

Støjer dilatationsfuger?

Vejstøj. Mere end 700.000 danske boliger er berørt af vejstøj, som overstiger de vejledende grænseværdier. Det svarer omtrent til 1,5 millioner berørte mennesker. Er man tilmed nabo til en vejbro, kan støjgenen være øget betydeligt. Bilerne kørsel hen over dilatationsfuger giver nemlig anledning til ekstra støj, når bilerne passerer. For bilisten er det hurtigt overstået, men for naboerne kan det være særligt generende at høre på de impulslyde ("bump", "klonk" osv.), som vejbroen udsender. I denne artikel beskrives en metode til at vurdere støjgenen ved naboerne fra kørsel over dilatationsfuger på Gudenåbroen.



Per Finne, DELTA Akustik
pfi@delta.dk



Jakob Fryd, Vejdirektoratet
jaf@vd.dk

Baggrund

De fleste kender til en biltur over en motorvejsbro. Der kommer nogle bump, hver gang hjulene passerer en af broens fuger. Lyden inde i bilen kan være mere eller mindre kraftig. Det er heldigvis hurtigt overstået – måske tænker man ikke engang over det.

Som bilist tænker man måske ikke så meget over, at lyden også er derude! Naboerne i nærheden vil ofte blive berørt af mange tusinde impulslyde gennem døgnet. Det kan være særligt generende, men der er ikke grundlag og tradition for at tage hensyn til det ved måling og beregning af vejstøjen.

Dilatationsfuger er uundgåelige, når man bygger broer. For broen skal kunne give efter uden at ødelægge vejen og konstruktionen (figur 1).

Vejdirektoratet har gennem årene modtaget klager over vejstøj – også over støjen

fra motorvejsbroer, hvor særligt impulser fra dilatationsfuger er problemet. Senest har der ved renovering af broen over Gudenåen ved Randers (E45) været klaget over, at der er opstået nye impulslyde (beskrives som "klonk"- og "klik"-lyde) til stor gene for naboerne i området. Nogle af dem bor op mod 1000 meter fra broen.

Hvordan måles vejstøj?

Impulsstøjen, der fremkommer ved kørsel over dilatationsfugerne, kan faktisk ikke måles med de metoder, der anvendes til at beskrive vejstøj i dag. I Danmark og i langt de fleste andre lande bestemmes vejstøj ved L_{den} (day-evening-night level) i dB. Det betyder, at støjen bestemmes med én talværdi for et helt døgn – svarende til et års-middeldøgn. Trafikstøjen beregnes på baggrund af trafikkenes sammensætning

(tunge/lette køretøjer), aktuelle gennemsnitshastigheder og ikke mindst de meteorologiske forhold i form af fremherskende vindretning og -styrke. Når disse dele er fastlagt, kan støjens udbredelse i landskabet beregnes med en meget nøjagtig beregningsmetode. På denne måde bestemmes L_{den} ved den enkelte bolig eller i det omgivende terræn i form af de velkendte støjkort (figur 2).

Metoden til beregning af vejstøjen tager ikke hensyn til særlige forhold som fx støjen fra kørsel over dilatationsfuger eller

Hvad er dilatationsfuger?

De fleste materialer udvider sig, når det er varmt, og trækker sig sammen, når det er koldt.

Det gælder også for beton, og derfor er det vigtigt, at broerne bygges, så de "kan give sig".

Når man kører hen over en motorvejsbro, mærker man ofte et lille bump i vejen i hver ende. Det skyldes, at bilen rammer fuger, som er sat ned i vejen i overgangen mellem bro og land. Fugerne er bevægelige dilatationsfuger, som skal give betonbroen plads til at udvide sig og eller trække sig sammen, uden at der dannes sprækker i vejen. Fugerne er lavet som store metalfingre, der glider ind og ud mellem hinanden.

Fra Vejdirektoratets pjece: "Broer og tunneler".



Figur 1. Bevægelig dilatationsfuge indsat i den nye Gudenåbro, oktober 2013. Fra Vejdirektoratets pjece: "Broer og tunneler".



Figur 2. Støjkort med L_{den} langs motorvej E45 ved Gudenåbroen. Fra Vejdirektoratets strategiske støjkort (2012).

broer i det hele taget. Hvis man sammenligner med jernbanestøj, er der her særlige tillæg, som tager højde for, om toget kører på nogle typer af broer. Desuden skal der for jernbaner udover L_{den} også bestemmes et højeste støjniveau (L_{Amax}), som togpassagerne giver anledning til. Hermed sikres det, at forhold som kørsel på nogle typer af broer og over sporskifter indgår i beregningen af støjen ved naboerne.

Støjens karakter

Når bilens hjul passerer dilatationsfugen, opstår en kortvarig "klik-lyd" oven i den almindelige støj fra bilerne på vejen. Denne "klik-lyd" kaldes i støjterminologien en impuls. Den er kortvarig og udbreder sig væk fra vejen sammen med den almindelige "brusende" motorvejsstøj. Hvorfor og hvordan den opstår er ikke helt indlysende, men i alle tilfælde er menneskers oplevede genevirkning af støj-impulser større, end den er for almindelig motorvejsstøj. Der tages bare ikke hensyn til det i den måde, støjen opgøres på, og i de vejledende grænseværdier, der anvendes til at vurdere om en bolig er støjbelastet. En vejmyndighed kan med god grund sige, at motorvejen ikke overskrider Miljøstyrelsens anbefalinger for acceptabel støj, hvis støjen ved naboejendommene overholder grænseværdien på 58 dB (L_{den}). Der er simpelt hen ikke krav til impulsholdig støj fra veje.

Når man måler støj fra virksomheder, er det obligatorisk at undersøge, om der er tydeligt hørbar impuls i støjen. Hvis det er tilfældet gives der et genebetinget tillæg på 5 dB til den målte eller beregnede støjbelastning. Undersøgelsen udføres i sammenhæng med støjberegningen eller målingen af virksomhedens anden støj. Bedømmelsen er subjektiv – måleteknikeren skal altså beslutte ud fra sin erfaring og kendskab til støjkilderne samt et lyttemæssigt indtryk, om der skal lægges 5 dB til den målte støj. Det særlige er, at det

kun kan bedømmes ved naboejendomme i sammenhæng med den samlede støj på stedet. Det betyder for eksempel, at impulser kan bedømmes forskelligt om dagen og om natten alene, fordi baggrundsstøjen i området ofte er mindre om natten, og impulserne derfor kan blive mere tydelige.

Impulser øger støjgenen

Der findes internationale metoder til objektivet og ud fra målinger at fastlægge, om en impuls er tydeligt hørbar og dermed bestemme genegraden af den. En af disse metoder – Nordtest-metoden NT ACOU 112 – er anvendt til at bedømme motorvejsstøjens indhold af tydeligt hørbar impuls ved Gudenåbroen.

Nordtest-metoden kan bestemme impulsens tydelighed P på en skala fra 0 til 15. Jo højere værdi – desto større tydelighed. Metoden giver også mulighed for objektivet at bestemme et tillæg KI (i dB) til virksomhedsstøj, som lægges til den målte værdi af støjniveauet, og som tager højde for støjens indhold af impulser. Med andre ord vil tydelige impulser give anledning til et tillæg til måleresultatet, og tillægget KI gradueres i størrelse alt efter impulsens hørbarhed (tydelighed). I den danske beskrivelse af metoden (Orientering nr. 32 fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium

for støjmålinger: "Objektiv målemetode for impulsers tydelighed og forslag til bestemmelse af genetillæggets størrelse") er der foretaget en sammenstilling af forskellige typer af impulser, som de fleste kender. Betingelserne for disse målinger er naturligvis helt afgørende for udfaldet, men værdierne er gengivet her (tabel 1) for at give en fornemmelse af tydeligheden P og tillæggets størrelse (KI). I ovenstående beskrivelse af metoden kan betingelserne studeres nærmere.

Det skal bemærkes, at inden for industristøj, som er metodens primære sigte, har Miljøstyrelsen ikke implementeret denne objektive metode i det danske regelsæt. I stedet skal måleteknikeren subjektivt angive, om impulsen er tydeligt hørbar. Dette gøres subjektivt uden graduering, dvs. enten er tillægget 0 dB eller 5 dB.

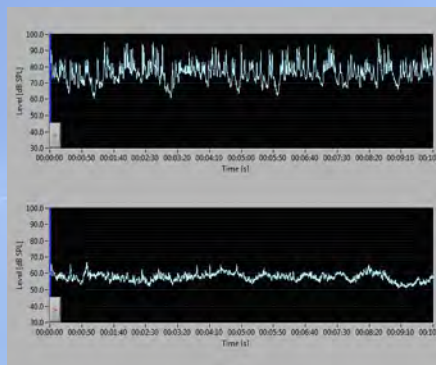
Målinger omkring Gudenåbroen

På baggrund af gentagne nabohenvendelser besluttede Vejdirektoratet at undersøge støjen i området omkring broen for tydeligheden af de impulser, der opstår ved kørsel over dilatationsfugerne. Der blev udført målinger og lydoptagelser ved en række nabopositioner vest for broen en dag med svag (op til 5 m/s) sydøstlig vind. Det vil sige, at vinden bar støjen fra motorvejen hen mod målestederne. Det er standardprocedure ved måling af støj. Som kontrolpunkt blev der indført en måleposition ved vejbroen, lige over autoværnet og 1,5 meter over vejbanen. Denne position blev medtaget for at få en bestemmelse af støjimpulsens styrke tæt ved vejen. Det er tanken, at dette kan være en slags kontrolpunkt ved efterfølgende undersøgelser på andre vejbroer (figur 3).

Figur 4 viser støjen målt tæt ved vejen

| Støjkilde | Tydelighed, P [dB] | Tillæg KI [dB] |
|-------------------------------|--------------------|----------------|
| Hamren på metal | 9,2 - 10,1 | 7,6 - 9,2 |
| Økse i træ | 8,5 - 10,1 | 6,4 - 9,2 |
| Tryk tages af lufttank | 7,3 - 9,3 | 4,1 - 7,8 |
| Dørsmæk, bil | 8,3 | 5,9 |
| Kirkeklokker | 8,1 | 5,5 |
| Bilpassage i 7,5m v. 110 km/t | 5,8 | 1,4 |

Tabel 1. Tydelighed af typiske, "kendte" støjkilder og aktiviteter.



Figur 4. Vejstøjens karakter – støjniveau i dB som funktion af tid. Billedet øverst viser støjens karakter, målt over ca. 10 minutter kontrolposition P1 på broens side 1,5 meter over vejbanen. Det ses, at impulserne i støjen er meget hyppigt forekommende og meget markante tæt ved vejen. Det nederste billede viser tilsvarende impulser 450 meter fra broen. Her er der også tydelige impulser i støjen, men de almindelige fluktuationer af vejstøjen anes mere markant her.

(øverst) og på 450 meters afstand (nederst). Det kan tydeligt anes, at impulserne har stor betydning tæt ved vejen, hvor de er op mod 20 dB højere end den almindelige vejstøj. Længere væk er de ikke helt så tydelige i lydbilledet, men de anes dog stadig og viser sig også at være tydeligt hørbare.

Der blev målt støj i dagtimerne i sammenhængende perioder i op til 1 time hvert sted. For at sikre, at baggrundsstøjen (fx fra andre veje) ikke havde væsentlig indflydelse, blev perioderne yderligere delt i små perioder med mindst mulig forstyrrelse i forhold til tydeligheden af impulserne fra dilatationsfugerne. Herved sikres det også, at måleresultaterne i nogen grad også kan repræsentere en periode om aftenen og natten.

Et sammendrag af resultaterne ses i figur 5. Her er resultaterne af tydeligheden P optegnet som funktion af afstanden fra motorvejsbroen P1 (kontrolpositionen). Der

ses en rimelig god sammenhæng mellem impulsernes tydelighed og afstanden fra kontrolpositionen P1 ved broen. Jo større afstand fra broen, desto mindre er impulsernes tydelighed.

Subjektiv vurdering

Udover de objektive analyser af impulsernes tydelighed blev impulserne også bedømt subjektivt ved afspilning af lydoptagelserne via hovedtelefoner. Denne nyttige, men ikke særligt videnskabelige bedømmelse viste, at der er god overensstemmelse mellem den subjektive bedømmelse og de objektive analyser af tydelig hørbarhed. Ved den subjektive bedømmelse anvendtes en beskrivelse af tydeligheden som "Svag", "Lidt tydelig" og "Tydelig" (tabel 2).



Figur 3. Opstilling af målemikrofon ved Gudenåbroen (kontrolposition). Mikrofonen er opsat ud for en af broens dilatationsfuger.

| Subjektiv bedømmelse | Antal | Tydelighed, P [dB] | Variation, P [dB] |
|----------------------|-------|--------------------|-------------------|
| "Svag" | 14 | 5,2 | 2,9 – 6,7 |
| "Lidt tydelig" | 3 | 5,5 | 4,4 – 6,4 |
| "Tydelig" | 42 | 6,7 | 2,3 – 9,4 |

Tabel 2. Sammenhæng mellem subjektivt bedømt og objektivt målt tydelig hørbarhed af impulser fra Gudenåbroen.

Det skal understreges, at de udførte subjektive bedømmelser ikke hviler på et tilstrækkeligt stort antal uafhængige bedømmelser, idet kun én person har medvirket. Resultaterne skal derfor ses som en indikation af en mulig sammenhæng. I tabellen ses, at impulser med tydelighed P højere end 6-7 (6,7) må forventes at være særligt generende for naboerne. Af figur 5 kan dette omsættes til en afstand fra dilatationsfugen på op mod 5-600 meter. Det er et forholdsvis stort område langs broen, hvor der generelt set kan være boligbebyggelse.

Genetillæg for impulser

Støjen fra en **virksomhed** bestemmes som støjbelastningen L_T . Denne fremkommer som en gennemsnitsværdi over de værste 8 timer om dagen, den værste 1 time om aftenen og de værste 30 minutter om natten. For industristøj er der forskellige grænseværdier for hvert tidsrum.

Hvis støjen indeholder tydeligt hørbare impulser, skal der tillægges 5 dB, inden der sammenlignes med grænseværdien for den pågældende virksomhed.

Hvad har vi lært ved Gudenåbroen

Det er nyt, at Vejdirektoratet har afprøvet en metode til at vurdere støjgener fra kørsel over dilatationsfuger på en motorvejsbro. Resultaterne viste, at der er grund til at tage støjen fra dilatationsfuger alvorligt, særligt for brostykker ved boligområder – også selvom der er boliger i større afstand fra vejen.

På figur 2 ses et oversigtskort over området, herunder de beregnede støjniveauer

fra Vejdirektoratets strategiske støjkortlægning fra 2012 samt positioner for tre målinger af impulsstøj ved boliger. På baggrund af DELTA's undersøgelse for Vejdirektoratet blev det konkluderet, at impulserne fra kørsel over dilatationsfuger både kan "høres og måles i de undersøgte målepositioner. Nogle af impulserne er så tydelige, at de i langt de fleste tilfælde, hvis det havde været virksomhedsstøj, ville udløse tillæg til den målte L_{Aeq} -værdi på 5 dB på grund af forøget gene".

Ifølge Vejdirektoratets støjkortlægning er målepunkt 1 udsat for ca. 59-61 dB (L_{den}), målepunkt 2 ca. 58-60 dB (L_{den}), mens målepunkt 3 ligger væsentligt under 58 dB. For målepunkt 3 må det antages, at såfremt der tillægges 5 dB til vejstøjniveauet, vil dette overstige 58 dB (L_{den}), som Vejdirektoratet anser som grænsen for acceptabel støj ved boliger.

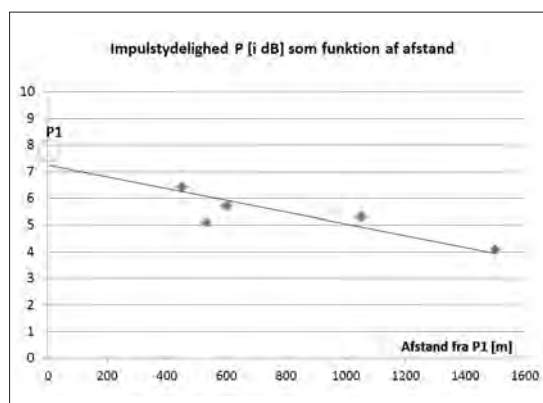
Ved Gudenåbroen vil man forsøge at justere asfaltbelægningen, så der er mindre niveauforskel mellem asfaltslidlaget og dilatationsfugerne. Det er håbet, at det kan nedsætte generne fra impulsstøjen. Der findes flere typer af dilatationsfuger på markedet, som er mere eller mindre stø-

Objektiv målemetode for impulser tydelighed

Hørbarheden og genevirkningen af impulser i støjen kan undersøges ved brug af en Nordtest-metode for impulser tydelighed – NT Acou 112. Metoden er også beskrevet på dansk i Orientering nr. 32 fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for støjmålinger: "Objektiv målemetode for impulser tydelighed og forslag til bestemmelse af genetillæggets størrelse".

Ved metoden analyseres impulsens stejlehed og styrke i forhold til den ikke-impulsagtige støj. Metoden karakteriserer impulsen ved tydeligheden P ("Prominence"). P angives efter denne metode som et tal mellem 1 og 15, hvor 1 svarer til, at personer opfatter impulsens karakter i det samlede støjbillede som "ingen impulskarakter", og 13 svarer til, at personer opfatter impulsens karakter i det samlede støjbillede som "dominerende".

jende. Samtidigt spiller økonomi ind, når en bro skal renoveres. Omkostningerne til dilatationsfuger kan variere betragteligt. Det er nærliggende, at der i drift- og vedligeholdelsesprogrammer indgår overvejelser om hensynet til støj i omgivelserne ved etablering eller udskiftning af dilatationsfuger på broer, ligesom afvejninger omkring omkostninger også indgår.



Figur 5. Impulstydighed P som funktion af afstanden fra dilatationsfugen. Gælder kun for Gudenåbroen. De røde punkter i grafen repræsenterer positioner, hvor vindforholdene ikke med sikkerhed er inden for den rette meteorologiske ramme.