

ORIENTERING FRA MILJØSTYRELSENS REFERENCELABORATORIUM FOR STØJMÅLINGER

VURDERING AF SAMMENSAT STØJ

Orientering nr. 27

Jørgen Kragh/BP/bt

1997-08-08

Støj fra én type støjkilde er mere generende, når der samtidigt er støj fra andre kilder. Man kan lægge støjniveauerne fra forskellige kilder sammen, men først skal de korrigeres for forskelle i genevirkning.

- Ved at lægge bidragene fra forskellige typer støj sammen får man en bedre vurdering af miljøet, end når man nøjes med at se på hver type støj for sig.
- Der vil kun være mening i at lægge niveauer af støj fra to typer støjklider sammen, når det samme støjniveau fra de to typer kilder giver anledning til den samme grad af gene.
- Hvis niveauet af støjen fra én type støjkilde korrigeres for den forskel i støjniveau, to typer kilder skal have for at give den samme grad af gene, kan støjbidragene lægges sammen.
- Sammenlægningen foretages i praksis nemmest ved at udnævne én type støjkilde til den "primære" og korrigerer støjniveauerne fra de øvrige typer, så de gennemæssigt svarer til den "primære" type støj.
- Man skal kende sammenhængen mellem støjniveauet og den gene, støjen giver anledning til, for alle de typer af støj, man vil lægge sammen.
- Der er brug for at få kortlagt sammenhængene mellem støjniveau og gene på en ensartet måde.
- Ved støjkortlægning og ved planlægning af nye trafik anlæg og lignende anbefales det at kortlægge den totale støjbelastning efter metoden foreslået her.
- Det eksisterende regelgrundlag giver ikke mulighed for indgreb over for støj med den begrundelse, at den samlede støj fra forskellige typer kilder overskrider de vejledende grænseværdier.

BAGGRUND OG FORMÅL

Støjen udendørs stammer fra forskellige typer kilder, og Miljøstyrelsen har udgivet vejledninger om støj fra vejtrafik, jernbaner, fly, erhvervsvirksomheder, skydebaner, motorsportsbaner osv. I disse vejledninger findes der vejledende grænseværdier og metoder til måling og beregning af støjniveauerne fra hver af de forskellige typer støj.

Der findes ingen anerkendt metode til at vurdere virkningen af støjen, når der forekommer flere typer støj samtidigt, men efter at have gennemgået en del litteratur har DELTA Akustik & Vibration foreslået Miljøstyrelsen en fremgangsmåde [1].

Princippet er kort fortalt, at de enkelte støjniveauer må korrigeres for eventuelle forskelle i gene ved samme støjniveau, før de kan lægges sammen. Fordelen ved at lægge forskellige typer støj sammen i stedet for at se på dem enkeltvis er, at man får en mere nuanceret vurdering af støjen fra f.eks. et nyt vejanlæg eller ændret brug af start- og landingsbanerne i en lufthavn.

Der er i Norden og i flere andre europæiske lande voksende opmærksomhed om det nødvendige i ikke alene at se på virkningen af én type støj ad gangen, men i stedet at vurdere støjen i sammenhæng med andre typer støj, og på længere sigt måske også med andre miljøbelastninger, der forekommer samtidigt.

Der er vanskeligheder at overvinde, før den samlede virkning af forskellige miljøbelastninger kan fastlægges nøjagtigt, men Miljøstyrelsen har fundet det vigtigt at komme i gang med at afprøve metoden, især for at få tilbagemelding om konsekvenserne for praktisk administration af støjsager.

METODE

Undersøgelser har vist, at hvis én type støj er væsentligt mere generende end andre, så er den bestemmende for den samlede virkning af støjen. Hvis to typer støj derimod er omtrent lige generende, vil den samlede støj være mere generende end de to typer hver for sig.

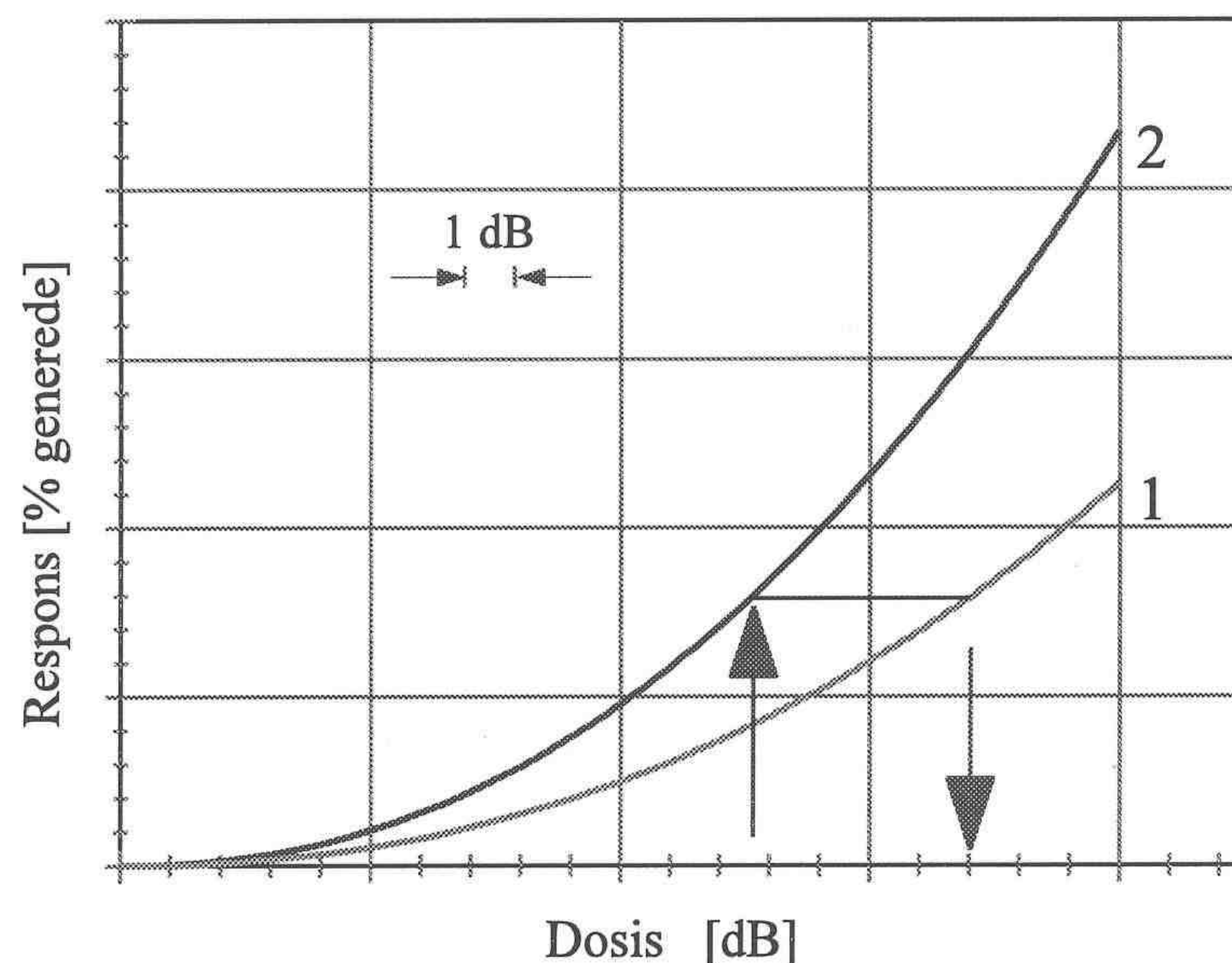
Metodens udgangspunkt er, at det kun er meningsfyldt at lægge støjniveauer sammen efter "energi-ækvivalens-princippet"¹⁾, hvis de typer støj, der indgår i summationen, har samme "dosis-respons-kurve". Dosis-respons-kurven er i denne forbindelse sammenhængen mellem støjniveau og oplevet gene. Med andre ord skal et bestemt støjniveau give anledning til den samme gene for alle typer støj, før de kan "adderes".

Dosis-respons-kurven er ikke den samme for forskellige typer støj, som f.eks. vejtrafikstøj, jernbanestøj, flystøj, og industristøj. Niveauerne af disse typer støj vil derfor ikke umiddelbart kunne lægges sammen.

¹⁾ "Energi-ækvivalens-princippet" ligger bag definitionen af den mest brugte målestørrelse, ækvivalentniveauet $L_{Aeq,T}$, som er niveauet af en konstant støj med samme energiindhold som den tidsmæssigt varierende støj.

Hvis niveauet af hver enkelt type støj derimod korrigeres, så alle typer støj efter korrektionen har samme dosis-respons-kurve, har en række undersøgelser sandsynliggjort, at det giver mening at summere støjniveauerne efter "energi-ækvivalens-princippet". Det enkelte støjniveau korrigeres kort sagt til samme grad af gene. Den summation, der udføres, er så ikke af de fysiske støjniveauer, men i stedet af de tilhørende genevirkninger repræsenteret ved en række korrigerede støjniveauer.

Den korrektion, der skal adderes til støjniveauet inden summationen, bestemmes af forskellen i dosis-respons-kurverne for de forskellige typer støj. Man skal derfor kende sammenhængen mellem støjniveau og gene for hver type støj. Metoden er foreslået i [2]. Princippet er vist i Figur 1. I figuren er der to kurver, som viser sammenhængen mellem støj (dosis) og den grad af gene (respons), som støjen giver anledning til. Kurverne gælder for to slags støj, type 1 og 2.



Figur 1

Dosis-responskurver brugt til omregning fra type 2 til type 1.

Det er hensigtsmæssigt at vælge en *primær* type støj, dvs. den type støj, man ønsker at udtrykke den samlede genevirkning ved. I Figur 1 er type 1 valgt som primær støj.

Når man vil korrigere niveauet af støj af type 2, så det kan lægges sammen med niveauet af støj af type 1, går man ind i Figur 1 på den vandrette akse ved niveauet af støj af type 2 og lodret op til kurve 2. Man aflæser på den lodrette akse den respons (i %), der svarer til dosis (i dB) af støj af type 2. For en bestemt dB-værdi i Figur 1 er type 2 mere generende end type 1. Man går vandret til kurve 1 og aflæser på dB-aksen den tilsvarende dosis. Dermed har man bestemt den - højere - dosis støj af type 1, der giver samme respons som dosis af type 2. Denne højere dosis er den "gene-korrigerede" dosis støj af type 2.

I eksemplet i Figur 1 svarer responsen på den givne dosis støj af type 2 til responsen på en 4 dB højere dosis støj af type 2. Men en anden dosis støj af type 2 bliver genkorrektionen en anden, fordi dosis-respons kurverne i Figur 1 ikke er parallelle.

Efter på denne måde at have fastlagt sammenlignelige niveauer af støj fra de to typer kilder, kan man lægge dem sammen. Når man lægger dB-værdier sammen sker det ved hjælp af udtryk af form som (1).

$$L_{\text{tot}} = k \log \sum_j 10^{\frac{L_{j,\text{kor}}}{k}} \quad (1)$$

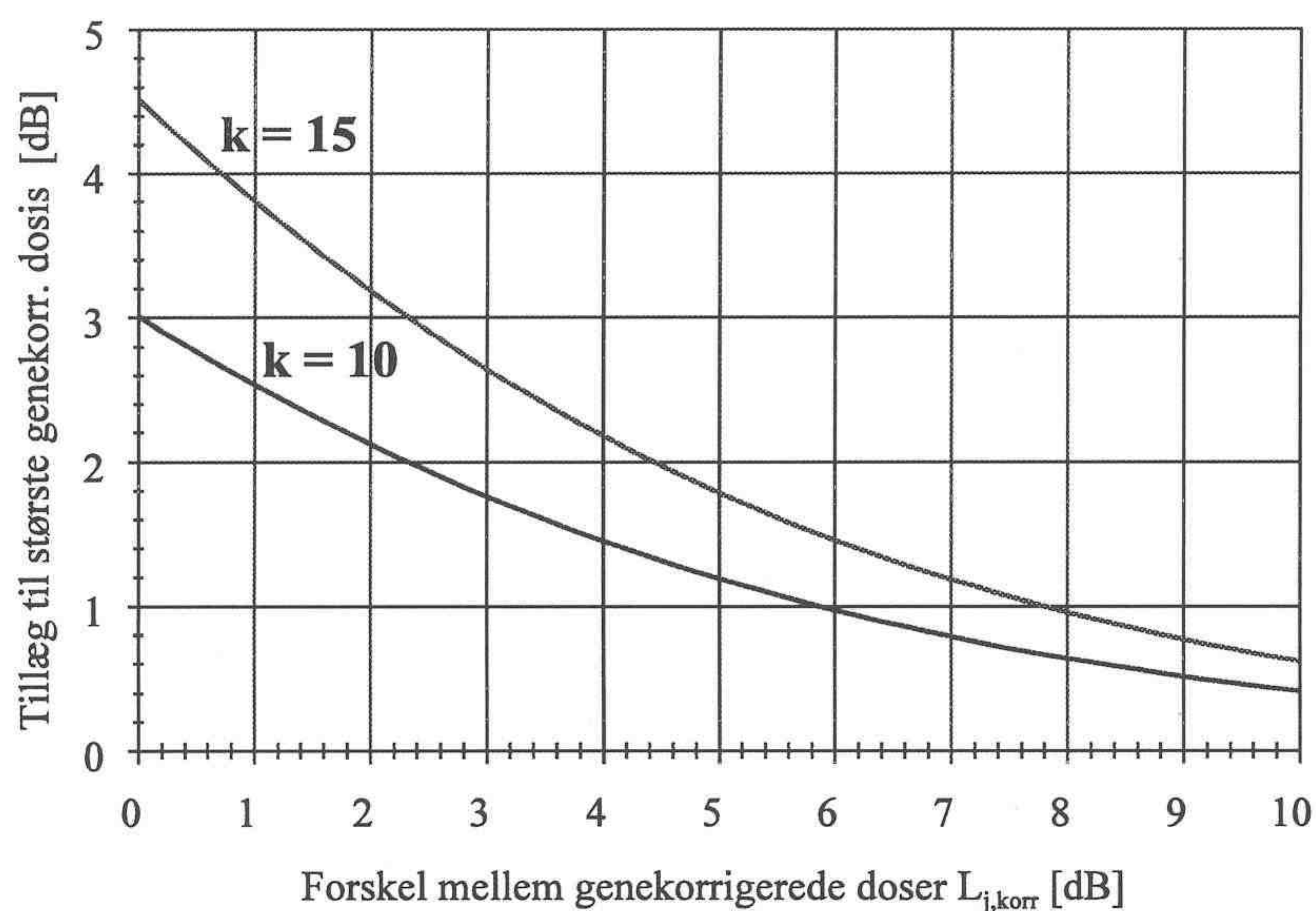
hvor L_{tot} er det totale niveau [dB]

k er en vægtningsfaktor

$L_{j,\text{kor}}$ er den genkorrigerede dosis af støj fra kilde type j [dB]

Hvis $k = 10$, udtrykker formel (1) den sædvanlige energimæssige summation. Laboratorieforsøg har vist, at ved beregning af den samlede virkning af flere typer støj skal k måske snarere være 15-17. Med $k = 15$ bliver det totale støjniveau for to typer støj 4,5 dB højere end hver af de genkorrigerede støjniveauer, hvis de er lige generende. Ved almindelig energimæssig addition ($k = 10$) bliver totalniveauet kun 3 dB højere end hver af de niveauer, der indgår i summen.

Når den ene type støj er væsentlig mere generende end den anden, bliver totalniveauet det samme som niveauet af den mest generende støj. Det er vist i Figur 2, som viser det tillæg, man skal give til den største (gene-korrigerede) dosis for at bestemme summen af to genkorrigerede doser. Tillægget er vist som funktion af forskellen mellem de to doser, og med vægtningen k som parameter.



Figur 2

Tillæg til den største genekorrigerede dosis for at bestemme summen af to genekorrigerede doser, jf. teksten. Parameter: k .

Værdien af k må på baggrund af den foreliggende viden, som udelukkende stammer fra laboratorieforsøg, siges at være behæftet med stor usikkerhed. En k -værdi forskellig fra 10 for nært beslægtede (eller ens) typer støj vil være i direkte modstrid med det almindeligt anerkendte "energi-ækvivalens-princip". Det anbefales derfor at anvende en k -værdi på 10 i den foreslåede metode.

Derudover anbefales det at bruge forskellen mellem Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier som mål for forskellen i genevirkning af støj fra vej- og togtrafik samt støj fra flytrafik omkring lufthavne, indtil det lykkes at få fastlagt dosis-respons sammenhængen for alle typer støj. Derved bliver støj fra vejtrafik og flytrafik regnet lige generende, og støjniveauerne kan lægges sammen uden korrektion. Støj fra togtrafik regnes derimod at være "5 dB mindre generende", og niveauet af støjen fra togtrafikken skal reduceres med 5 dB, førend det adderes til niveauet af støj fra vej- eller flytrafik.

De nævnte typer støj karakteriseres i Miljøstyrelsens vejledninger ved døgnværdier af støjniveauet. Når man bruger forskellen i de vejledende grænseværdier til at beskrive forskellen i genevirkning, forudsættes det, at dosis-responskurverne er parallelle, og at de vejledende grænseværdier svarer til samme grad af gene. Dette er ikke helt korrekt, men formentlig en brugbar første tilnærmelse.

Det er ikke klart, hvordan bl.a. ekstern støj fra virksomheder bedst håndteres i denne forbindelse, idet brugen af forskellige referencetidsrum mv. komplicerer forholdene.

Eksempel

I et punkt er der støj fra en motorvej og fra en jernbane. Motorvejen giver et støjniveau på 53 dB, og jernbanen giver 58 dB.

Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier er 55 dB for vejstøj og 60 dB for jernbanestøj. Det skyldes, at vejstøj med et niveau på 55 dB giver samme gene som jernbanestøj, der har et 5 dB højere niveau.

Note: Brugen af forskellen i de vejledende grænseværdier som udtryk for forskellen i graden af gene er en tilnærmelse, som forudsætter, at dosis-respons kurverne er parallelle.

Vurderet hver for sig overskrider støjen fra vejen og banen ikke grænseværdierne.

Efter den nye metode bestemmes niveauet af den kombinerede støj sådan:

Vælges vejstøj som "primær støj", skal støjniveauet fra vejtrafikken ikke korrigeres. Niveauet af jernbanestøjen skal korrigeres med minus 5 dB, og det korrigerede niveau er $58 - 5 = 53$ dB.

Det totale niveau af den kombinerede støj bestemmes som summen af de 53 dB fra vejstøjen og det korrigerede niveau på 53 dB af jernbanestøjen, i alt 56 dB.

$$L_{\text{tot}} = 10 \log (10^{53/10} + 10^{53/10}) = 56 \text{ dB}$$

Det samlede støjniveau på 56 dB er højere end grænsen på 55 dB for "den primære støj", vejstøjen. Med den nye metode får man en strengere bedømmelse af støjen, end hvis man som før ser på hver type støj for sig.

Note: Det totale niveau på 56 dB vil ikke kunne måles. Det er ikke et fysisk forekommende niveau, men en regnestørrelse, der beskriver den samlede gene fra de to typer støj.

Man kunne også have valgt jernbanestøj som "primær støj". Så skal støjniveauet fra jernbanen ikke korrigeres, mens niveauet af vejstøjen skal korrigeres med plus 5 dB. Det korrigerede niveau er $53 + 5 = 58$ dB.

Det totale niveau af den kombinerede støj er summen af de 58 dB fra jernbanestøjen og det korrigerede niveau på 58 dB af vejstøjen, i alt 61 dB, altså højere end grænsen på 60 dB for "den primære støj", jernbanestøjen.

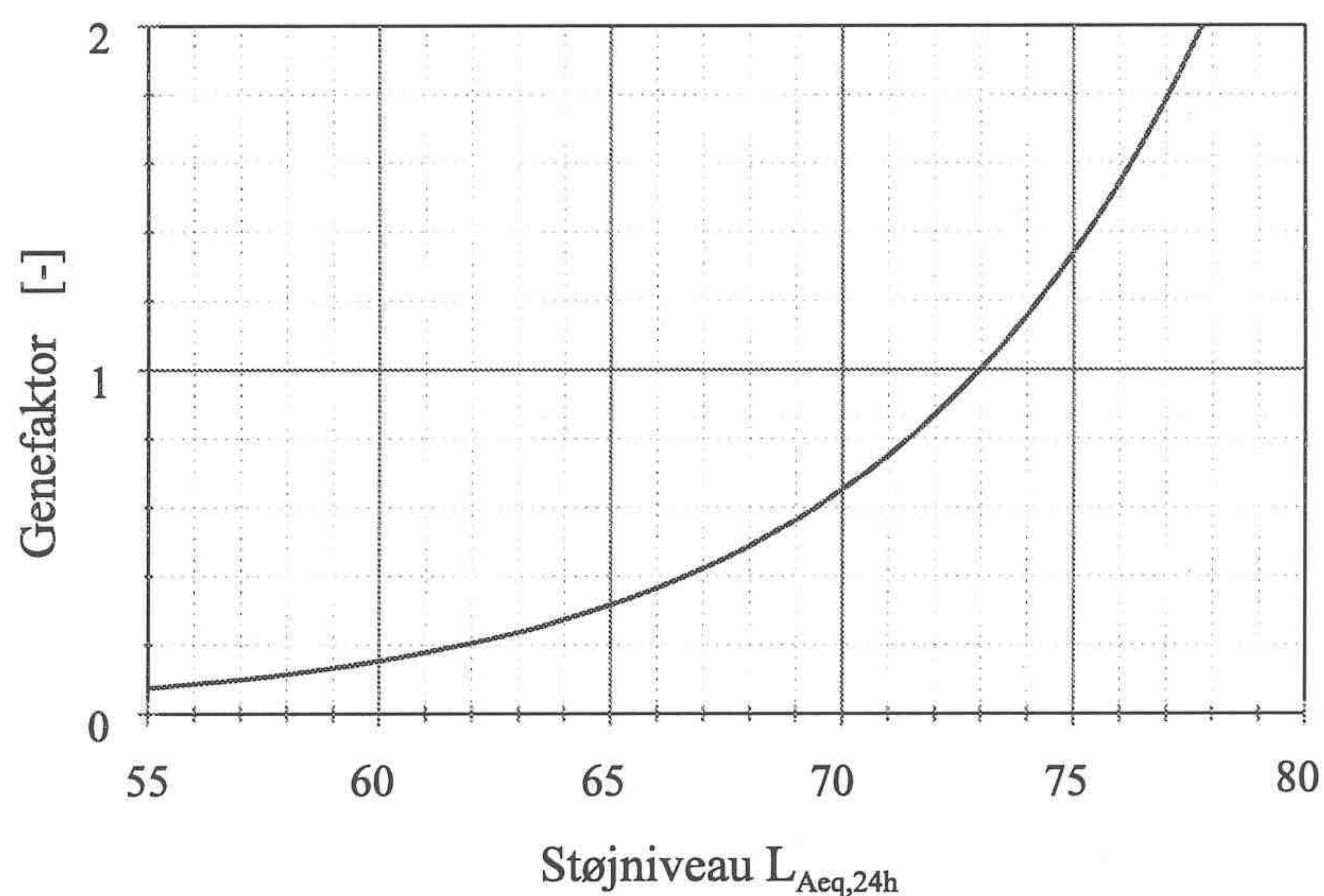
$$L_{\text{tot}} = 10 \log (10^{58/10} + 10^{58/10}) = 61 \text{ dB}$$

KORTLÆGNING

Konsekvenserne af at bruge metoden ved kortlægning af støj er belyst i dette afsnit for at vise, at vurderingen af et nyt trafik anlæg bliver en anden, når man medtager flere typer støj kilders bidrag til støjbelastningen.

Støjbelastningstal

Til at beskrive støjen omkring veje bruger vejmyndighederne støjbelastningstallet, SBT, beskrevet i Vejreglen "Støj hensyn ved nye vejanlæg" [3]. Man beregner støjniveauet ved hver bolig og ud fra dette fastlægger man en "genefaktor" ved hjælp af Figur 3. Summen af genefaktorerne for alle boliger beskriver støjen omkring vejanlægget.



Figur 3

Genefaktor som funktion af niveauet af vejtrafikstøj udendørs ved helårsboliger, efter [3].

$$\text{Genefaktor} = 0,01 \times 4,22^{(L_{Aeq,24h}-41)/10}$$

Eksempel

Et sted er der støj fra en vej og fra en jernbane. Figur 4 viser øverst vejen og linier tegnet gennem punkter med niveauer af vejstøj på 55 dB og 60 dB. Inden for det skraverede område er der 100 boliger.

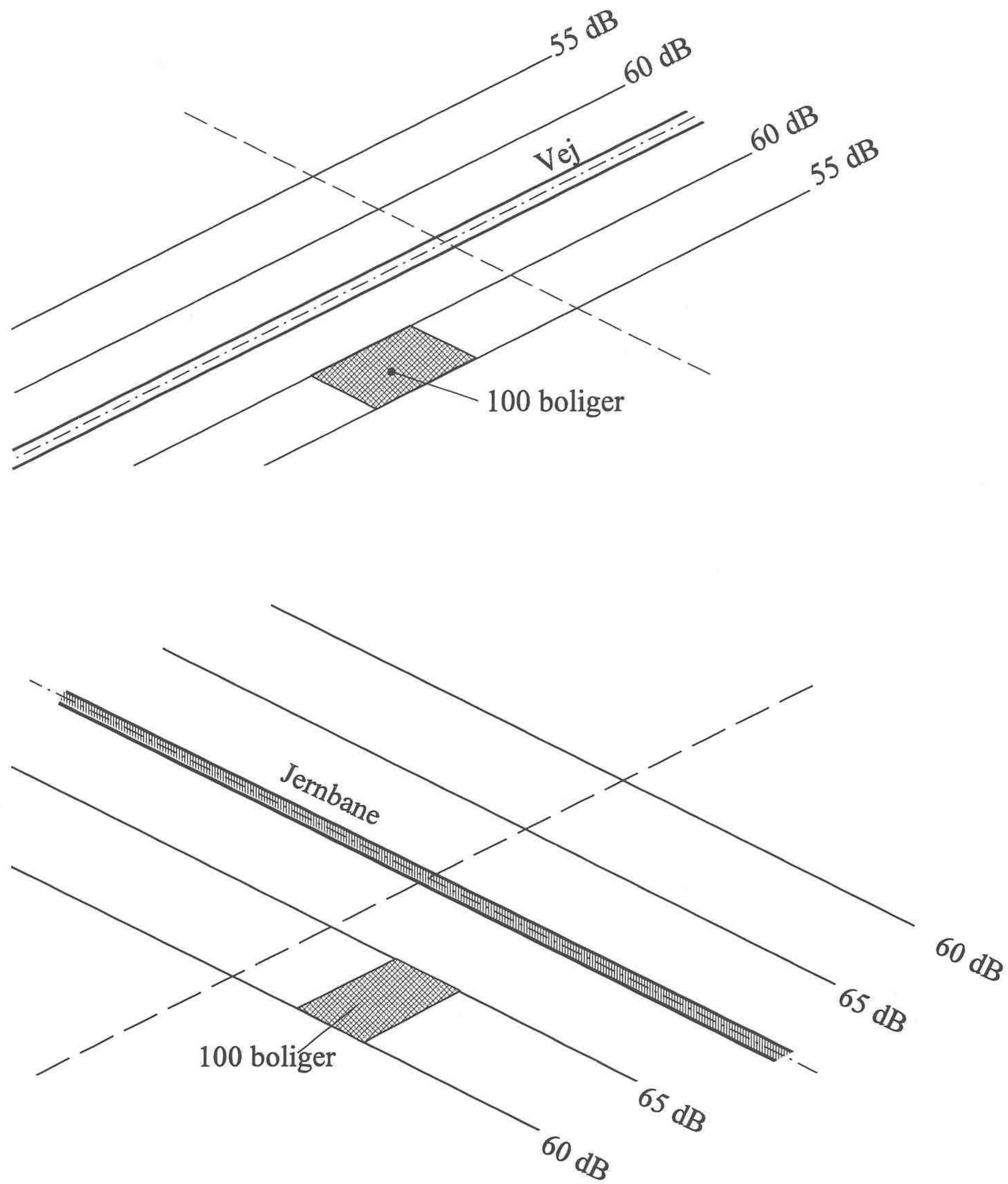
Ved opgørelse af støjbelastningstallet tæller man boligerne i områder som vist i Figur 4 og lader det gennemsnitlige støjniveau på 57,5 dB repræsentere støjen ved alle boliger i området. 57,5 dB svarer til en genefaktor på 0,11 i Figur 3, og bidraget fra de 100 boliger i Figur 4 er dermed $SBT = 11$, når alene vejstøjen medregnes.

I eksemplet er der samtidigt en jernbane som vist nederst i Figur 4, og niveauerne af jernbanestøjen i det skraverede område er mellem 65 dB og 60 dB. Niveauerne af den kombinerede støj - beregnet med vejstøj som den primære støj - bliver som vist i Figur 5. Øverst er vist støjniveauerne fra vejen og fra banen hver for sig. Niveauerne fra banen skal lige som i det foregående eksempel genekorrigeres med minus 5 dB, før de lægges sammen med niveauerne fra vejen.

Nederst i Figur 5 er vist de kombinerede støjniveauer bestemt ved at lægge de genekorrigerede niveauer sammen. Lader vi gennemsnitsværdien på 60,5 dB repræsentere samtlige 100 boliger får vi $SBT = 17$, idet genefaktoren for et vejstøjniveau på 60,5 dB er 0,17 i Figur 3.

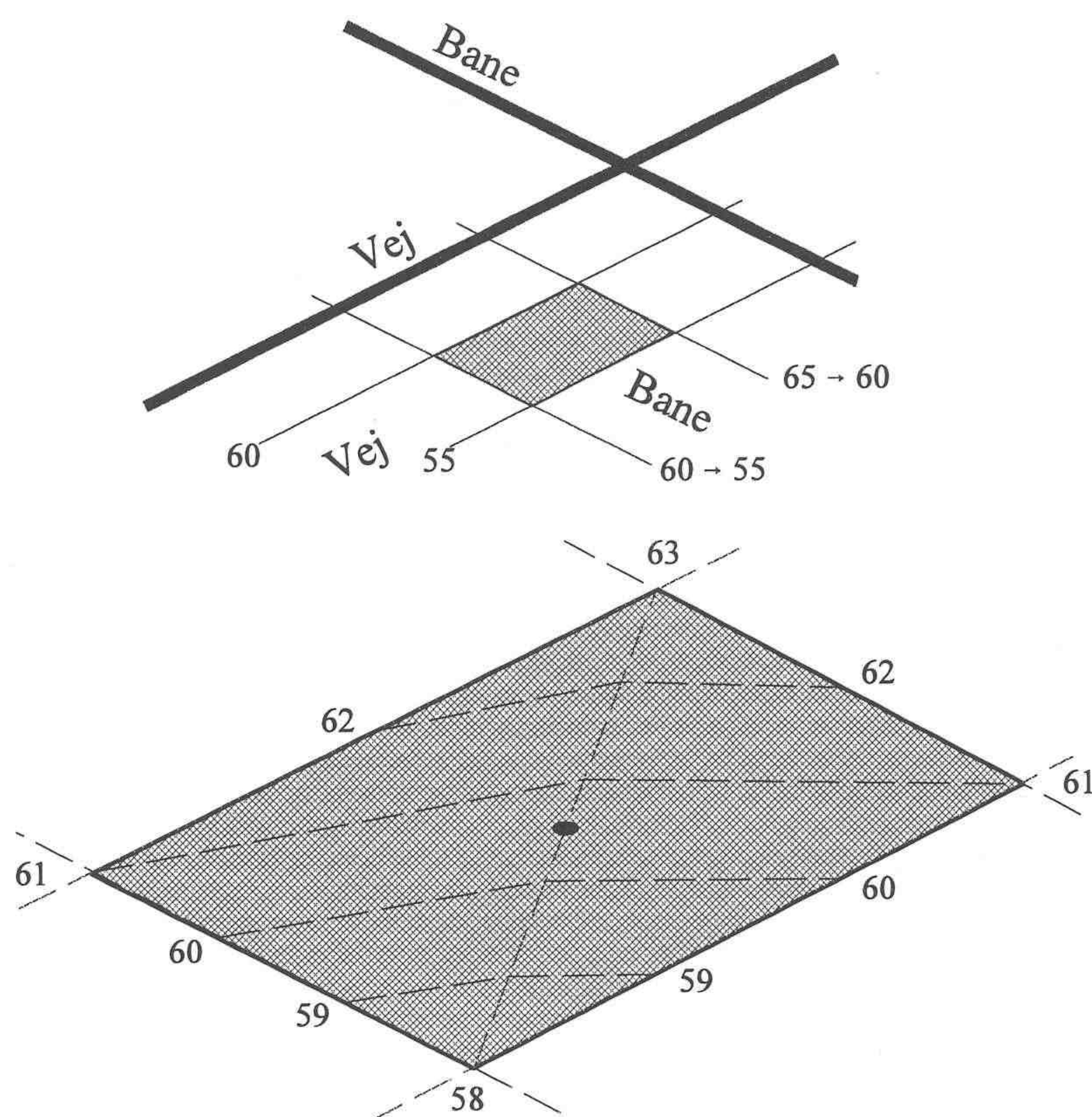
Når jernbanestøjen tages med i støjkortlægningen på denne måde, øges boligområdets bidrag til SBT fra 11 til 17.

Hvis man vil anlægge en ny vej forbi et boligområde, hvor der i forvejen er en jernbane, kommer vejen til at give et større støjbelastningstal efter den nye metode end før, hvor alene vejens bidrag blev medregnet.



Figur 4

Boligområder belastet med vejstøj (øverst) og jernbanestøj (nederst).



Figur 5

Boligområder belastet med både vejstøj og jernbanestøj. Øverst: støjniveauerne fra vej og bane hver for sig. Nederst: den kombinerede støj bestemt ved addition af de genekorrigerede niveauer.

USIKKERHED

Det største problem ved metoden er usikkerheden om dosis-respons sammenhængen. Denne usikkerhed stammer blandt andet fra forskelle i de skalaer, man har brugt ved måling af responsen i forskellige undersøgelser. Det er vigtigt at få indsamlet ensartede data om sammenhængen mellem støjniveauet og graden af gene for forskellige typer støjklender. I den forbindelse er det vigtigt at få dosis-respons sammenhængen fastlagt for de relevante perioder af døgnet.

Når man bruger døgn-værdier af støjniveauet, lægger man støjen fra forskellige perioder af døgnet sammen. I nogle målestørrelser ²⁾ lægger man først en korrektion til det fysiske (objektive) støjniveau, og derpå lægger man de korrigerede niveauer sammen, dvs. man laver først en genekorrektion, og derefter lægger man bidragene fra forskellige perioder af døgnet sammen. Denne fremgangsmåde svarer til den metode, der her er foreslået til at lægge støj fra forskellige kilder sammen.

2) F.eks. dag-aften-nat niveauer L_{DEN} og dag-nat niveauer L_{dn} .

I døgn-værdierne lægger man bidrag sammen fra kilder med en dosis-respons sammenhæng, der afhænger af, om støjen forekommer om dagen, aftenen eller natten.

En tilsvarende parallel har vi i de korrektioner, vi idag bruger til industristøj med tydeligt hørbare toner eller impulser. Tillæggene er compensation for, at dosis-respons sammenhængen er en anden, når støjen indeholder toner eller impulser. De forskellige støjgrænser og referencetidsrum, der gælder for industristøj om dagen, aftenen og natten kan også ses som udtryk for forskelle i dosis-respons sammenhængen.

Gyldigheden af at lægge de genekorrigerede støjniveauer sammen støttes af resultaterne af en række undersøgelser udført som laboratorieforsøg, jf. [1]. Hovedkonklusionen af disse undersøgelser er:

- Når genen fra én type støjkilde er betydeligt større end genen fra en anden type støjkilde, så bestemmer genen fra den første type støjkilde den samlede genevirkning.
- Når generne fra to typer støjklider er omtrent lige store bedømt hver for sig, så er den samlede gene fra de to typer støjkilde større end genen fra hver enkelt type støjkilde.

Man har sjældent i interviewundersøgelser kunnet bekræfte den virkning af sammenlægning, metoden foreslået her har som princip. Det skyldes formentlig, at der har været tale om en dominerende primær støj og en mindre betydende sekundær støj. Sammenlægningen påvirker da kun resultatet så lidt, at det ikke kan registreres på grund usikkerheden på resultaterne af interviewundersøgelserne.

Når man lægger støjen fra flere typer kilder sammen, får man altid et totalt støjniveau, som er højere end niveauet af den primære støj alene. Når man kræver at det totale støjniveau skal overholde grænseværdien for den primære støj, betyder det, at man skærper støjkravene. De eksisterende støjgrænser for hver type støj for sig er mere lempelige end grænsen for den primære type støj, som efter metoden skal bruges ved vurdering af den samlede støj.

Hvis man - som foreslået - lægger støjniveauerne sammen på energibasis er stramningen af kravene på 3 dB, når man har to typer støj, der hver for sig giver den samme gene.

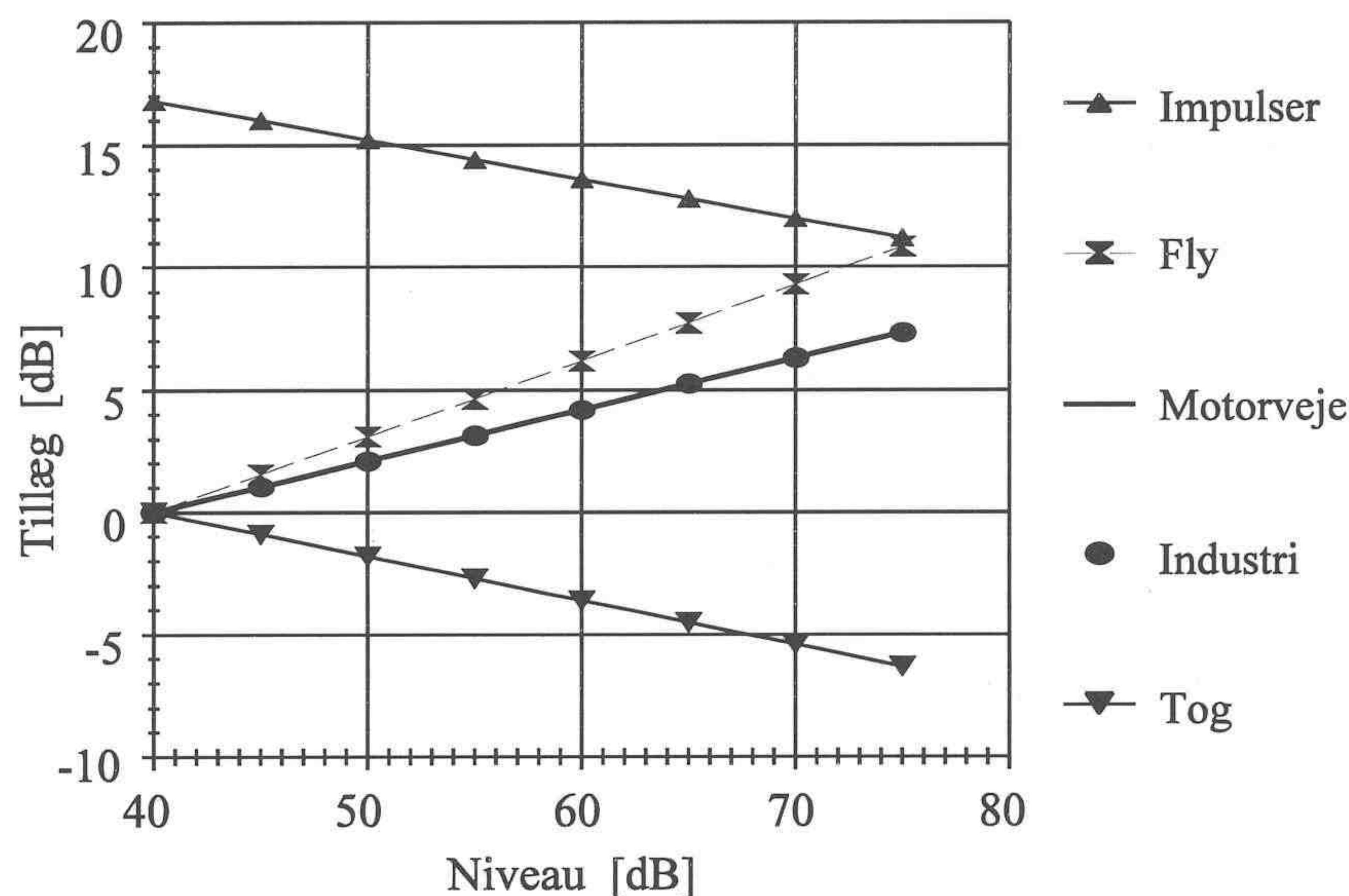
VÆGTNING AF STØJNIVEAUER

I Nederlandene bruges en metode til at lægge støj fra forskellige kilder sammen [4]. Princippet er det samme som foreslået her, og det beregnede kombinerede mål benævnes Miljø-Kvalitets-Mål (MKM).

De vægte, der bruges til at korrigere for forskellen i gene er vist i Figur 6, som angiver hvor mange dB hver type støj skal korrigeres med, for at genen svarer til genen fra vejtrafikstøj³⁾. F.eks. skal fly-

³⁾ Fra anden trafik end motorvejstrafik.

støj på 60 dB øges med 6 dB til 66 dB før sammenlægningen, og jernbanestøj på 70 dB skal mindskes med 5 dB til 65 dB før sammenlægningen.



Figur 6

Tillæg til niveauer af støj fra forskellige kilder, for at genen skal svare til genen fra vejtrafikstøj med samme niveau, beregnet efter [4].

Forskellen i graden af gene varierer med niveauet. F.eks. vurderes flystøj på 60 dB som nævnt som 6 dB mere generende end vejstøj med et niveau på 60 dB, mens flystøj på 75 dB vurderes som 12 dB mere generende end vejstøj på 75 dB.

Impulser (fra skydebaner o.l.) vurderes som op til 17 dB mere generende end vejstøj, og forskellen aftager med voksende niveau. Togstøj vurderes som 6 dB mindre generende end vejstøj ved høje niveauer, mens de to typer støj vurderes som lige generende ved lave niveauer. Industristøj vurderes som lige så generende som støj med samme niveau fra trafik på motorveje. Det fremgår ikke af [4], hvordan man forholder sig, når industristøjen indeholder tydeligt hørbare toner.

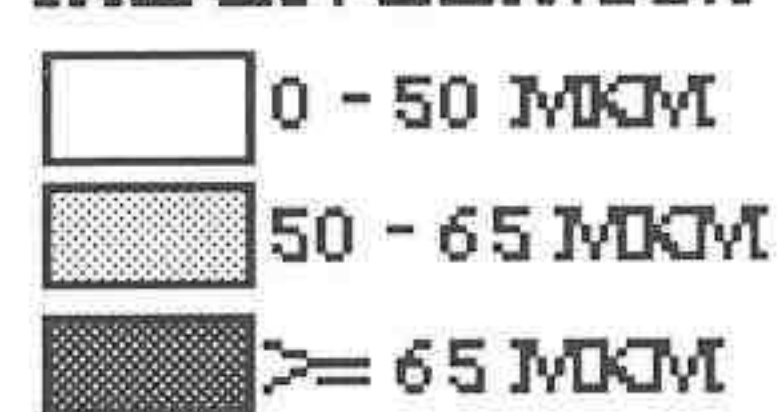
Hvor langt man er fremme i Nederlandene med at lægge vægtede bidrag fra forskellige støjklender sammen illustreres af kortet i Figur 7, som er fundet på internettet på adressen:

<http://www.xs4all.nl/~rigolett/ENGELS/noisecum.html>.

Cumulated disturbance

road traffic, rail traffic, air traffic, industry

noise level in MKM



Figur 7

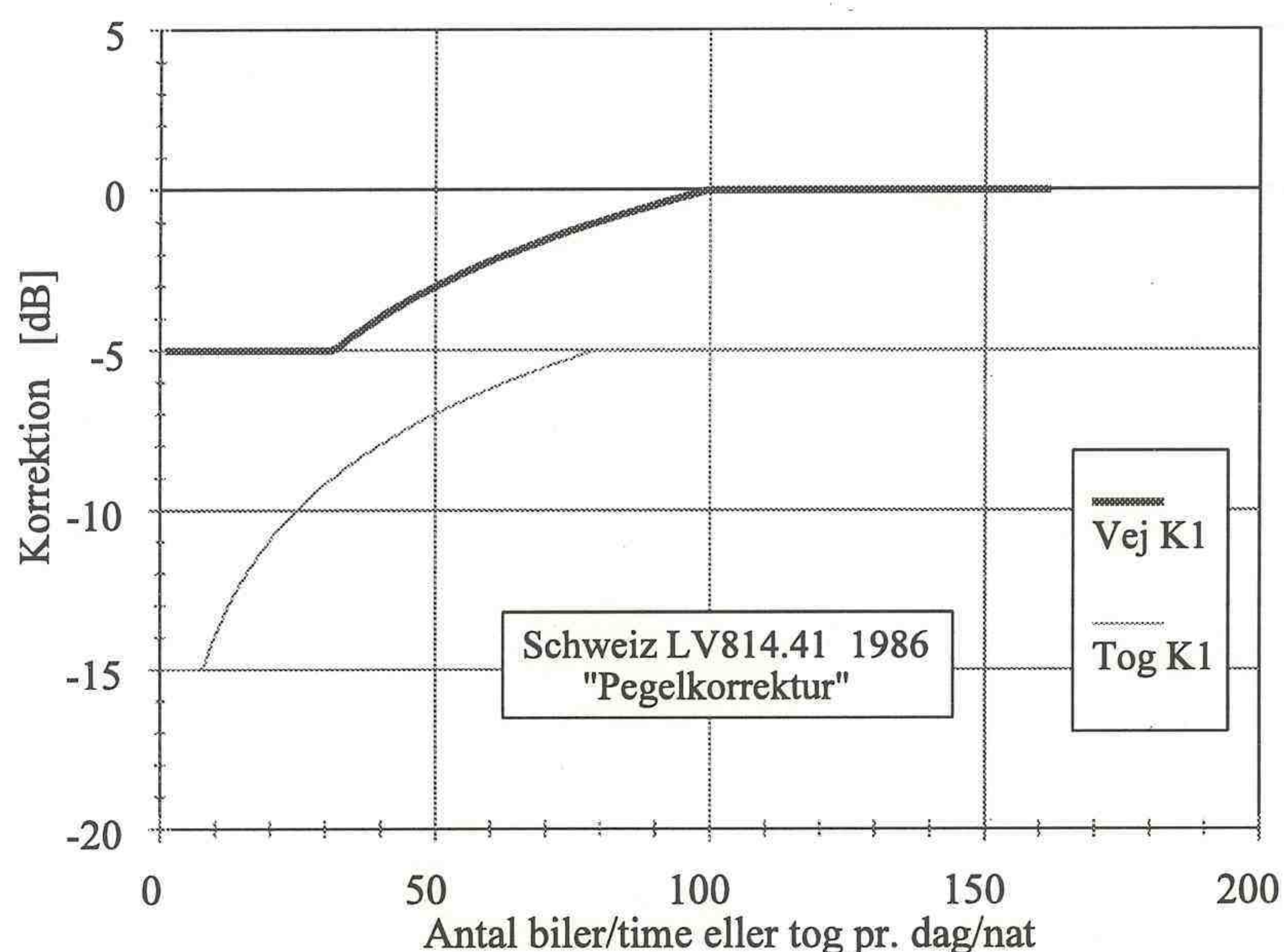
Kort over Nederlandene visende områder med kombineret støjbelastning (MKM) fra vej-, jernbane- og flytrafik samt fra industrivirksomheder i intervallerne <50 dB, 50-60 dB og >65 dB.

I en schweizisk forordning om støjbeskyttelse [5] er der grænseværdier for hver af følgende typer støj: vejtrafikstøj, jernbanestøj, flystøj ved regionale lufthavne og flyvepladser, støj fra industri og støj fra skydebaner. Grænseværdierne er angivet for både dag- og natperioden i fire forskellige typer områder med forskellig følsomhed over for støj (for flystøj er der dog kun støjgrænser for dagperioden).

Alle objektive støjmaal korrigeres efter et system ⁴⁾, så støjgrænserne er de samme for alle typer støj. Korrektionerne gør dermed støjniveauerne sammenlignelige på linie med metoden foreslået her. Korrektionen varierer med antallet af hændelser, tidspunktet på døgnet og den subjektivt bedømte hørbarhed af toner og impulser. Figur 8 viser f.eks. korrektionerne til støjniveauet fra vejtrafik og fra jernbaner som funktion af antallet af støjbegivenheder. For vejtrafikstøj er korrektionen mellem 0 dB og minus 5 dB når trafikintensiteten er mindre end 100 køretøjer pr. time. For jernbanestøj er korrektionen minus 5 dB når trafikintensiteten er større end 79 tog pr. dag eller pr. nat, og ned til minus 15 dB ved 8 tog og derunder pr. dag eller nat.

Målestørrelsen for vejstøj, jernbanestøj, flystøj og industristøj er L_{Aeq} , og for støj fra skydebaner er det middelværdien af maksimalniveauet, L_{AFmax} , fra en række enkeltskud.

Den schweiziske forordning indeholder grundlaget for at lægge støjen fra forskellige typer kilder sammen, og der står, at bidragene fra flere "ensartede støjimmissioner" skal lægges sammen, og at summen skal overholde gældende grænseværdier.



Figur 8

Korrektion af støjniveauer fra vejtrafik og jernbanetraffic i Schweizisk forordning [5].

4) "Pegelkorrektur"

AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER

Forsøg har vist, at for personer udsat for forskellige typer støj samtidigt, hvor hver type støj er omtrent lige generende, er det meget sandsynligt, at den samlede støj er mere generende, end hver enkelt type støj. Der er i denne Orientering fra Referencelaboratoriet anvist en metode, som følger dette princip for vurdering af genen af den samlede støj. Hvordan summeringen skal foretages for bedst muligt at være i overensstemmelse med den oplevede gene er mindre sikkert.

Tanken om, at støjen fra forskellige typer kilder bør lægges sammen, når man vil vurdere kvaliteten af miljøet, anerkendes flere steder i Europa. Det er allerede almindelig praksis i Nederlandene, og den schweiziske forordning om støj rummer muligheden for at gøre det.

Der er vanskeligheder at overvinde, førend man ved hjælp af metoden kan nå frem til en præcis beskrivelse af den samlede genevirkning fra flere typer støj. Nogle fagfolk mener, at man endnu ikke ved nok om sammenhængen mellem støj fra forskellige kilder og den dertil hørende reaktion hos mennesker. Andre anerkender behovet for at få dette nærmere undersøgt, men lægger samtidig vægt på hurtigst muligt at få forbedret den mangelfulde måde, miljøet vurderes på i dag, når vi betragter én type støj ad gangen uden hensyn til, om der samtidigt forekommer andre typer støj.

Referencelaboratoriet anbefaler, at metoden forsøges brugt ved støjkortlægning og praktisk sagsbehandling med henblik på at få indsamlet erfaring med konsekvenserne af at se på den samlede støj i stedet for at se på hver type støj for sig.

REFERENCER

- [1] B. Plovsing: "Samlet genevirkning i områder med støj fra forskellige kildetyper", DELTA Akustik & Vibration Rapport AV 1052/94, Lyngby 1994.
- [2] Vos, J.: "Annoyance caused by simultaneous impulsive, road-traffic, and aircraft sounds: A quantitative model," J. Acoust. Soc. Am. 91, 3330-3345, June 1992.
- [3] "Støjhensyn ved nye vejanlæg" Vejregel 2.30.02, Vejdirektoratet 1989.
- [4] H. M. E Miedema: "Noise, odour and environmental quality" Report No. 12457/164, Distributiecentrum VROM, Zoetemeer 1994.
- [5] Schweiz: "Lärmschutz-Verordnung 814.41", 15-12-1986.