72,1	71,9	69,6	67,9	66,9	66,5	65,2	66,5	66,8	68,3	71,3	68,7	68,4	66,0	66,9	69,7	66,1	66,6	62,3	63,7	60,7	59,8	57,9	55,6	55,3	50,1	49,1	75,9	73
Amager	nær	71,4	67,3	66,7	66,2	67,2	67,4	65,4	66,7	66,2	68,3	71,5	68,1	67,5	66,5	67,3	68,0	65,5	64,5	61,7	63,5	60,1	61,1	57,2	54,3	53,7	50,0	50,1	75,2	66
Amager	nær	69,1	70,7	67,1	65,1	68,5	71,5	66,8	68,2	68,9	70,3	73,6	70,3	72,0	68,5	69,7	73,0	69,3	69,9	64,9	65,2	62,5	62,5	60,5	56,8	57,7	53,1	54,5	78,7	74
Amager	nær	75,1	74,2	71,8	71,4	72,0	66,9	66,3	68,9	68,8	69,0	73,0	71,3	72,4	69,7	69,8	73,5	70,0	70,7	64,7	65,5	62,9	63,2	60,8	57,6	58,3	52,5	52,1	79,2	72
Amager	nær	71,2	65,2	67,9	67,9	68,9	66,1	71,0	69,1	69,9	71,7	71,7	70,5	67,8	70,0	68,0	69,0	64,6	62,5	62,3	62,3	62,2	59,1	60,3	55,3	55,9	51,3	51,4	75,9	53

Måledata Metrotog, 2 målesteder, fjerneste spor

Målested	Spor	Dosisniveau L_E pr. 1/3 oktav [dB]																		A-vægtet										
		25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	dosisniveau	Fart
Frederiksberg	fjern	64,0	67,5	70,4	70,1	65,1	64,2	66,8	63,2	59,6	62,1	69,3	64,5	65,6	59,9	63,1	65,1	61,7	62,0	57,5	60,4	59,1	57,2	56,3	55,9	54,0	51,1	50,2	72,1	70
Frederiksberg	fjern	63,3	66,7	64,6	65,0	62,0	63,6	64,3	62,0	59,0	62,7	70,2	65,2	64,5	59,3	63,3	65,5	61,5	61,2	57,1	60,2	57,9	55,6	55,7	51,9	49,2	45,7	44,6	71,8	69
Frederiksberg	fjern	63,5	69,1	65,4	63,7	62,9	64,3	64,3	64,0	60,5	63,5	68,7	65,9	65,5	61,3	67,2	67,5	63,5	62,4	60,0	61,8	59,2	56,5	54,7	51,4	52,4	48,9	50,1	73,5	71
Frederiksberg	fjern	63,7	66,7	64,9	62,9	62,3	62,6	62,7	62,5	60,5	63,0	69,1	68,0	64,3	60,7	64,4	66,8	62,7	62,8	59,9	62,5	60,0	57,8	57,5	53,8	52,9	51,3	53,3	73,3	74
Frederiksberg	fjern	61,7	63,7	63,1	61,9	61,1	61,6	61,9	61,9	57,7	61,2	66,4	63,9	64,1	59,9	65,3	66,1	61,2	60,9	58,1	61,2	57,8	55,9	54,1	51,1	50,6	46,4	46,1	71,9	70
Frederiksberg	fjern	65,1	64,5	66,2	65,6	64,5	64,3	65,7	64,8	62,3	63,5	70,6	64,9	64,7	61,9	66,3	66,8	63,5	61,4	59,2	60,3	58,9	58,4	59,0	55,7	54,8	50,9	51,1	73,3	72
Frederiksberg	fjern	63,7	65,1	65,4	65,7	63,2	65,4	71,2	62,9	59,6	63,2	68,8	65,6	63,8	60,5	64,4	66,1	62,5	61,6	59,0	62,2	59,2	57,6	56,0	54,8	57,3	56,6	56,3	72,8	69
Frederiksberg	fjern	64,8	68,6	63,3	64,0	62,7	63,7	65,1	63,5	60,4	63,3	69,3	66,2	64,4	60,6	64,1	65,4	62,8	62,0	59,0	61,0	58,6	56,8	55,0	51,7	51,8	47,0	47,0	72,3	71
Frederiksberg	fjern	61,9	64,5	65,2	64,7	63,9	66,0	66,9	64,4	60,6	63,6	70,2	66,0	64,2	60,1	64,8	66,1	61,3	61,6	59,3	61,3	58,8	55,6	55,1	52,9	54,8	50,3	49,1	72,5	72
Frederiksberg	fjern	63,6	64,8	63,9	63,9	62,9	63,6	63,6	66,0	60,4	63,1	69,3	65,5	64,5	61,3	67,4	68,2	63,2	61,7	58,7	61,8	59,2	56,6	54,4	51,2	51,7	48,1	49,5	73,4	70
Frederiksberg	fjern	62,7	64,4	64,6	63,8	63,4	64,3	65,5	64,5	59,7	62,4	69,9	64,8	62,5	59,5	63,6	65,6	63,1	61,2	57,5	60,1	57,5	55,4	54,1	50,3	48,9	45,4	44,2	71,8	71
Frederiksberg	fjern	64,4	66,3	64,5	65,2	63,6	64,5	66,6	64,0	61,6	65,1	73,0	69,8	66,1	63,2	66,0	68,0	63,4	63,1	61,2	64,1	60,9	58,6	56,2	53,6	53,3	49,8	48,5	74,6	73
Amager	fjern	73,1	71,1	68,8	70,0	67,6	65,5	64,6	61,0	63,3	68,5	72,2	68,8	64,9	61,6	63,6	68,2	63,9	65,6	61,3	61,1	58,8	58,8	56,2	53,6	54,0	49,5	49,2	74,3	71
Amager	fjern	64,7	64,0	64,3	68,4	68,5	65,0	65,7	65,1	64,1	66,7	73,6	67,5	66,3	62,1	64,7	68,3	64,6	66,1	63,1	61,6	60,8	59,5	56,5	53,9	53,8	51,6	50,7	74,9	74
Amager	fjern	70,0	68,5	65,9	68,1	65,1	65,7	64,5	61,0	61,9	66,0	71,5	66,3	62,6	60,4	62,7	67,6	63,5	65,0	60,8	59,7	57,6	57,4	54,8	51,8	51,1	47,4	47,5	73,3	69
Amager	fjern	82,7	79,6	76,8	74,1	71,7	70,3	66,3	64,5	64,7	67,1	70,4	67,0	64,1	62,0	63,7	68,9	64,5	65,5	60,9	59,8	57,7	56,8	54,4	51,6	52,2	48,4	50,0	74,0	70
Amager	fjern	68,6	63,7	63,3	62,9	61,2	61,3	60,5	56,8	60,6	67,1	65,0	65,5	57,8	59,5	62,3	65,6	58,6	57,6	56,8	57,6	55,1	52,7	53,2	48,6	50,9	44,2	45,3	70,2	53
Amager	fjern	74,5	68,4	68,2	67,7	68,5	72,1	67,0	63,5	61,8	69,3	66,9	69,2	60,5	60,9	63,8	66,1	62,5	61,7	59,5	60,1	60,0	57,9	56,8	57,3	56,3	53,7	51,9	72,9	55
Amager	fjern	68,0	61,4	62,2	63,0	71,2	65,5	62,6	59,4	62,7	69,8	67,9	68,7	60,4	61,2	63,6	67,2	60,7	60,9	62,5	60,0	58,0	55,4	55,5	52,3	53,7	49,5	49,3	72,7	52
Amager	fjern	78,5	75,1	72,3	71,0	67,5	65,6	67,8	66,6	63,6	67,7	67,6	66,1	58,8	61,1	62,2	64,0	59,2	57,7	58,2	57,7	57,2	54,9	55,0	50,1	51,0	47,3	46,9	70,6	51
Amager	fjern	69,8	61,4	65,2	65,2	66,3	67,1	65,3	62,2	60,9	69,2	65,2	66,8	59,3	60,5	63,8	64,7	61,6	59,3	56,9	57,3	56,2	53,7	52,8	49,7	49,8	45,9	46,6	70,9	56
Amager	fjern	76,0	73,1	71,0	71,0	66,8	69,1	72,7	67,2	64,6	69,7	66,9	66,6	58,6	61,1	62,7	65,1	59,5	59,1	58,1	58,6	58,2	55,4	54,9	51,3	51,6	47,1	46,4	71,3	51
Amager	fjern	65,9	65,5	64,3	67,0	67,3	66,7	65,3	64,8	64,0	67,2	72,7	66,7	66,2	61,6	64,8	67,7	64,0	65,9	63,2	61,3	60,4	59,4	56,3	53,8	53,4	49,6	49,8	74,5	74

Overføringsfunktion

Overføringsfunktion, Øresundstog, 3 målesteder

Overføringsfunktion, Metrotog, 2 målesteder

Overførfunksjon, Øresundstog, 3 målesteder

		Overførfunksjon C(50) pr. 1/3 oktav																										
Målested	Spor	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Trepile	nær	20,8	20,9	21,1	21,6	22,7	23,8	24,8	26,2	28,5	24,4	26,4	29,0	29,8	28,0	24,8	24,5	25,3	25,3	25,7	25,2	25,2	25,2	25,9	26,1	26,1	26,8	27,1
Trepile	fjern	22,8	22,9	23,0	23,2	23,5	24,0	24,7	26,0	28,0	24,9	26,9	30,4	34,1	34,2	31,8	29,3	28,8	28,3	27,1	27,0	26,4	27,0	27,2	26,7	28,5	28,9	29,5
Rungsted	nær	20,8	20,9	21,1	21,5	22,0	22,6	23,7	25,3	27,8	22,8	24,3	26,5	28,7	29,0	26,6	25,0	23,9	24,6	25,1	24,5	25,2	25,0	25,5	26,0	26,0	26,6	27,0
Rungsted	fjern	22,8	22,9	23,0	23,2	23,4	23,8	24,5	25,4	27,0	24,7	26,0	28,2	31,6	34,8	34,1	31,3	28,9	27,3	27,7	27,7	26,9	27,4	27,7	27,1	28,8	29,2	29,8
Nivå	nær	21,0	20,9	20,9	21,2	21,9	22,9	24,4	26,4	28,7	23,4	25,5	28,1	30,8	28,3	24,5	24,0	24,9	25,0	26,1	25,1	25,0	25,7	26,0	26,3	26,5	27,0	27,6
Nivå	fjern	23,0	23,1	23,2	23,4	23,7	24,2	24,9	26,1	28,4	25,1	26,7	29,3	32,9	34,6	33,0	30,6	29,2	28,5	27,8	27,7	27,1	27,5	28,0	27,0	28,9	29,6	30,5

Overførfingsfunktion, Metrotog, 2 målesteder

		Overførfingsfunktion C(50) pr. 1/3 oktav																										
Målested	Spor	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Frederiksberg	nær	18,8	19,1	19,7	20,5	21,9	23,9	25,7	24,4	21,6	21,1	22,2	22,4	21,8	21,7	22,4	22,1	23,4	21,7	21,5	21,7	22,6	22,1	22,5	22,4	22,7	22,9	23,1
Frederiksberg	fjern	21,1	21,3	21,5	21,8	22,2	23,0	24,2	26,0	28,6	22,9	24,0	25,7	27,7	29,2	28,4	26,9	26,2	26,5	26,1	26,1	25,1	25,3	25,9	26,8	26,2	26,9	27,4
Amager	nær	18,2	18,7	19,5	20,7	22,5	24,5	24,0	21,1	19,5	20,7	20,7	20,1	20,1	20,8	20,6	22,3	20,0	20,0	20,2	21,2	20,6	21,1	20,9	21,1	21,2	21,4	21,6
Amager	fjern	23,6	23,7	23,8	24,0	24,3	24,6	25,2	26,2	27,6	25,6	26,7	28,2	30,4	32,9	34,5	33,4	31,1	29,2	28,5	28,6	28,5	28,2	28,3	27,5	29,3	30,7	31,7

Måleudstyr

Ved målinger og analyse er der anvendt det nedenfor anførte måleudstyr.

<i>Instrument</i>	<i>Type</i>	<i>A&V nr.</i>
Målemikrofon	Brüel & Kjær 4165	0838L
Mikrofonforforstærker	GRAS 26AK	1308L
Mikrofonspændingsforsyning	Brüel & Kjær 5935	1000L
DAT-båndoptager	HHB Portadat	1165L
Akustisk kalibrator	Brüel & Kjær 4230	0836L
Frekvensanalysator	Brüel & Kjær 2144	1099L
Fartradar	Falcon	-

Nord2000 data for andre togtyper

Dette bilag indeholder omregnede kildestyrkedata for en række danske togtyper. Omregningen er udført i 2002, men endnu ikke indarbejdet i Nord2000 [1], hvor siderne skal erstatte det nuværende Annex A4.

A.4 Denmark

The Danish data have been taken from [5] planned to be included in the present Nordic model, and converted to dB/m using eq. (2) in that model. The Danish train types and corresponding designation codes are:

Passenger train sets:

- A: Diesel trains (IC3)
- D: Electric trains (IR4)

Locomotive-driven trains:

- B: Diesel passenger trains with MZ or ME locomotive (MZ/P, ME/P)
- H: Diesel goods trains with MZ or ME locomotive (MZ/G and ME/G)
- C: Electric passenger trains with EA locomotive (EA/P)
- I: Electric goods trains with EA locomotive (EA/G)

Local trains:

- F2,F3: S-trains 2nd and 3rd generation
- F4: S-trains 4th generation
- E: Diesel train sets (MR), Y-trains, IC2 trains, RegioSprinter, Desiro

1/3 octave data have been obtained from interpolation between the octaves and then normalized to the correct octave band sound power level. Provisionally, as [5] only covers 63-4000 Hz, 31.5 Hz has been chosen as the value at 63 Hz and 8000 Hz as the value at 4000 Hz minus 10 dB. At the boundaries 25 Hz and 10000 Hz have been given the values at 31.5 Hz and 8000 Hz, respectively.

Table A.4.1: Input data for Danish trains

Train Types	A&D		B, C, H & I		E		F2 & F3		F4	
	f	a b	a b	a b	a b	a b	a b	a b		
25	16.7	76.8	10.0	84.7	10.0	81.4	28.9	82.8	24.0	74.4
31.5	16.7	76.8	10.0	84.7	10.0	81.4	28.9	82.8	24.0	74.4
40	16.7	80.1	10.0	88.0	10.0	84.7	28.9	86.1	24.0	77.7
50	17.6	85.8	10.0	94.2	8.3	90.3	26.8	91.5	23.5	83.4
63	17.6	89.2	10.0	97.5	8.3	93.7	26.8	94.9	23.5	86.8
80	15.4	89.0	10.0	96.1	12.9	93.7	32.3	95.4	24.8	86.6
100	11.5	87.8	10.0	92.6	22.4	93.1	46.0	95.8	29.3	85.5
125	9.3	87.6	10.0	91.2	27.1	93.1	51.6	96.3	30.6	85.3
160	9.3	87.4	10.0	91.5	22.4	92.6	39.7	95.1	24.6	85.2
200	8.9	87.0	9.5	91.9	12.3	91.3	14.3	92.2	13.2	84.5
250	8.9	86.8	9.5	92.2	7.6	90.7	2.5	91.0	7.2	84.4
315	12.1	87.3	10.7	93.9	10.1	91.7	13.6	92.9	10.1	85.7
400	15.4	88.3	10.3	96.6	14.3	93.4	34.6	96.1	12.5	87.4
500	18.6	88.8	11.5	98.3	16.8	94.3	45.7	98.0	15.5	88.8
630	25.3	89.1	18.2	98.6	21.3	94.6	49.1	98.7	28.6	90.2
800	35.3	89.4	28.8	98.6	28.5	94.9	51.5	99.9	52.2	92.9
1000	42.0	89.6	35.6	98.8	33.0	95.2	54.9	100.7	65.4	94.3
1250	43.1	89.2	38.3	98.5	31.8	94.7	54.2	99.4	58.5	92.0
1600	43.1	89.0	41.1	98.6	28.7	94.1	51.2	97.5	42.1	88.0
2000	44.1	88.6	43.8	98.4	27.5	93.6	50.5	96.2	35.3	85.7
2500	40.6	86.8	40.5	96.1	24.6	92.0	53.2	95.0	33.8	84.2
3150	34.5	84.3	33.9	93.0	21.0	90.0	58.6	94.1	34.0	83.1
4000	30.9	82.5	30.5	90.7	18.1	88.3	61.2	92.8	32.5	81.7
5000	29.2	80.6	29.2	88.2	15.2	86.3	58.3	89.6	34.0	80.6
6300	27.9	78.1	28.6	85.0	11.7	83.5	52.0	84.7	37.1	79.3
8000	26.2	76.2	27.3	82.5	8.8	81.4	49.1	81.5	38.6	78.2
10000	26.2	76.2	27.3	82.5	8.8	81.4	49.1	81.5	38.6	78.2

As the sound power levels in [5] were obtained using different propagation and source models compared to Nord2000, they have been corrected for ground effect.

The source model to be used for the Danish trains corresponds to the model given for Norwegian trains in Nord2000, Table A.3.2.

Reference

- [5] “Kildestyrker af danske tog” (in Danish), DELTA Acoustics & Vibration, Report AV 1554/98, Lyngby 1998