

ORIENTERING FRA MILJØSTYRELSENS REFERENCELABORATORIUM FOR STØJMÅLINGER

Impulstillæg – Administration og objektiv målemetode

Orientering nr. 55

Torben Holm Pedersen/JEL/PFi/ilk

2024-12-02

Resume

- **Denne orientering erstatter Orientering nr. 32, 2001**
- **Der anvendes et graderet impulstillæg, som afhænger af impulsernes tydelighed, og af hvor ofte de forekommer**
- **Administrative retningslinjer**
- **Tillæg ud fra subjektive bedømmelser**
- **Objektiv målemetode (anbefales)**
- **Beregning af impulstillæg**

Miljøstyrelsen anbefaler vejledende:

- At der gives et 5 dB-tillæg, når det resulterende impulstillæg fastsat efter metoderne i denne Orientering overstiger 2,5 dB, indtil metoden med graderet tillæg er indført. Tillægget gives kun til de takseringstidsrum, der indeholder hørbare impulser¹.
- At de administrative retningslinjer for impulstillæg i denne Orientering (afsnit 2) bruges ved behandling af nye sager, hvor impulstillæg er relevant. Retningslinjerne anses for en præcisering af afsnit 9.8.2 i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984, [1].

¹ I den gældende vejledning nr. 5/1984, [1], er det i afsnit 9.8.1 specificeret, at tillægget for tydeligt hørbare toner kun gives til den del af referencetidsrummet, der indeholder tonerne. Dette er ikke tilsvarende specificeret i vejledningens afsnit 9.8.2 om impulser. Ovenstående anbefaling skal ses som en præcisering af vejledningen på linje med afsnit 9.8.1.

Indhold

1. Indledning	3
2. Administration	4
2.1 Definitioner	4
2.2 Administration af metoden	4
3. Objektiv målemetode	6
3.1 Introduktion	6
3.2 Definitioner	6
3.2.1 Lydtrykniveau	6
3.2.2 Impuls	6
3.2.3 Ansats	7
3.2.4 Niveaudifferens	7
3.2.5 Stejlhed	7
3.2.6 Tydelighed P	8
3.2.7 Tillæg K_1	8
3.3 Målinger	8
3.3.1 Signalbehandling	8
3.4 Tydelighed P	9
3.5 Tillæg til L_{Aeq}	10
3.6 Ubestemthed	11
3.7 Dokumentation	11
4. Referencer	12
Appendiks: Beregning af impulstillæg	13
A1 Beregningsmetode	13
A1.1 Formler for beregning af K_1	16
A2 Baggrund for beregningsmetode for impulstillæg	19
A2.1 Beregning af totalstøjniveau som funktion af tid	19
A2.2 Analyse af totalstøjniveau med impulsmetoden	21
A2.3 Beregning af LD ud fra LD_{nom} og OR_{kilde}	22
A2.4 Beregning af OR ud fra LD_{nom} og OR_{kilde}	24
A2.5 Test af beregningsmetoden og anslået ubestemthed	25

1. Indledning

Af Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984, [1] fremgår, at støj med tydeligt hørbare impulser opfattes som mere generende end tilsvarende støj uden impulser. For at kompensere for den ekstra gene gives et tillæg til de målte eller beregnede støjniveauer. Der har siden udgivelsen af Vejledning 5/1984 været betydelig usikkerhed og diskussion om administrationen af impulstillægget.

For at kvalificere administration og måling af impulstillægget har Miljøstyrelsen fået gennemført et projekt i flere faser, som er rapporteret i de nedenfor angivne referencer. Rapporterne kan findes på Referencelaboratoriets hjemmeside <https://referencelaboratoriet.dk/information/rapporter/>

- Fase 1: Baggrund og administrativ praksis, 2018, [2].
- Fase 2: Vurdering af ekstra gene fra impulsstøj - et litteraturstudie, 2021, [3].
- Fase 2a: Opinionsundersøgelse om administration af impulstillægget, 2021, [4].
- Fase 3: Lyttetest og sammenfatning, 2023, [5].

Et samlet resume findes i rapporten for Fase 3.

På baggrund af de opnåede resultater er der formuleret en administrativ praksis og en optimeret objektiv målemetode for impulsernes tydelighed. Metoden giver på alle væsentlige parametre en bedre tilpasning til data fra to danske og et finsk lytteforsøg end den oprindelige metode, som er beskrevet i Orientering nr. 32, [6] samt i referencerne [7] og [8].

Resultaterne viste, at den optimerede metode i gennemsnit giver 3,3 dB mindre tillæg end den oprindelige metode, og specielt korrigerer den for den overvurdering af impulser med høje støjheder, som den oprindelige metode gav anledning til.

Metoden giver anledning til et resulterende tillæg, der gradueres både efter impulsernes tydelighed, og efter hvor ofte impulshændelserne forekommer. Den optimerede metode begrænser det maksimale tillæg til 9 dB.

Forskellen mellem den oprindelige metode og den optimerede metode er, at konstanterne for beregning af tydeligheden ændres, så formlen for tydelighed, P nu er:

$$P = 1,5 \cdot \log(\text{støjhed}/[\text{dB/s}]) + 3,5 \cdot \log(\text{niveaudifferens}/[\text{dB}])^2$$

Ved beregningen af P er indført en begrænsning af støjheden på 500 dB/s og en begrænsning af niveaudifferensens indflydelse til 50 dB.

Metoden, som er beskrevet i nærværende orientering, erstatter den metode, som er beskrevet i Orientering nr. 32. Bortset fra selve optimeringen svarer det tekniske indhold af metoden til standarden DS/ISO/PAS 1996-3, [8].

² Konstanten til $\log(\text{støjhed})$ er ændret fra 3, og konstanten for $\log(\text{niveaudifferens})$ er ændret fra 2.

2. Administration

2.1 Definitioner

Impulshændelse: En aktivitet, som indenfor få sekunder giver en eller flere impulser, der er så tydelige, at de kan udløse et tillæg. En impuls er den bratte begyndelse af en lyd.

Takseringstidsrum: De dele af referencetidsrummet, hvor der gives tillæg, K_I i dB, til det målte L_{Aeq} . Et takseringstidsrum er på 30 minutter, som fastlægges tidsmæssigt, så det omfatter flest muligt af de tydeligste impulshændelser. Der kan forekomme flere takseringstidsrum indenfor et referencetidsrum.

Stationær støj: I denne sammenhæng, den jævne del af baggrundsstøjen som sammen med evt. stationær virksomhedsstøj mere eller mindre kan maskere (dvs. overdøve) impulserne i immissionspunktet.

Normal driftstilstand: Regelmæssigt forekommende aktiviteter, når virksomheden er i drift.

2.2 Administration af metoden

Støj med hørbare impulser er mere generende end tilsvarende støj med samme ækvivalente lydtrykniveau uden impulser. Derfor gives et tillæg til den målte L_{Aeq} for at kompensere for den ekstra gene, hvis støjen indeholder hørbare impulser.

Hvis der ikke er hørbare impulser i immissionspunktet, skal der ikke gives tillæg. Hvis støjen indeholder en eller flere hørbare impulser gives et tillæg, K_I til L_{Aeq} i de takseringstidsrum, hvor impulserne forekommer. Tillægget i et takseringstidsrum fastsættes ud fra den tydeligste impuls i takseringstidsrummet ud fra en normal driftstilstand på virksomheden.

I dag- og aftenperioden:

- Der skal mere end én impulshændelse til for at udløse et tillæg.
- Dørsmæk fra biler på virksomheden er undtaget impulstillæg.

I natperioden:

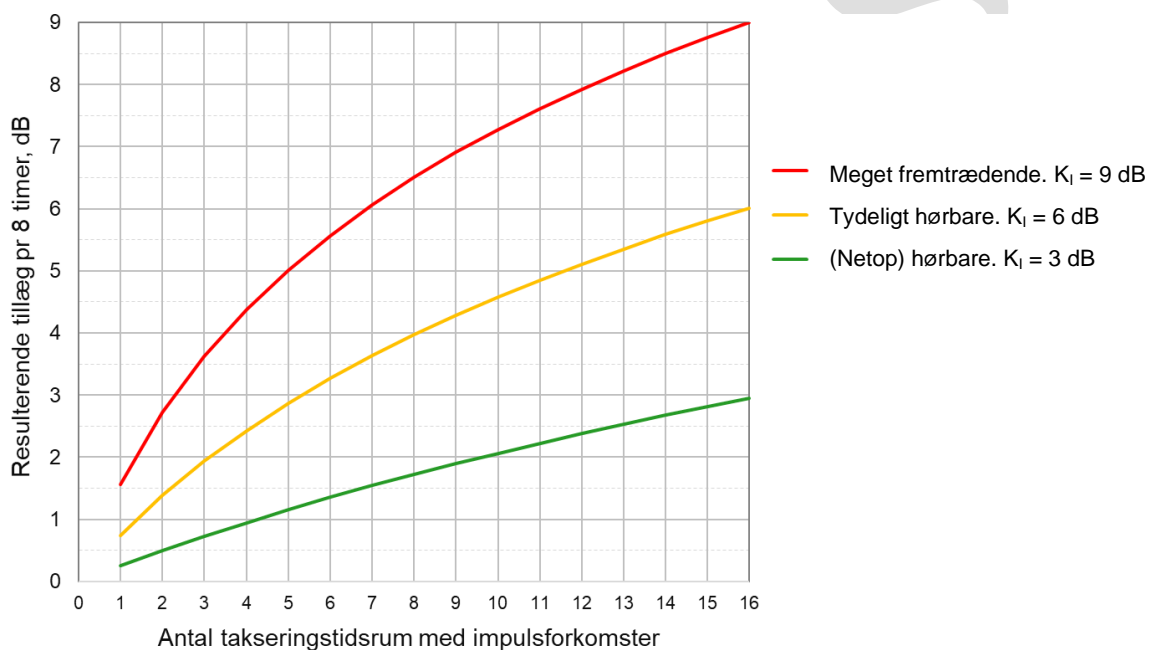
- Én enkelt impulshændelse er nok til at udløse et tillæg.
- Dørsmæk fra biler på virksomheden er ikke undtaget impulstillæg og behandles på lige fod med impulser i den øvrige virksomhedsstøj.

Det anbefales at fastlægge tillægget på basis af en objektiv måling i immissionspunktet, se målemetoden i afsnit 3. Tillægget kan dog baseres på en subjektiv vurdering af, hvor tydeligt impulserne høres i immissionspunktet, idet man tager i betragtning, hvor brat impulserne begynder, og hvor meget impulsen overstiger baggrundsstøjen.

Der gives et tillæg på

- 3 dB for impulser, der er (netop) hørbare
(Man er ikke i tvivl, om der er impulser i den stationære støj, hvis man lytter efter dem).
- 6 dB for tydeligt hørbare impulser.
(Man lægger umiddelbart mærke til impulserne, der er karakteristiske for støjen, når de forekommer.)
- 9 dB for impulser, der er meget fremtrædende i det samlede lydbillede.
(Impulserne er meget fremtrædende i forhold til den stationære støj, og impulserne er en dominerende del af støjen).

Figur 1 viser et eksempel på, hvordan det resulterende tillæg afhænger af impulsernes tydelighed, og af hvor mange takseringstidsrum med impulser, der forekommer. Der er i eksemplet regnet med, at L_{Aeq} er konstant, og at impulserne er lige tydelige i alle takseringstidsrum.



Figur 1 Eksempel på det resulterende impulstillæg for et 8 timers referencetidsrum, alt efter hvor tydelige impulserne er (eksempler på tillæg, K_I , på 3, 6 og 9 dB), og hvor mange takseringstidsrum der indeholder impulser.

Hvis L_{Aeq} og/eller impulstillæggene, K_I er forskellige i de indgående takseringstidsrum, beregnes den resulterende støjbelastning, L_r efter følgende formel:

$$L_{r,T} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \sum_N \Delta t_N 10^{\frac{L_{Aeq,N} + K_{I,N}}{10}} \right)$$

T	er længden af referencetidsrummet [s]
Δt_N	er længden af det N 'te måletidsrum/takseringstidsrum [s]
$L_{Aeq,N}$	er det ækvivalente lydtrykniveau i tidsrummet Δt_N
$K_{I,N}$	er tillægget til $L_{Aeq,N}$

Subjektive vurderinger og objektive målinger af impulsernes tydelighed skal udføres under korrekte vejrforhold (jævnfør [9]) og ofte forekommende situationer med lav baggrundsstøj i immissions-/beregningpunkterne³. Dette skal angives i målerapporten.

3. Objektiv målemetode

3.1 Introduktion

Metoden giver et objektivt mål for tydeligheden af impulser i støjen i et immissionspunkt. Den bestemmer tydeligheden af impulser i overensstemmelse med gennemsnitlige subjektive vurderinger. Metoden beregner et resulterende graderet impulstillæg, K_I , til L_{Aeq} , som afhænger af, hvor tydeligt impulserne høres gennem den stationære del af støjen, herunder baggrundsstøjen.

Tillægget, K_I for impulsernes tydelighed gives pr. takseringstidsrum som beskrevet i afsnit 2.

Metoden vedrører gene fra ekstern støj fra virksomheder, men ikke fra støj der stammer fra skydning eller trafik.

3.2 Definitioner

3.2.1 Lydtrykniveau

L_{pAF} : A-vægtet lydtrykniveau med tidsvægtning F.

3.2.2 Impuls

En impuls er den bratte begyndelse af en lyd.

Note: Det er altså ikke lyden som helhed, der karakteriseres som en impuls, men kun dens evt. bratte begyndelse. "Brat" har basis i en lyttemæssig vurdering, som kommer til udtryk i måletekniske termer i denne metode.

³ Appendiks angiver beregningsmetode for impulsers tydelighed i et immissionspunkt.

Karakteren og tydeligheden af en impuls i immissionspunktet afhænger af karakteren af den udsendte lyd, afstanden, refleksioner og udbredelsesvejen mellem kilde og modtager samt baggrundsstøjen. Impulslyd karakteriseres ud fra lydets ansats uafhængigt af støjkildens art.

3.2.3 Ansats

I denne metode defineres ansatsen af en lyd som den del af den positive hældning af tidshistorien for L_{pAF} , hvor gradienten overstiger 10 dB/s, se Figur 1.

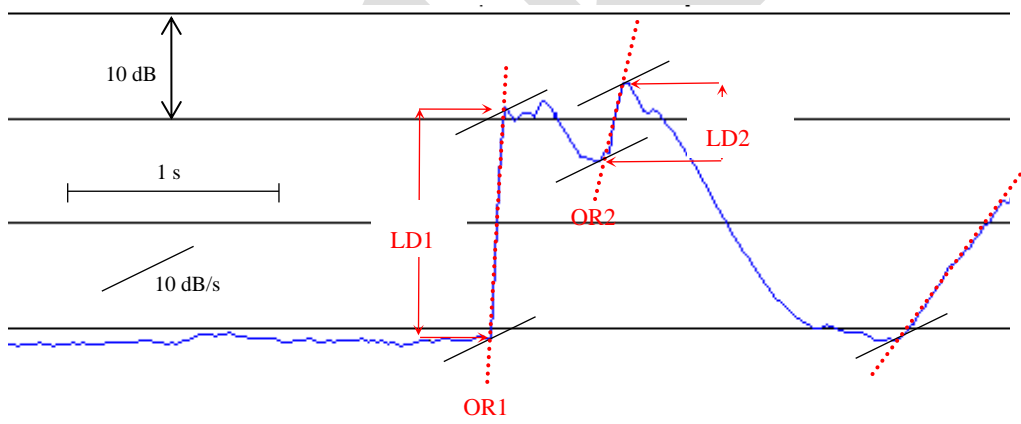
Ansatsens startpunkt er det punkt, hvor gradienten først overstiger 10 dB/s. Ansatsens endepunkt er det første punkt efter startpunktet, hvor gradienten aftager til mindre end 10 dB/s. Der ses bort fra uregelmæssigheder (på ansatsen) kortere end 50 ms.

3.2.4 Niveaudifferens

Niveaudifferensen af en impuls er forskellen i dB mellem L_{pAF} ved ansatsens endepunkt, L_e og startpunkt, L_s .

3.2.5 Stejlhed

Stejlheden er hældningen i dB/s af den rette linje, som giver den bedste tilnærmelse til ansatsen mellem startpunkt og slutpunkt ud fra "mindste kvadraters metode" (lineær regressionsanalyse).



Figur 2 Tidshistorien (niveauregistrering) af det A-vægtede lydtrykkniveau med tidsvægtning F. Figuren illustrerer stejlheden af ansatsen (OR: onset rate) og niveaudifferensen (LD: level difference) for de to tydeligste impulser. Gradienter på 10 dB/s er indikeret med korte linjestykker.

3.2.6 Tydelighed P

Tydeligheden P (eng.: Prominence) er et objektivi må for, hvor tydeligt impulser i gennemsnit opfattes på baggrund af den stationære del af støjen, herunder baggrundsstøjen. P, som er uden enhed, er ved beregningen begrænset til en størrelse på mellem 0 og 10.

3.2.7 Tillæg K_I

K_I er et tillæg som gives til det målte L_{Aeq} for at få et mere korrekt udtryk for genen af støj med impulser. Tillægget er gradueret efter impulsernes tydelighed og har enheden dB. K_I er begrænset til 9 dB. K_I adderes til L_{Aeq} pr. takseringstidsrum på 30 minutter (se afsnit 2.1).

3.3 Målinger

Målinger skal udføres på grundlag af L_{pAF} , det A-vægtede lydtrykniveau med tidsvægtning F.

Måleudstyret skal opfylde klasse 1 som specificeret i IEC 61672-1, [10] og det skal sikres, at målesystemet ikke overstyres under målingerne. Det elektriske baggrundsstøjniveau i måleopstillingen skal være mindst 10 dB lavere end det akustiske baggrundsstøjniveau og det skal sikres, at de registrerede impulser ikke stammer fra baggrundsstøjen.

3.3.1 Signalbehandling⁴

Det A-vægtede lydtrykniveau med tidsvægtning F skal samples med tidsintervaller i området 10 ms til 25 ms, 10 ms anbefales. Målinger udført på basis af korttids L_{eq} -værdier (f.eks. 10 ms) skal tilnærmes (f.eks. ved beregning) til tidsvægtning F, før aflæsningerne foretages.

Note 1 Direkte målinger af L_{pAF} foretrækkes frem for målinger baseret på korttids L_{Aeq} -værdier.

Note 2: Målinger baseret på en serie korttids L_{eq} -værdier kan konverteres til en serie L_{pAF} -værdier ved hjælp af følgende formel:

$$L_{pAF,n} = 10 \cdot \log \left[\left(\left(\frac{\tau}{\Delta t} - 1 \right) \cdot 10^{\frac{L_{pAF,n-1}}{10}} + 10^{\frac{L_{Aeq,n}}{10}} \right) / \left(\frac{\tau}{\Delta t} \right) \right]$$

$L_{Aeq,n}$	Korttids L_{Aeq} -værdi nr. n
$L_{pAF,n}$	Det A-vægtede lydtrykniveau med tidsvægtning F til tidspunktet for L_{Aeq} -værdi nr. n
τ	Tidsvægtningens tidskonstanten. For F: $\tau = 125$ ms
Δt	Tiden mellem L_{Aeq} -værdierne (og integrationstiden for disse)
log	titalslogaritmen

⁴ Den beskrevne signalbehandling er den samme, som er beskrevet i DS/ISO/PAS 1996-3:2022, [8], og er teknisk set uændret i forhold til proceduren beskrevet i Orientering nr. 32.

Ud fra en serie af A-vægtede lydtrykniveauer med tidsvægtning F, $L_{pAF,n}$ (i resten af dette afsnit bare betegnet med L for overskuelighed), defineres ansatsens startpunkt s og endepunkt e ud fra følgende procedure a) til d). De brugte symboler er defineret efter proceduren.

a) Startpunktet s_1 er det første punkt, hvorefter hældningen overstiger 10 dB/s:

$$L_{s_{1+1}} - L_{s_1} > \frac{10}{f} \left[\frac{\text{dB/s}}{1/\text{s}} \right]$$

b) Endepunktet e_1 er det første punkt efter startpunktet, hvorefter hældningen er mindre end 10 dB/s:

$$L_{e_{1+1}} - L_{e_1} < \frac{10}{f} \left[\frac{\text{dB/s}}{1/\text{s}} \right]$$

c) Et nyt startpunkt s_2 opstår, når betingelse a) atter opfyldes.

d) Hvis et nyt startpunkt s_2 opstår inden for en periode på 50 ms efter endepunktet e_1 , skal endepunktet e_1 og startpunktet s_2 negligeres, hvis følgende betingelser er opfyldt:

$$(L_{e_2} - L_{e_1}) / (t_{e_2} - t_{e_1}) > 10 \text{ dB/s} \text{ og } (L_{s_2} - L_{s_1}) / (t_{s_2} - t_{s_1}) > 10 \text{ dB/s}$$

e_2 er endepunktet efter det nye startpunkt s_2 . Hvis punkt e_1 og s_2 negligeres, overtager punkt e_2 navnet e_1 .

s_{1+1} betegner punktet et sample efter punkt s_1 . L_{s_1} er niveauet af punkt s_1 , og t_{s_1} er tidspunktet for samlingen s_1 . L_{e_1} er niveauet af punkt e_1 , og t_{e_1} er tidspunktet for samlingen osv. f er samplingsfrekvensen i Hz.

For hver ansats, n, bestemmes niveaudifferensen som $L_{en} - L_{sn}$. Stejlheden findes ud fra "mindste kvadraters metode" (lineær regression) af punkterne fra s_n til e_n (inkl.).

Noter:

- 1) For passager af køretøjer, fly ... skal stejlheden bestemmes over niveauområdet fra $L_e - (L_e - L_s)/2$ til L_e , dvs. den øverste halvdel af ansatsen.
- 2) I nogle målesystemer kan stejlheden bestemmes ud fra de F-vægtede samples som $-60/T$, hvor T er "efterklangstiden" målt direkte på lydets ansats. Andre systemer kræver, at sampleværdierne endevendes (baglæns sampling), før en sådan måling (nu på bagflanken) kan udføres.

3.4 Tydelighed P

I perioder på hver en halv time (takseringstidsrum) udvælges et antal impulser med de tilsyneladende største stejkheder og niveaudifferenser. Hvis støjens varighed er mindre end en halv time, udvælges impulser fra hele perioden. For hver af de udvalgte impulser beregnes tydeligheden, P, af:

$$P = 1,5 \cdot \log(\text{stejlhed}/[\text{dB/s}]) + 3,5 \cdot \log(\text{niveaudifferens}/[\text{dB}]) \quad (1)^5$$

hvor niveaudifferensen i dB og stejlheden i dB/s er defineret i Afsnit 3.2.4 og 3.2.5.

Bemærk:

- Hvis stejlheden er større end 500 dB/s, sættes den til 500 dB/s.
- Hvis niveauforskellen er større end 50 dB, sættes den til 50 dB.

Dette bevirker, at tillægget K_I for impulsernes tydelighed ikke kan overstige 9 dB.

Impulsen med den højeste værdi af P i den pågældende halve time giver det endelige resultat for denne halve time.

Note: Den generelle form af udtrykket (1): $P = k_1 \cdot \log(\text{stejlhed}) + k_2 \cdot \log(\text{niveaudifferens})$. Konstanterne k_1 og k_2 og begrænsningen i stejlhed på 500 dB/s er bestemt ud fra resultater af lytteforsøg, se [5].

3.5 Tillæg til L_{Aeq}

For lyde med stejkheder over 10 dB/s bestemmes impulstillægget K_I ud fra tydeligheden P som:

$$K_I = 1,8 \cdot (P - 5), \text{ for } P > 5, \quad K_I = 0 \text{ for } P \leq 5 \quad (2)$$

Tillægget gives til $L_{Aeq,30min}$ i hvert takseringstidsrum på basis af hændelsen med den højeste værdi af P inden for 30-minutters perioden, jævnfør afsnit 2.2.

Noter:

- 1) Den generelle form af (2) er: $K_I = k_3 \cdot (P - k_4)$, for $P > k_4$, $K_I = 0$ for $P \leq k_4$. Konstanten k_3 fastlægger sammenhængen mellem K_I og P , og k_4 definerer den nedre grænse for, hvornår der gives tillæg til L_{Aeq} . Værdierne af konstanterne k_3 og k_4 er fastsat, så de giver overensstemmelse med den ekstra gene for impulsstøj som i litteraturen, herunder resultaterne i Fase 3, [5], er rapporteret for forskellige støjkluder. Gennevirkningen af støj afhænger af støjens niveau og karakteristika og af støjkludens art og den sammenhæng, den høres i, sociale faktorer m.m. Da tillægget K_I skal kompensere for den ekstra gene, som impulserne giver anledning til, kan det overvejes at operere med værdier af k_3 og k_4 , som afhænger af støjkludens art og det absolutte støjniveau. Dette vil dog komplicere metoden.
- 2) Varigheden af takseringstidsrum på en halv time for korrektion af L_{Aeq} er fastsat ud fra resultaterne af en opinionsundersøgelse om administration af impulstillægget blandt personer, der arbejder med ekstern støj hos miljømyndigheder og godkendte laboratorier som beskrevet i [4]. Det lykkedes ikke i den forudgående litteraturundersøgelse, [3], at finde relevant information om dette.

⁵ I forhold til Orientering 32 er konstanten til $\log(\text{stejlhed})$ ændret fra 3, og konstanten for $\log(\text{niveaudifferens})$ er ændret fra 2.

3.6 Ubestemthed

Selv om måleresultaterne, som bruges ved beregning af tydeligheden P , angives som lydtryk-niveauer, er metoden ikke følsom over for den absolutte kalibrering af måleudstyret.

Støjkildens driftsbetingelser vurderes at være mere kritiske i denne sammenhæng, end de er for målinger til bestemmelse af L_{Aeq} over længere perioder.

Ved en afprøvning af metoden, [11], hvor 4 laboratorier målte på 16 forskellige lydeksempler med 4 forskellige sæt måleudstyr, var standardafvigelsen 0,3 på den beregnede tydelighed P og 0,6 dB på tillægget K_I .

De seneste fire sammenlignede målinger⁶, som indeholdt objektive målinger af impulser, viste, at standardafvigelserne på analyserne af (eller omregnet til) K_I lå mellem 0,5 og 1 dB.

Samlet konkluderes det, at standardafvigelsen på K_I , når forskellige laboratorier udfører objektive analyser, er mellem 0,5 og 1 dB. Hertil kommer ubestemtheden ved målingerne i felten, som må vurderes ud fra ubestemtheden på impulskildernes driftstilstand, lydudbredelsen og baggrundsstøjen.

3.7 Dokumentation

Følgende oplysninger skal gives som dokumentation for målingerne:

- At målingerne er udført i henhold til denne orientering.
- De driftsbetingelser, som giver anledning til impulserne, og tidspunktet for målingerne.
- Baggrundsstøj og meteorologiske forhold i immisionspunkter.
- Om tillægget er baseret på subjektiv vurdering eller objektiv måling.
- Fabrikat og type af måleudstyret.
- Procedure/software, anvendt til bestemmelse af tillægget.
- Samplingshastigheden for L_{pAF} og om målingerne er baseret på korttids L_{Aeq} måling.
- De målte værdier af niveaudifferenser og støjheder.
- De beregnede værdier af tydeligheden P og tillægget K_I .
- En vurdering af ubestemtheden på K_I .

⁶ 26. sammenlignende støjmåling, 2021 (bageri), 25. sammenlignende støjmåling, 2020 (skrotplads), 23. sammenlignende støjmåling, 2017 (varelevering) og 16. sammenlignende støjmåling, 2007 (dørsmæk på P-plads). Rapporterne kan findes på referencelaboratoriets hjemmeside: <https://referencelaboratoriet.dk/information/rapporter/>

4. Referencer

- [1] Miljøstyrelsen, "Ekstern støj fra virksomheder. Vejledning nr. 5/1984", 1984.
- [2] T. H. Pedersen and P. Finne, "Impulstillæg - Del 1: Baggrund og administrativ praksis" FORCE Technology, 2018.
- [3] T. H. Pedersen, P. Finne, J. E. Laursen, and L. S. Søndergaard, "Vurdering af ekstra gene fra impulsstøj - et litteraturstudie" FORCE Technology, 2021.
- [4] T. H. Pedersen and P. Finne, "Impulstillæg Opinionsundersøgelse om administration af impulstillægget" FORCE Technology, 2021.
- [5] T. H. Pedersen, P. Finne, and C. P. Volk, "Impulstillæg , Fase 3 – Lyttetest og sammenfatning", FORCE Technology, 2023.
- [6] T. H. Pedersen, "Objektiv målemetode for impulsers tydelighed og forslag til bestemmelse af genetillæggets størrelse. Orientering nr. 32", Orienter. fra Miljøstyrelsens Ref. støjmålinger, no. 32, 2001.
- [7] Nordtest, "NT ACOU 112 ACOUSTICS: Prominence of Impulsive Sounds and for Adjustment of L_{Aeq} " Nordtest, 2002.
- [8] ISO International Standardisation Organisation, "DS/ISO/PAS 1996-3:2022 Akustik – Måling , beskrivelse og vurdering af ekstern støj – Del 3 : Objektiv metode til måling af impulsers tydelighed og tildeling af L_{Aeq} -tillæg," ISO Int. Stand. Organ., 2022.
- [9] Miljøstyrelsen, "Måling af ekstern støj fra virksomheder, Vejledning nr. 6/1984" 1984.
- [10] ISO International Standardisation Organisation, IEC 61672-1:2013 ED2 "Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications", 2013.
- [11] H. Andersson and T. H. Pedersen, "Round Robin Test of an objective method for the determination of the prominence of impulsive sounds and for the impulse adjustment of L_{Aeq} Nordtest Project 1516-00", 2000.

Appendiks: Beregning af impulstillæg

I den foranstående Orientering er det beskrevet, hvordan impulstillægget kan findes ud fra en måling i et immissionspunkt. Hvis støjbelastningen skal fastlægges med en lydudbredelsesberegning, kan der være behov for at kunne beregne impulstillægget i immissionspunktet, fx i situationer, hvor det ikke har været praktisk muligt at måle støjen og impulstydigheden i immissionspunktet.

Dette appendiks angiver en metode, hvor impulstillægget i et immissionspunkt kan beregnes ud fra stejlheden af impulserne ved kilden, den beregnede maksimalværdi (L_{pAmax}) i punktet og baggrundsstøjniveauet i punktet. Metoden er udviklet teoretisk og testet på relevante lydfiler, men den er ikke verificeret ved målinger i felten.

A1 Beregningsmetode

Metoden bygger på følgende indgangsdata:

1. Stejlheden af impulserne ved kilden, som kan måles på den aktuelle eller tilsvarende kilder
2. Maksimalværdierne i immissionspunktet (L_{pAmax}) med tidsvægtning F, som kan beregnes vha. den nordiske metode for beregning af lydudbredelse ud fra maksimalværdierne af impulserne målt ved kilden.
3. Det A-vægtede baggrundsstøjniveau i immissionspunktet, som måles på det aktuelle sted eller på tilsvarende steder.

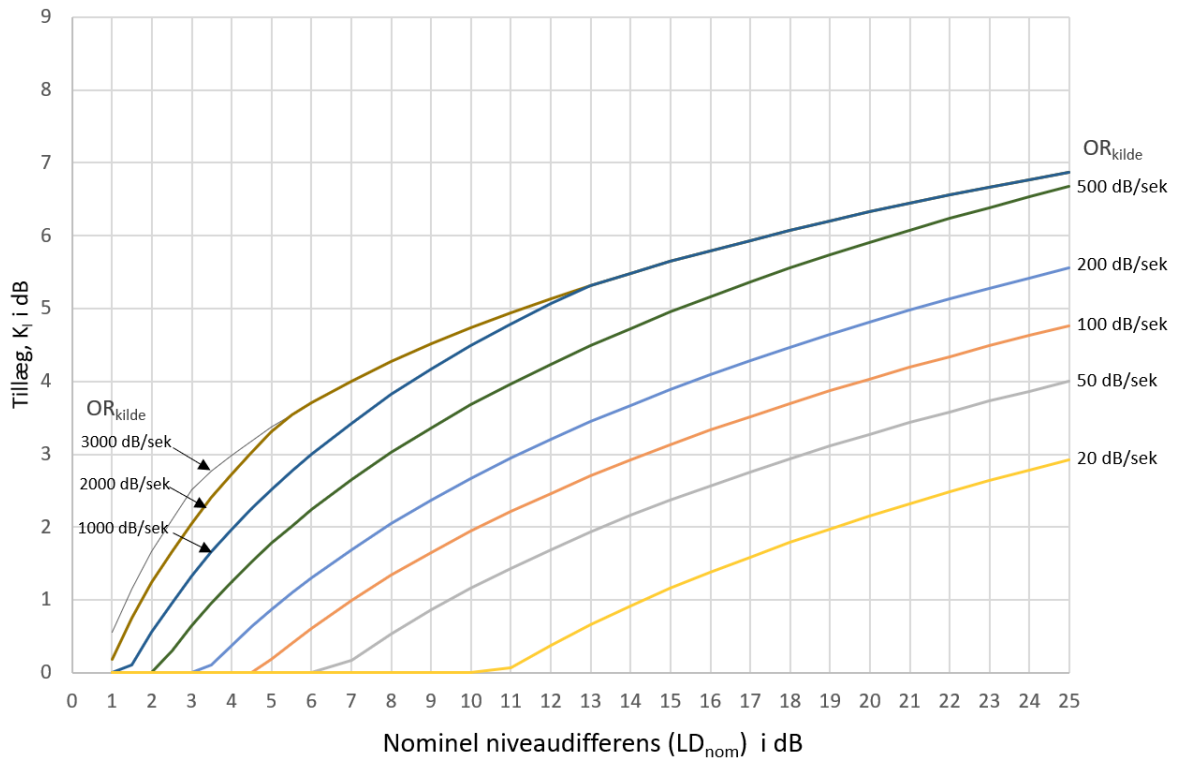
Det er vigtigt, at de beregnede maksimalværdier i immissionspunktet stammer fra de impulser, der regnes på.

Der indgår følgende begreber:

- OR_{kilde} Stejlheden af ansatsen målt i en immissionsrelevant retning tæt ved kilden efter impulsmetoden
- LD_{nom} Nominel niveaudifferens i immissionspunktet: L_{pAmax} minus baggrundsstøjniveau
- OR Stejlheden af ansatsen i immissionspunktet efter impulsmetoden
- LD Niveaudifferensen i immissionspunktet efter impulsmetoden

Baggrundsstøjniveauet i immissions-/beregningpunkterne angives som L_{Aeq} -værdi på de tidspunkter med ofte forekommende situationer med lav baggrundsstøj, hvor impulserne forekommer.

Impulstillægget kan findes af Figur 3 eller Tabel 1.



Figur 3 Fastlæggelse af impulstillægget K_I ud fra den nominelle niveaudifferens, LD_{nom} og stejlheden af impulserne ved kilden OR_{kilde} .

Et eksempel på brug af Figur 3: Man har ved beregning fundet, at et dørsæk med en stejlhed $OR_{kilde} = 500$ dB/s giver en maksimalværdi L_{pAmax} , der ligger 11 dB over L_{Aeq} af baggrundsstøjen i immissionspunktet. Man går ind på x-aksen ved 11 dB, op på den grønne kurve for 500 dB/s og aflæser på y-aksen et tillæg K_I på 4 dB. Hvis dette var den tydeligste impuls i det pågældende takseringstidsrum, gives der et tillæg på 4 dB i denne halve time.

Svarende til Figur 3 kan K_I -værdier alternativt aflæses i Tabel 1 afhængigt af OR_{kilde} og LD_{nom} .

LD_{nom} , dB	OR _{kilde} 20 dB/s	OR _{kilde} 50 dB/s	OR _{kilde} 100 dB/s	OR _{kilde} 200 dB/s	OR _{kilde} 500 dB/s	OR _{kilde} 1000 dB/s B	OR _{kilde} 2000 dB/s	OR _{kilde} 3000 dB/s
25	2,9	4,0	4,8	5,6	6,7	6,9	6,9	6,9
24	2,8	3,9	4,6	5,4	6,5	6,8	6,8	6,8
23	2,6	3,7	4,5	5,3	6,4	6,7	6,7	6,7
22	2,5	3,6	4,3	5,1	6,2	6,6	6,6	6,6
21	2,3	3,4	4,2	5,0	6,1	6,4	6,4	6,4
20	2,2	3,3	4,0	4,8	5,9	6,3	6,3	6,3
19	2,0	3,1	3,9	4,6	5,7	6,2	6,2	6,2
18	1,8	2,9	3,7	4,5	5,6	6,1	6,1	6,1
17	1,6	2,8	3,5	4,3	5,4	5,9	5,9	5,9
16	1,4	2,6	3,3	4,1	5,2	5,8	5,8	5,8
15	1,2	2,4	3,1	3,9	5,0	5,6	5,6	5,6
14	0,9	2,2	2,9	3,7	4,7	5,5	5,5	5,5
13	0,7	1,9	2,7	3,4	4,5	5,3	5,3	5,3
12	0,4	1,7	2,5	3,2	4,2	5,1	5,1	5,1
11	0,1	1,4	2,2	2,9	4,0	4,8	4,9	4,9
10	0	1,2	1,9	2,7	3,7	4,5	4,7	4,7
9	0	0,9	1,7	2,4	3,4	4,2	4,5	4,5
8	0	0,5	1,3	2,0	3,0	3,8	4,3	4,3
7	0	0,2	1,0	1,7	2,7	3,4	4,0	4,0
6	0	0	0,6	1,3	2,2	3,0	3,7	3,7
5	0	0	0,2	0,9	1,8	2,5	3,3	3,4
4	0	0	0	0,4	1,3	2,0	2,7	3,0
3	0	0	0	0	0,6	1,3	2,1	2,5
2	0	0	0	0	0	0,6	1,2	1,7
1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,6

Tabel 1 Impulstillæg K_I i dB ud fra den nominelle niveaudifferens, LD_{nom} og stejlheden af impulserne ved kilden OR_{kilde} .

Ubestemthed

På baggrund af tests udført med kunstige impulser og lydfiler, er det fundet, at fejlen på beregningen af K_I i almindelighed er mindre end 0,5 dB, men at fejlen for $LD_{nom} < 2$ dB og $OR_{kilde} > 1000$ dB/s kan blive op til 1,2 dB.

Standardafvigelsen for alle fejl på K_I i de udførte tests er 0,25 dB, hvilket med en dækningsfaktor på 1,65 svarer til en ubestemthed på 0,4 dB. Hertil kommer ubestemtheden på måling og beregningen af L_{pAmax} og L_{Aeq} af baggrundstøjniveauet, som indgår i formlerne for beregning af K_I , se afsnit 3.4 og 3.5.

A1.1 Formler⁷ for beregning af K_I

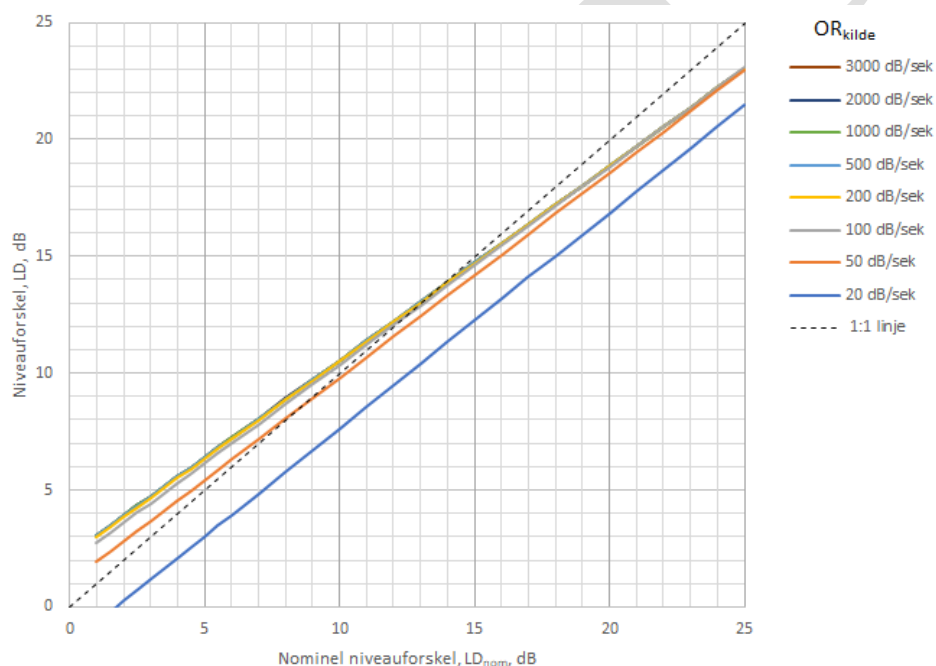
Tillægget K_I i immissionspunktet beregnes med Formel (2) i afsnit 3.5 ud fra tydeligheden P (Formel (1) afsnit 3.4). P kan beregnes ud fra niveaudifferensen, LD , og støjheden, OR .

Beregning af LD

For niveaudifferenser LD_{nom} mellem 1 og 25 dB, kan LD beregnes ud fra OR_{kilde} og LD_{nom} med følgende formel (3):

$$LD = (-0,057 \cdot \tanh(\ln(0,0246 \cdot OR_{kilde})) + 0,888) \cdot LD_{nom} + (3,3 \cdot \tanh(\ln(0,0423 \cdot OR_{kilde})) - 1,05) \quad (3)$$

hvor \tanh er hyperbolsk tangens og \ln er den naturlige logaritme. Hvis $LD > 50$ dB sættes $LD = 50$ dB. Formlen er illustreret på Figur 4.



Figur 4 Linjer, der viser sammenhængen mellem LD og LD_{nom} for forskellige støjhæder, OR_{kilde} , beregnet med Formel (3).

Bemærk at der ikke er en 1:1 sammenhæng mellem LD_{nom} og LD , og hvis der ikke skelnes mellem dem, kan fejlen blive op til 4 dB.

⁷ Formlerne er blevet til ved kurvetilpasning, idet det ikke er lykkedes at beskrive de fysiske forhold i matematiske modeller.

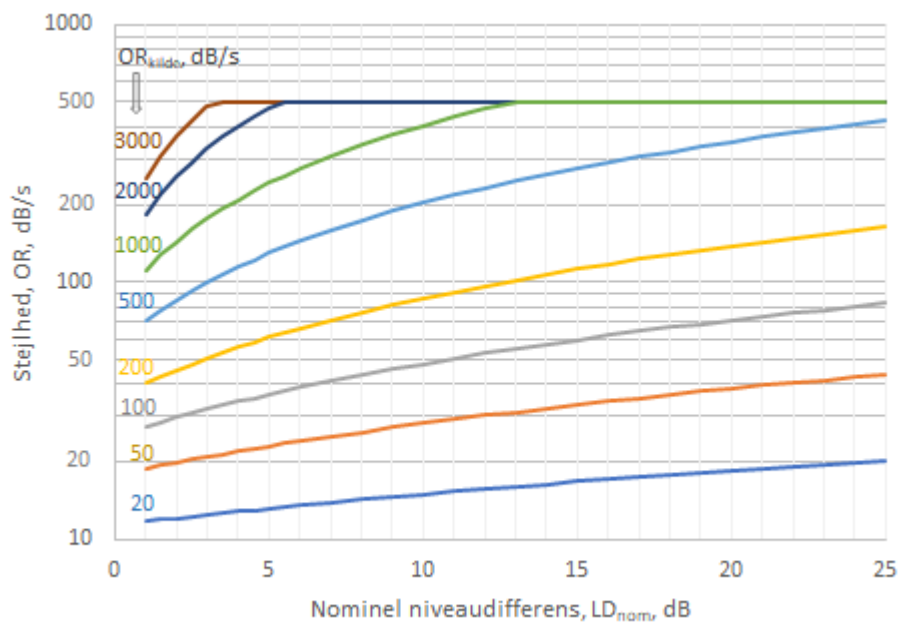
Beregning af OR

For stejkheder OR_{kilde} mellem 20 og 3000 dB/s, kan OR beregnes med følgende formel (4):

$$OR = (0,0113 \cdot OR_{kilde}^{1,1546}) \cdot LD_{nom} + 2,6064 \cdot OR_{kilde}^{0,4919} \quad (4)$$

Hvis $OR > 500$ dB/s, sættes $OR = 500$ dB/s.

Formlen er illustreret på Figur 5.



Figur 5 Kurver der viser sammenhængen mellem OR og OR_{kilde} for forskellige niveaudifferenser LD_{nom} , beregnet med Formel (4).

Regneeksempel:

Støjkilden, der indeholder impulser, måles tæt ved kilden og analyseres med impulsmetoden for at finde impulsens Onset Rate (stejlheden), OR_{kilde} . Fx $OR_{kilde} = 500$ dB/sek.

Støjkildens kildestyrkemaksimalværdi, $L_{wA,max}$ benyttes til at udregne maksimalværdien L_{pAmax} i immissionspunktet. Niveauforskellen mellem L_{pAmax} og baggrundsstøjen i immissionspunktet findes, fx $LD = 11$ dB.

Impulstillægget K_I kan findes af Figur 3 eller Tabel 1 til 4,0 dB. En beregning af tillægget foregår som følger⁸:

Stejlheden OR_{kilde} omregnes til OR i immissionspunktet med Figur 5 eller Formel (4), $OR = 217,8630$ dB/sek. Niveauforskellen LD omregnes til LD_{nom} i immissionspunktet med Figur 4 eller Formel (3). $LD_{nom} = 11,3845$ dB.

Tydeligheden P, beregnes ud fra OR_{kilde} og LD_{nom} med Formel (1), $P = 7,20$.

Impulstillægget K_I beregnes ud fra P med Formel (2), $K_I = 3,97$ dB.

Impulstillægget tillægges virksomhedens støj L_{Aeq} i det takseringstidsrum, dvs. den halve time, hvor impulsstøjen forekommer. For den tydeligste impuls i det pågældende takseringstidsrum er støjbelastningen i immissionspunktet: $L_r = L_{Aeq} + K_I$

⁸ De mange decimaler er ikke udtryk for metodens nøjagtighed, men er alene tænkt til brug for sammenligning af beregningsresultater.

A2 Baggrund for beregningsmetode for impulstillæg

Dette afsnit er ikke en del af beregningsmetoden, men beskriver baggrunden for særligt interesserede.

Ved en måling efter impulsmetoden, som beskrevet i afsnit 3 i denne Orientering, analyserer man støjen i immissionspunktet og finder impulsernes stejlhed, OR, og niveaudifferens, LD. Ud fra disse kan tydeligheden P og impulstillæg K_I beregnes. Hvis baggrundsstøjniveauet er højt, er impulsernes tydelighed mindre, fordi signal/støj-forholdet mellem impulser og baggrundsstøj er mindre.

Når det ikke kan lade sig at måle impulsens tydelighed direkte i immissionspunktet, kan den i afsnit A1 beskrevne metode til beregning af impulsens tydelighed benyttes,

Ved udviklingen af beregningsmetoden er der taget udgangspunkt i, at den skal bygge på data, der kan skaffes i forbindelse med beregning af støjbelastning L_r , dvs. kilde data og lydudbredelsesberegninger suppleret med baggrundsstøjniveauet i immissionspunkterne. Det drejer sig om måling af stejlhed og maksimalværdier af impulserne ved kilden, beregning af maksimalværdien i immissionspunktet og sammenligning med baggrundsstøjniveauet i immissionspunktet.

I det følgende indgår de begreber, som er defineret i afsnit A1.

Metoden er udviklet i følgende trin:

1. Beregning af totalstøjniveau som funktion af tid for kunstige impulser med forskellige stejkheder og forskellige baggrundsstøjniveauer. Det svarer til forskellige signal/støj-forhold i et immissionspunkt.
2. Analyse af totalstøjniveau som funktion af tid med impulsmetoden. Herunder bestemmelse af niveaudifferens, LD og stejlhed, OR og impulstillæg K_I
3. Beregning af LD ud fra LD_{nom} og OR_{kilde}
4. Beregning af OR ud fra LD_{nom} og OR_{kilde}
5. Beregning af P og K_I ud fra de fundne OR og LD

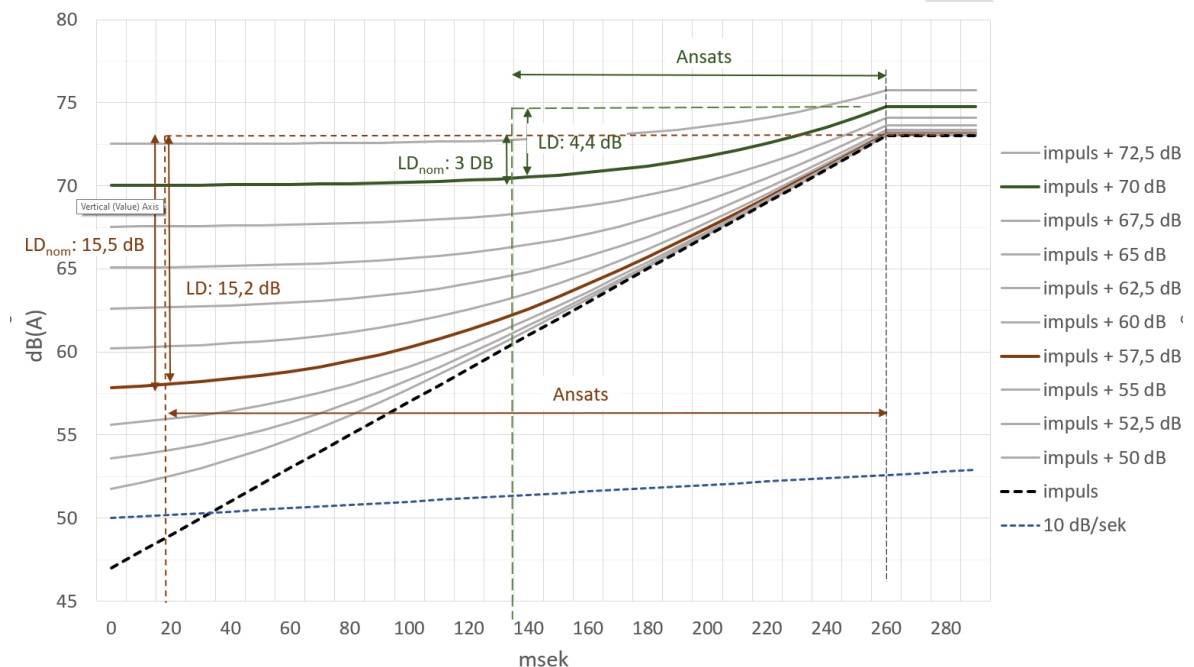
A2.1 Beregning af totalstøjniveau som funktion af tid

Metoden er udviklet ved at beregne indflydelsen af konstant jævnt baggrundsstøj ved forskellige niveauer på kunstige impulser med forskellige konstante hældninger uden baggrundsstøj.

Figur 6 viser et eksempel på en beregning af totalstøjniveauet for en teoretisk impuls med en stejlhed (OR_{kilde}) på 100 dB/s, en maksimalværdi (L_{pAmax}), på 73 dB(A) og med så en stor niveaudifferens, at startniveauet af impulsen ikke ses på figuren. Der er gennemført målinger og analyser svarende til Figur 6 for stejkhederne 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000 og 3000 dB/s.

Når der tilføjes baggrundsstøj, vil impulsens niveaudifferens, LD, ændres. Der sker også en ændring i impulsens startpunkt (der hvor hældningen overstiger 10 dB/s) og dermed også af den resulterende hældning, OR.

De fuldt optrukne linjer i Figur 6 viser totalniveauerne med forskellige baggrundsstøjniveauer og impulsen som funktion af tiden. Hvert af disse niveauforløb er målt med impulsmetoden, som er beskrevet i denne Orientering. Ansatsen (se definition i afsnit 3.2.3) er afgørende for resultatet af målingen. For to af kurverne, den brune og den grønne, er ansatsen markeret med vandrette pile. Det ses umiddelbar af figuren, at både niveaudifferensen og stejlheden af ansatsen (fundet ved lineær regression) bliver mindre jo mere baggrundsstøj, der tilføjes, hvilket målingerne også viser.



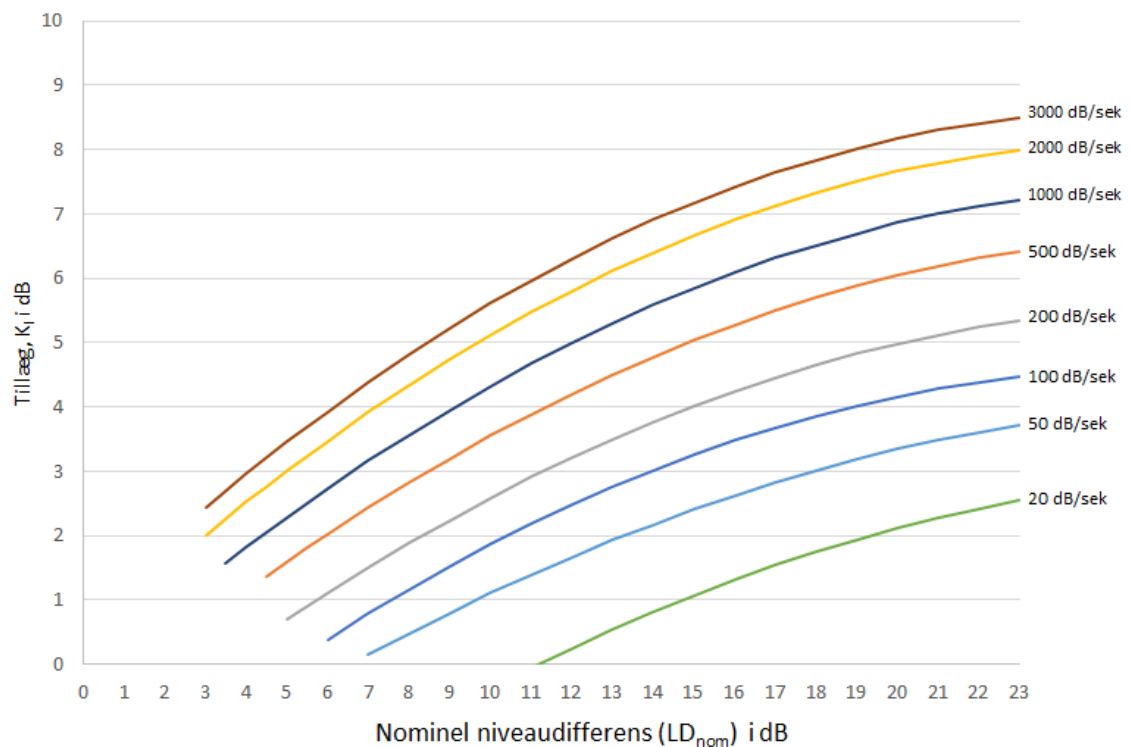
Figur 6 Figuren viser totalniveauer (fuldt optrukne grå linjer) som funktion af tiden af en kunstig impuls med stejlhed 100 dB/s (sort punkteret linje) adderet med baggrundsstøjniveauer fra 50 til 72,5 dB(A). Hældningen 10 dB/s er vist med en blå punkteret linje nederst. To af impulsforløbene er fremhævet: Impuls+57,5 dB (rødbrun) og Impuls+70dB (mørkegrøn). Niveauforskellen LD er henh. 15,2 dB og 4,4 dB for ansatsen. Til de videre beregninger af tydeligheden benyttes den nominelle niveaudifferens LD_{nom} (henh. 15,5 dB og 3 dB).

Ansatsen begynder, når hældningen af niveauforløbet af totalstøjen bliver større end 10 dB/s og slutter, når hældningen bliver mindre end 10 dB/s. Den målte niveaudifferens (LD) inkluderer baggrundsstøjens indflydelse. Det betyder, at den målte niveaudifferens, LD, ikke er den samme som den nominelle niveaudifferens, LD_{nom} , mellem impulsens maksimalniveau og baggrundsstøjniveauet. På Figur 6 er både den nominelle og den målte niveauforskel (LD) vist med lodrette pile for den grønne og den brune kurve.

A2.2 Analyse af totalstøjniveau med impulsmetoden

Tidsforløbet af totalstøjniveauet er analyseret med impulsmetoden, hvorved de resulterende værdier af støjheder (OR) og niveaudifferenser (LD) er fundet for kombinationerne af baggrundsstøjniveauer og impulsstøjheder, OR_{kilde} . Ud fra OR og LD er tydeligheden P og impulstillægget K_I beregnet.

Niveaudifferensen (LD) er ikke tilgængelig i en lydudbredelsesberegning. Derfor viser Figur 7 impulstillægget som funktion af den nominelle niveaudifferens LD_{nom} .



Figur 7 Impulstillægget K_I som funktion af den nominelle niveaudifferens, LD_{nom} for forskellige støjheder i dB/s af impulsen ved kilden, OR_{kilde} .

NB: Der er på figuren ikke taget højde for impulsmetodens begrænsning i støjheden for OR på 500 dB/s, så figuren kan ikke bruges i praksis.

Hver af kurverne på Figur 7 er beregnet med 2. ordens polynomiske regressionskurver for hver af støjhederne efter formel (A):

$$K_I = \alpha_1 \cdot LD_{nom}^2 + \beta_1 \cdot LD_{nom} + k_1 \quad (A)$$

hvor værdierne af konstanterne fremgår af Tabel 1.

dB/s	20	50	100	200	500	1000	2000	3000
α_1	-0,0081	-0,0073	-0,0099	-0,0093	-0,0095	-0,0102	-0,0111	-0,0115
β_1	0,4926	0,4428	0,5275	0,5188	0,5345	0,5600	0,5880	0,6020
k_1	-4,4983	-2,5959	-2,4285	-1,6743	-0,8448	-0,2595	0,3419	0,7327
R^2	0,9987	0,9997	0,9987	0,9992	0,9998	0,9999	0,9998	0,9996

Tabel 2 Værdier af konstanterne til formel (A) for forskellige stejlheder, OR_{kilde} . Nederst er angivet andelen af forklaret varians R^2 for hver af kurverne.

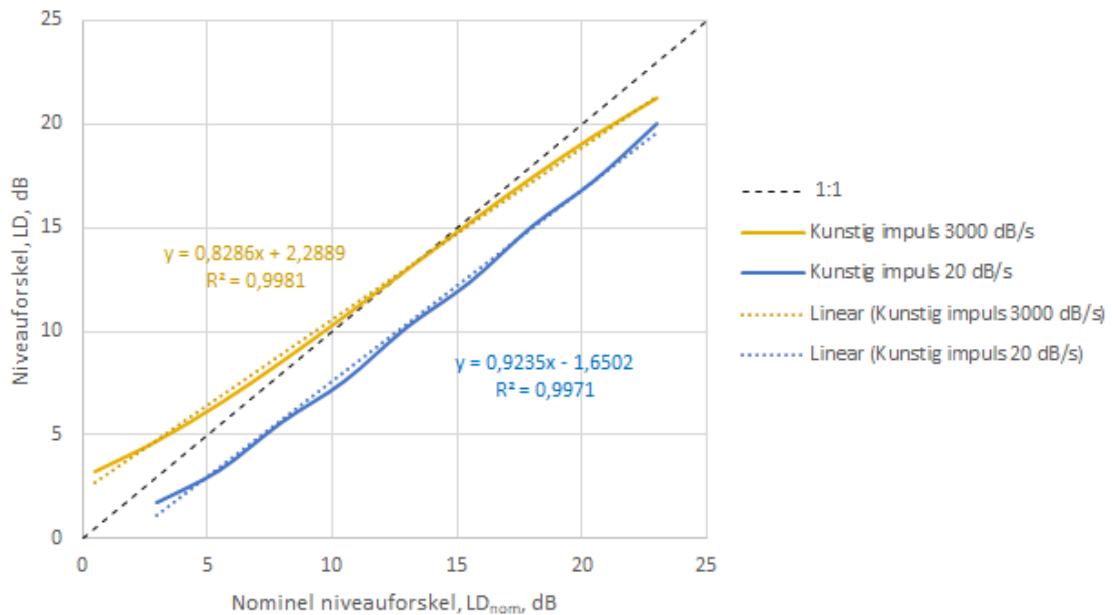
Figur 7 giver ikke mulighed for at se, hvornår metodens begrænsning for OR på 500 dB/s træder i kraft, så derfor er den ikke anvendelig til praktiske formål, men da kurverne kan beregnes med stor nøjagtighed (andel af forklaret varians $R^2 > 0,999$, se Tabel 1), er de brugt som reference i det følgende.

Målemetoden har, som det fremgår af Orienteringen, begrænsninger for OR på 500 dB/s og for LD på 50 dB. For at tage dette i betragtning, er det nødvendigt at kende niveaudifferens og stejlhed i immissionspunktet. De er dog ikke direkte tilgængelige som inputdata i en beregningssituation, men må beregnes, som vist i de næste to afsnit.

A2.3 Beregning af LD ud fra LD_{nom} og OR_{kilde}

På Figur 8 er vist to eksempler på sammenhængen mellem den nominelle (LD_{nom}) og den målte niveaudifferens (LD) for kunstige impulser med forskellige stejlheder. Det ses at der ikke er en 1:1 sammenhæng mellem LD_{nom} og LD og at sammenhængen afhænger af impulsens stejlhed.

Da det ønskes at beregningen skal ske ud fra de nominelle niveaudifferenser, skal der indføres en omregning mellem de nominelle niveaudifferenser, LD_{nom} , og de niveaudifferenser, LD, man ville kunne finde ved en måling i immissionspunktet med impulsmetoden. Hvis der i beregningen af impulstillægget K_I ikke skelnes mellem LD og LD_{nom} tyder beregninger på, at fejlen på K_I kan blive op til 3-4 dB.



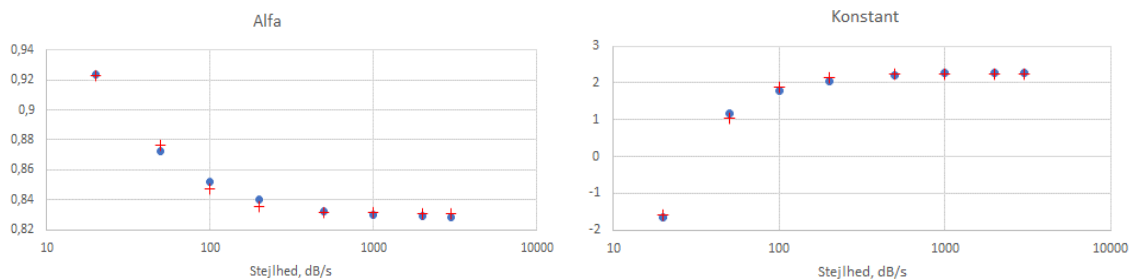
Figur 8 Sammenhængen mellem den nominelle niveauforskel, LD_{nom} , den målte niveauforskel, LD , for impulser med stejkheder på 20 og 3000 dB/s. Den punkterede linje angiver en 1:1 sammenhæng.

Som det fremgår af Figur 8 kan sammenhængen mellem LD_{nom} og LD med god tilnærmelse beskrives ved en lineær regressionslinje,

$$LD = \alpha_2 \cdot LD_{nom} + k_2$$

men linjens parametre α_2 og k_2 afhænger af stejkheden, så der er også brug for formler, der beskriver denne sammenhæng.

Forskellige formler for α_2 og k_2 er afprøvet. Formel (3), se afsnit A1.1, baseret på hyperbolsk tangens og naturlige logaritmer var den mest nøjagtige, se Figur 9.



Figur 9 De blå punkter er de værdier for α_2 (venstre graf) og k_2 (højre graf) der er fundet ved lineær regression af sammenhængen fra målingerne på de kunstige impulser. De røde krydser angiver resultatet af beregninger med Formel (3).

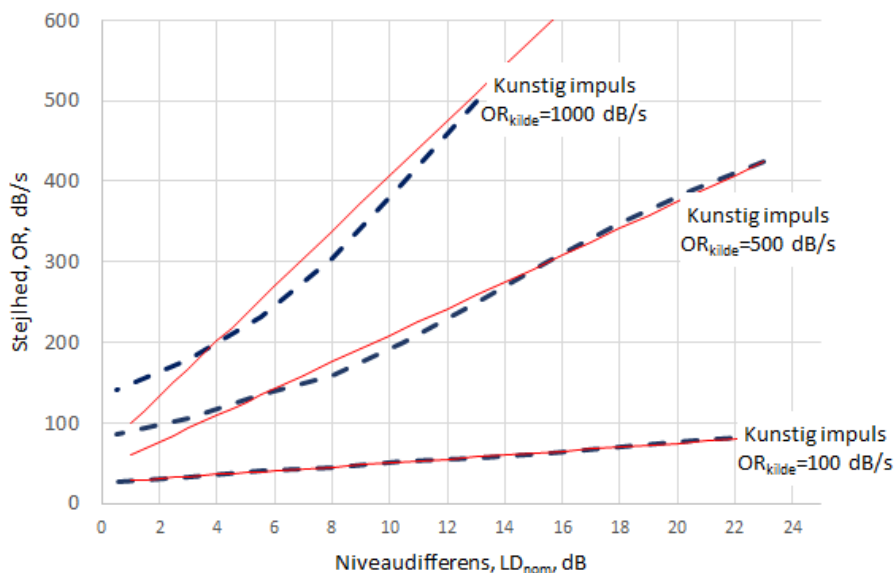
Hvis man selv vil programmere formel (3) kan Tabel 3 bruges til kontrol.

Stejlhed OR_{kilde} , dB/s	20	50	100	200	500	1000	2000	3000
α_2	0,9228	0,8764	0,8472	0,8355	0,8317	0,8312	0,8310	0,8310
k_2	-1,5968	1,0441	1,9007	2,1591	2,2353	2,2463	2,2491	2,2496
LD for $LD_{nom}=10$ dB	7,63	9,81	10,37	10,51	10,55	10,56	10,56	10,56

Tabel 3 Kontroldata til Formel (3)

A2.4 Beregning af OR ud fra LD_{nom} og OR_{kilde}

Som nævnt ændrer støjheden af ansatsen sig i immissionspunktet alt efter hvor meget baggrundsstøj der er. Af Figur 10 ses eksempler på, at jo mere baggrundsstøj dvs. jo mindre niveauforskel, LD_{nom} , der er, desto mindre bliver støjheden.



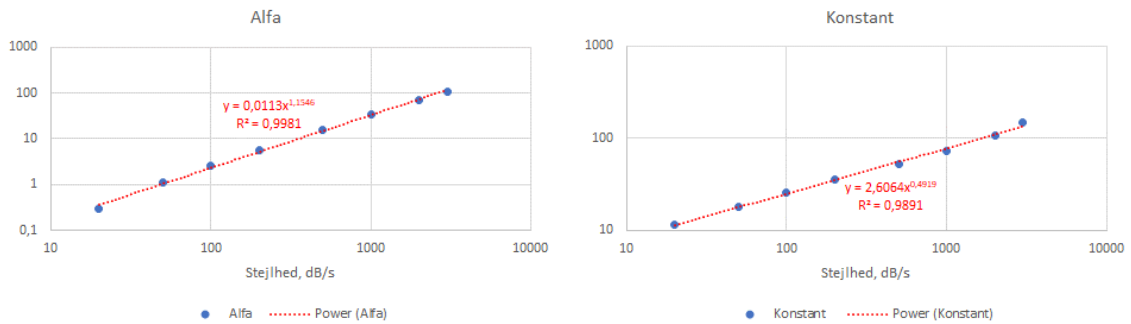
Figur 10 Stejlheden, OR i immissionspunktet, som funktion af den nominelle niveauforskel, LD_{nom} . Der er vist eksempler på impulser med støjheder af kilden på 100, 500 og 1000 dB/s.

Punkterede mørke linjer: Måling af støjhed på kunstige impulser
Røde linjer: Beregnet med formel (3).

Af Figur 10 ses at de målte værdier kan tilnærmes med rette linjer efter denne formel:

$$OR = \alpha_3 \cdot LD_{nom} + k_3$$

Det ses også at konstanterne α_3 og k_3 afhænger af støjheden OR_{kilde} . Figur 11 viser målte værdier og formler for tilnærmelser til konstanterne α_3 og k_3 .



Figur 11 De blå punkter er de værdier for α_3 (venstre graf) og k_3 (højre graf) der er fundet ved lineær regression af sammenhængen fra målingerne på de kunstige impulser. De røde regressionslinjer angiver resultatet af de tilnærmelser, der er vist med formler på graferne.

Den resulterende formel beregning af OR er Formel (4) i afsnit A1.1.

Hvis man selv vil programmere formel (4) kan Tabel 4 bruges til kontrol.

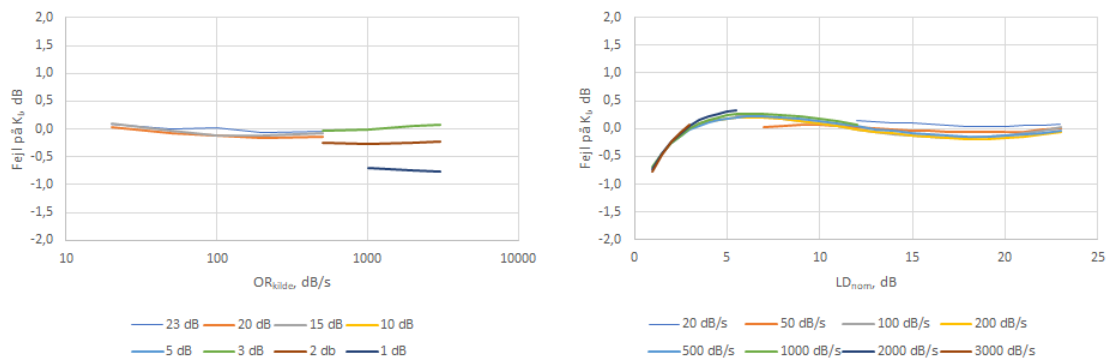
OR _{kilde} dB/s	20	50	100	200	500	1000	2000	3000
α_3	0,3591	1,0344	2,3029	5,1268	14,768	32,876	73,189	116,89
k_3	11,377	17,855	25,110	35,312	55,420	77,937	109,60	133,79
OR for LD _{nom} =10 dB	14,968	28,200	48,139	86,580	203,10	406,70	841,49	1302,7

Tabel 4 Kontroldata til Formel (4)

A2.5 Test af beregningsmetoden og anslået ubestemthed

Beregningsmetoden er testet på niveauforløb med kunstige impulser, resultater fra impulsprojektets Fase 3, [5], og lydfiler fra dette projekt mikset med forskellige niveauer af baggrundsstøj. Metoden har ikke været testet direkte med målinger i felten.

Testen med totalstøjen af de kunstige impulsers niveauforløb med forskellige niveauer af baggrundsstøj (se Figur 6) blev udført med otte værdier af OR_{kilde} fra 20 dB/s til 3000 dB/s i området LD_{nom} 1-23 dB. Resultatet ses på Figur 12.

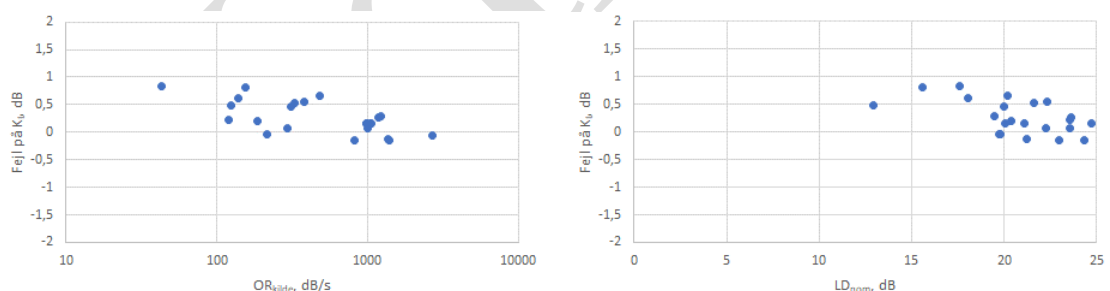


Figur 12 Fejlen på K_I i dB for forskellige kombinationer af niveauforskelle, OR_{kilde} og stejlheder, LD_{nom} for kunstige impulser. Venstre figur viser fejlene afbildet som funktion af OR_{kilde} og højre som funktion af LD_{nom} .

Det ses at fejlen på K_I i almindelighed er mindre end 0,3 dB, men at den ved værdier af $LD_{nom} < 2$ dB og $OR_{kilde} > 1000$ dB/s kan blive op til 0,8 dB.

I forbindelse med Fase 3 af impulsprojektet, se [5], blev der udført lytteforsøg med stimuli som stammede fra optagelser i ca. 10 m afstand og stimuli, der var genereret ved en frekvensafhængig dæmpning svarende til 100 m af 10 m stimuli, med tilføjelse af baggrundsstøj.

Inden for rammerne af nærværende arbejde, var det ikke muligt at genanalysere alle lydseksemplerne fra Fase 3 projektet [5]. De lydseksempler, der er regnet på, er de eksempler hvor det ud fra niveauregistreringerne blev vurderet at de impulser, der gav anledning til eksemplets maksimalværdi, også var dem med den højeste tydelighed P.



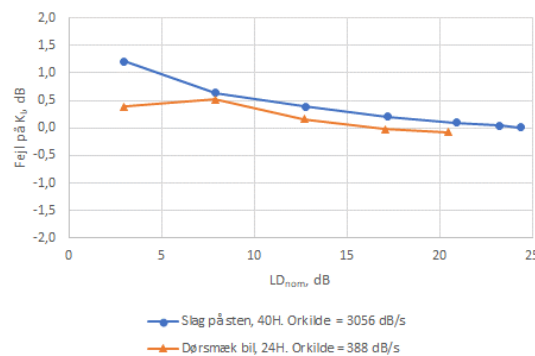
Figur 13 Fejlen på K_I i dB for forskellige kombinationer af niveauforskelle, LD_{nom} og stejlheder, OR_{kilde} for impulser fra impulsprojektets Fase 3, [5]. Venstre figur viser fejlene afbildet som funktion af OR_{kilde} , og højre som funktion af LD_{nom} .

Det ses at fejlene er mindre end 0,8 dB med et flertal af fejl på mindre end 0,5 dB.

Det ser ud til, at der er en tendens til at beregningerne overvurderer K_I med op til 0,8 dB. Om det er en reel tendens eller om det skyldes at de anvendte lydklip fra Fase 3 ofte havde mere end én impuls, og at der er usikkerhed om at den maksimalværdi, der blev fundet for hele

lydklippet, også svarede til den impuls i lydklippet, som blev udvalgt til analyse af impulsparametrene ved beregningen.

Som nævnt var ikke indenfor dette projekt muligt at genanalysere alle stimuli fra Fase 3 projektet. Til gengæld er der lavet et forsøg, hvor forskellige niveauer af baggrundsstøj er mikset sammen med de to stimuli ”25H Dørmæk bil” og ”40H Slag på sten”, hvorefter der er målt og beregnet på lydfileerne. De resulterende fejl på K_I , dvs. forskellen på målinger og beregninger, er vist på Figur 14.



Figur 14 Fejlen på K_I i dB for forskellige niveauforskelle, LD_{nom} for to impulser fra impulsprojektets Fase 3, [5] mikset med baggrundsstøj med forskellige niveauer.

Bortset fra en enkelt fejl på 1,2 dB (for $LD_{nom} = 2,5$ dB og $OR_{kilde} = 3056$ dB/s) er alle fejl mindre end 0,6 dB.

Standardafvigelsen for alle data vist på Figur 12, Figur 13 og Figur 14 er 0,25 dB, hvilket med en dækningsfaktor på 1,65 svarer til en ubestemthed på 0,4 dB. Hertil kommer ubestemtheden på måling og beregningen af L_{pAMaxF} og L_{Aeq} af baggrundsstøjniveauet som indgår logaritmisk i Formel (1) for beregning af P.