

Nattstøy og søvnforstyrrelser



Utredning av indikator og grunnlag
for nasjonalt mål for reduksjon av
søvnforstyrrelser på grunn av støy

Nattstøy og søvnforstyrrelser

Utredning av indikator og grunnlag for nasjonalt mål for reduksjon av søvnforstyrrelser på grunn av støy

Rapport fra Arbeidsgruppen

Rapport 2013:1
Nasjonalt folkehelseinstitutt

Tittel:

Nattstøy og søvnforstyrrelser
Utredning av indikator og grunnlag for nasjonalt
mål for reduksjon av søvnforstyrrelser
på grunn av støy

Arbeidsgruppen har bestått av:

Gunn Marit Aasvang, FHI
Kåre Liasjø, Avinor
Runar Simonsen, JBV
Ratab-Ul-Lissan Malik, Helena Gabriella Axelsson VD/Statens vegvesen
Øystein Valdem, FVB
Svein Klausen, Klif
Aslak Fyhri, TØI

Utgitt av Nasjonalt folkehelseinstitutt
Postboks 4404 Nydalen
0403 Oslo
Januar 2013
Tel: +47-21 07 70 00
E-mail: folkehelseinstituttet@fhi.no
www.fhi.no

Bestilling:

E-post: publikasjon@fhi.no
Telefon: +47-21 07 82 00
Telefaks: +47-21 07 81 05

Design:

Per Kristian Svendsen

Layout:

Grete Sømmer

Foto:

© Colourbox

Trykk:

wj.no

Opplag:

100

ISSN: 1503-1403
ISBN: 978-82-8082-535-3 trykt utgave
ISBN: 978-82-8082-536-0 elektronisk utgave

Forord

Ifølge handlingsplan mot støy 2007 – 2011 ønsker regjeringen å arbeide for å få på plass et eget mål for reduksjon av søvnforstyrrelser på grunn av støy. På bakgrunn av dette fikk Folkehelseinstituttet (FHI) i 2010 i oppdrag av Helse- og omsorgsdepartementet (HOD) å utrede en indikator for nattstøy og fremskaffe et grunnlag for et nasjonalt mål for reduksjon av søvnforstyrrelser som skyldes støy.

FHI nedsatte og ledet en arbeidsgruppe bestående av Avinor, Jernbaneverket (JBV), Vegdirektoratet (VD)/Statens vegvesen, Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif), Transportøkonomisk institutt (TØI) og Forsvarsbygg (FVB), hvor alle har deltatt med 1-2 representanter.

Arbeidsgruppen har bestått av:

Gunn Marit Aasvang, FHI

Kåre Liasjø, Avinor

Runar Simonsen, JBV

Ratab-UI-Lissan Malik, Helena Gabriella Axelsson VD/Statens vegvesen

Øystein Valdem, FVB

Svein Klausen, Klif

Aslak Fyhri, TØI

I tillegg har deltakerne involvert fagmiljøer i de respektive etater. Arbeidsgruppen har hatt møter annenhver måned siden oppstarten i januar 2011. Gruppen har hatt regelmessig kontakt med Helse- og omsorgsdepartementet og Helsedirektoratet for oppfølging av arbeidet.

Innhold

| | |
|---|-----------|
| Forord | 3 |
| Sammendrag..... | 7 |
| 1 Innledning..... | 9 |
| 1.1 Bakgrunn for rapporten..... | 9 |
| 1.1.1 Handlingsplan mot støy | 9 |
| 1.1.2 Mål for reduksjon av søvnforstyrrelser som følge av støy..... | 10 |
| 1.2 Overvåking av støy – nasjonal støymodell..... | 11 |
| 1.3 Rapportens mandat, utforming og avgrensninger..... | 11 |
| 2 Søvn, helse og støypåvirkning | 12 |
| 2.1 Søvn og helse | 12 |
| 2.2 Støy og søvn | 13 |
| 2.2.1 Virkninger på fysiologiske søvnparametere | 13 |
| 2.2.2 Virkninger på selvrapporterte søvnproblemer | 15 |
| 2.2.3 Nattstøy og helse | 18 |
| 2.3 Kvantifisering av helsebelastning som følge av støy | 20 |
| 2.4 Samfunnsøkonomiske kostnader som følge av nattstøy | 21 |
| 2.5 Sosial ulikhet og støy..... | 21 |
| 3 Aktuelt regelverk for støy | 23 |
| 3.1 Forurensningsforskriften del 2, kap. 5. Støy - kartlegging, handlingsplaner og tiltaksgrenser for eksisterende virksomhet..... | 23 |
| 3.2 Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442/2012) | 24 |
| 3.3 Lov om folkehelsearbeid (folkehelseloven) | 25 |
| 4 Kartlegging av støy og tilgjengelige data..... | 26 |
| 4.1 Vegtrafikkstøy..... | 26 |
| 4.1.1 Kartlegging av støy og datagrunnlag | 26 |
| 4.1.2 Antall personer eksponert for vegtrafikkstøy | 27 |
| 4.1.3 Usikkerhet i beregninger og svakheter i beregningsgrunnlaget..... | 28 |
| 4.1.4 Sammenheng mellom ulike måleparametere | 28 |
| 4.2 Jernbanestøy..... | 29 |
| 4.2.1 Kartlegging av støy, datagrunnlag og omfang..... | 29 |
| 4.2.2 Antall personer eksponert for jernbanestøy | 30 |
| 4.2.3 Usikkerhet i beregninger og svakheter i beregningsgrunnlaget..... | 31 |
| 4.2.4 Sammenheng mellom ulike måleparametere | 31 |

| | |
|---|-----------|
| 4.3 Støy fra trikk/T-bane | 32 |
| 4.3.1 Støykartlegging og beregningsmetoder | 32 |
| 4.3.2 Antall personer eksponert for støy fra trikk og T-bane. | 32 |
| 4.3.3 Svakheter i modellen og forbedringspotensial | 33 |
| 4.4 Flystøy | 33 |
| 4.4.1 Kartlegging av støy, datagrunnlag og omfang | 33 |
| 4.4.2 Antall personer eksponert for flystøy..... | 34 |
| 4.4.3 Usikkerhet og svakheter i beregningene | 36 |
| 4.4.4 Sammenheng mellom ulike måleparametere | 36 |
| 4.5 Støy fra industri og næringsvirksomhet | 39 |
| 4.5.1 Kartlegging av støy, datagrunnlag og omfang | 39 |
| 4.5.2 Antall personer eksponert for støy fra industri og næringsvirksomhet | 39 |
| 4.6 Andre relevante datakilder | 40 |
| 4.6.1 SSBs levekårsundersøkelser og befolkningsgrunnlag | 40 |
| 5 Grunnlag for valg av indikator..... | 41 |
| 5.1 Direkte måling av støyrelaterte søvnforstyrrelser | 41 |
| 5.2 Indirekte måling med utgangspunkt i eksponering for nattstøy | 41 |
| 5.2.1 Utendørs versus innendørs støynivå som grunnlag for indikator..... | 41 |
| 5.2.2 A-veid tidsmidlet versus maksimalt lydtryknivå som utgangspunkt for indikator..... | 42 |
| 5.3 L_{night} som utgangspunkt for indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser..... | 44 |
| 5.3.1 Svakheter i kartlegging og beregningsgrunnlag..... | 45 |
| 5.3.2 Svakheter ved L_{night} som grunnlag for prediksjon av søvnforstyrrelser | 45 |
| 6 Forslag til indikator og begrunnelse..... | 47 |
| 6.1 Oversikt over datagrunnlag per i dag..... | 48 |
| 6.2 Indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser inn i nasjonal støymodell | 51 |
| 7 Mulige støyreduserende tiltak | 52 |
| 7.1 Vegtrafikkstøy..... | 52 |
| 7.2 Jernbanestøy..... | 53 |
| 7.3 Flystøy | 53 |
| 7.4 Støy fra industri og næringsvirksomhet | 54 |
| 7.5. Støyhensyn ved planlegging, utbygging og forvaltning | 54 |
| 8 Videre forsknings- og utredningsarbeid..... | 55 |
| Referanser..... | 57 |
| Vedlegg..... | 61 |

Sammendrag

Arbeidet med denne rapporten er en oppfølging av forslagene i *Fornytt satsning mot støy* (2006) og *Handlingsplan mot støy* (2007 – 2011). Som anbefalt i disse rapportene, besluttet regjeringen å arbeide for å få på plass et eget mål for reduksjon av søvnforstyrrelser.

I denne rapporten har en bredt sammensatt arbeidsgruppe sammenfattet tilgjengelig dokumentasjon som kan danne grunnlag for en indikator for søvnforstyrrelser forårsaket av nattstøy. Det er videre dokumentert kunnskap om betydning av god søvn for helsen samt virkninger av støy på søvn og helse som begrunnelse for videre arbeid med reduksjon av nattstøy.

Som grunnlag for en indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser er det gjennomgått tilgjengelig vitenskapelig dokumentasjon på hvilke måleparametere for støy på natt som best predikerer negative virkninger på søvn og helse. Videre er det beskrevet hvilke måleparametere for støy som kartlegges, tilgjengelige data og omfanget av støykartlegging i Norge for de ulike kilder. Arbeidsgruppen har i sitt arbeid inkludert støy fra vegtrafikk, skinnegående trafikk, luftfart (sivil og militær) samt støy fra industri og næringsvirksomhet.

På bakgrunn av en drøfting av de ulike støyparametere, hovedsakelig maksimalt ($L_{p,AF,max}$) og tidsmidlet støynivå på natt (L_{night}), har arbeidsgruppen kommet frem til at per i dag er utendørs tidsmidlet støynivå på natt, L_{night} , best egnet som grunnlag for å beskrive mulige langtidsvirkninger av nattstøy på søvn og helse. Selv om det ikke foreligger god vitenskapelig dokumentasjon for sammenhenger mellom L_{night} og andre helseutfall enn søvnforstyrrelser, er det rimelig å anta at en reduksjon av L_{night} også vil redusere mulige langtidsvirkninger som følge av nattstøy.

Arbeidsgruppens anbefaling er at tidsmidlet støynivå på natt, L_{night} , benyttes som utgangspunkt for en indikator for søvnforstyrrelser som følge av støy. Det anbefales at L_{night} beregnes ned til 45 dB. Som primærindikator anbefaler gruppen «Antall personer som opplever søvnforstyrrelser på grunn av støy». For de kilder det ikke foreligger eksponerings-responssammenhenger for, anbefales indikatoren «Antall personer utsatt for $L_{night} > 45$ dB». Per i dag er slike sammenhenger utviklet for støy fra vegtrafikk, sivil luftfart og jernbane.

Videre pekes det på svakheter ved bruk av L_{night} som utgangspunkt for en indikator og forslag til mulige forbedringer og videre arbeid.

Arbeidsgruppen har valgt å legge eksponerings-responssammenhengene fra en stor internasjonal sammenstilling av data til grunn for beregning av antall personer som opplever søvnforstyrrelser som følge av støy. Det bør imidlertid gjøres flere studier i Norge for å vurdere gyldigheten av disse sammenhengene for norske forhold.

Per i dag rapporterer etatene data på antall utsatte personer for ulike nivåer av L_{night} i tråd med krav i foretaksloven. Kun fylkesvis statistikk på antall personer bosatt i ulike boenheter er tilgjengelig i etatenes beregninger. For å etablere en mer systematisk og nasjonal kartlegging med bedre befolkningsgrunnlag for beregningene, foreslår arbeidsgruppen at beregninger av L_{night} og indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser inkluderes i nasjonal støymodell. Spesifikke beregninger av støynivå om natten ligger ikke inne i den nasjonale støymodellen til SSB per i dag, men det er grunnlag for dette dersom de ulike etater bistår med data.



Svært mange mennesker i Norge er utsatt for støy fra transport, industri og annen næringsvirksomhet. Statistisk sentralbyrå (SSB) har estimert at om lag 1,5 millioner nordmenn er utsatt for gjennomsnittlig støyinnivå over døgnet utenfor bolig som overskrider de anbefalte verdier på 55 dB (SSB, 2009, Miljøstatus.no). Bortimot en halv million mennesker antas å være svært plaget av støy (SSB, 2007, Miljøstatus.no). I levekårsundersøkelsene utført av SSB har over flere år rundt fem prosent av befolkningen angitt at de har problemer med søvnen på grunn av støy (SSB, 2008). Blant de godt dokumenterte virkningene av trafikkstøy, anses forstyrrelse av søvn for å være blant de mest alvorlige (Berglund m.fl., 2000).

1.1 Bakgrunn for rapporten

1.1.1 Handlingsplan mot støy

I *Handlingsplan mot støy (2007-2011)*¹ som ble utarbeidet av Miljøverndepartementet, Samferdselsdepartementet og Helse- og omsorgsdepartementet er det foreslått en rekke tiltak for å redusere de negative virkningene av støy. Det ble også lagt opp til forsknings- og utredningsprosjekter som grunnlag for å gjennomføre gode tiltak i tiden frem mot 2020 for å nå de nasjonale støymålene. Handlingsplanen fokuserer på de viktigste støykildene: vegtrafikk, fly, jernbane, industri og annen næring. Samferdselssektoren står for nesten 90 prosent av de registrerte støyplagene, og vegtrafikken alene for nærmere 80 prosent.

Som bakgrunn for arbeidet med nasjonale støymål og handlingsplan ble rapporten *Fornytt satsning mot støy* utarbeidet i 2006². I denne rapporten ble det påpekt at ut fra et helseperspektiv kan det ha betydning hvilken/hvilke indikator(er) det nasjonale målet for støy relateres til, og valg av indikator kan ha betydning for hvilke tiltak og områder som prioriteres for å nå en målsetting om redusert støyplage. Direktoratgruppen anbefalte derfor at indikatorer for å måle støybelastningen i Norge skulle dekke tre ulike forhold:

1. Totalt problemomfang og generell støyreduksjon.
2. Problemomfang og tiltak/støyreduksjon for støyutsatte som har høye støyinnivåer.
3. Søvnforstyrrelser som følge av støybelastning om natten.

I rapporten foreslo Direktoratgruppen i første omgang å ha et todelt nasjonalt mål, som både tar hensyn til den generelle støyplageutviklingen i samfunnet, og et eget mål for dem som er utsatt for de høyeste støyinnivåene, og dermed er mest utsatt for helseeffekter som følge av støy.

Dette ble fulgt opp i stortingsmelding 26 (2006-2007), regjeringens miljøpolitikk og rikets miljøtilstand, hvor følgende nasjonale mål for støy er gitt:

1. Støyplagen skal reduseres med 10 prosent innen 2020 i forhold til 1999.
2. Antall personer utsatt for over 38 dB innendørs støyinnivå skal reduseres med 30 prosent innen 2020 i forhold til 2005.

På et senere tidspunkt ble det foreslått at det i tillegg vurderes et eget nasjonalt mål for reduksjon av søvnforstyrrelser.

¹ http://www.regjeringen.no/Upload/MD/Vedlegg/Planer/Handlingsplan_mot_stoy_2007_2011.pdf

² http://www.klif.no/arbeidsomr/stoy/stoy_fornyetsatsing.pdf

1.1.2 Mål for reduksjon av søvnforstyrrelser som følge av støy

Som anbefalt i *Handlingsplan mot støy* (2007-2011) og *Fornytt satsning mot støy* (2006), besluttet regjeringen å arbeide for å få på plass et eget mål for reduksjon av søvnforstyrrelser. Som grunnlag for et slikt nasjonalt mål er det nødvendig å utvikle en hensiktsmessig indikator. Arbeidet med å utvikle en slik indikator ble valgt å utsettes til man hadde etablert en bedre oversikt over nattstøy fra de største kildene. Grunnlag for målsettingen skulle fremskaffes tidlig i handlingsplanperioden, med sikte på å fremme et mål for reduksjon av støyinduserte søvnforstyrrelser med tilhørende tiltak i forbindelse med at handlingsplanen for neste periode fra og med 2012 legges frem.

Per i dag foreligger mangelfull oversikt over omfanget av søvnforstyrrelser som skyldes støy fra samferdsel og industri/næringsvirksomhet. I SSBs levekårsundersøkelser fra 1997 og 2004, hvor det anslås at 5 % opplever søvnforstyrrelser av støy, er det ingen informasjon om hvilke støykilder som bidrar til dette. Før EUs rammedirektiv for støy (direktiv 2002/49/EF) ble implementert i forurensningsforskriftens kapittel 5 om støy, var det lite fokus på kartlegging av nattstøy. Første gang nattstøy (L_{night} ³) ble kartlagt etter forurensningsforskriften var i 2007. Per i dag har man derfor noe bedre oversikt over støynivåer på natten for de mest belastede områder, men det foreligger ingen nasjonal og systematisk kartlegging av nattstøy. I regelverk som omhandler støy er det benyttet ulike mål på støy, som A-veid tidsmidlet lydtryknivå over døgnet, $L_{p,A,24h}$ samt A-veid dag-kveld-natt lydtryknivå, L_{den} og A-veid lydtryknivå for nattperioden på 8 timer, L_{night} jf. EUs rammedirektiv for støy. Videre benyttes ulike parametere for A-veid maksimalt lydtryknivå, som $L_{p,AF,max}$, $L_{p,AS,max}$, $L_{p,AI,max}$ som er mål på den eller de vanlig høyeste støytoppene, eller statistisk maksimalverdi av A-veid lydtryknivå for hendelsene L_{5AF} ⁴, L_{5AS} ⁵ som representerer A-veid lydnivå som overskrides av 5 % av hendelsene i løpet av en nærmere angitt periode (se vedlegg for nærmere beskrivelse av de ulike støyparameterne). I henhold til regelverk har kartlegging av maksimalnivåer for støy hovedsakelig vært gjeldende for nattperioden.

I EUs rammedirektiv for støy (European Commission, 2002) er L_{den} og L_{night} foreslått som indikatorer for å overvåke støysituasjonen. L_{den} er A-veid tidsmidlet lydnivå for hele døgnet, hvor lydnivå på kveld (19.00-23.00) er tillagt en vektning på 5 dB og natt (23.00- 07.00) en vektning på 10 dB, for å ta hensyn til at støvirkningene er ekstra store på kveld og natt. L_{night} er tidsmidlet lydnivå for nattperioden definert fra kl. 23.00 til 07.00. L_{den} og L_{night} er foreslåtte indikatorer for henholdsvis generell støyplage og støyinduserte søvnforstyrrelser i EUs rammedirektiv for støy.

I 2009 publiserte Verdens helseorganisasjon (WHO) nye retningslinjer for nattstøy, *Night Noise Guidelines for Europe* (WHO, 2009). Denne rapporten oppsummerer også det faglige grunnlaget for sammenhenger mellom trafikkstøy, søvn og helse, og kommer med forslag til anbefalte nivåer for nattstøy. WHO anbefaler to grenser; en retningslinje for nattstøy – Night Noise Guideline (NNG), og en foreløpig målsetning – Interim Target (IT). De gitte grenser er valgt for å gi beskyttelse mot de helseeffekter som støy på natt kan medføre (Tabell 1.1).

Tabell 1.1. Anbefalte grenser i Night Noise Guidelines for Europe, (WHO, 2009)

| | |
|-----------------------------|---|
| Night Noise Guideline (NNG) | $L_{\text{night, outside}} = 40 \text{ dB}$ |
| Interim Target (IT) | $L_{\text{night, outside}} = 55 \text{ dB}$ |

Dette arbeidet synliggjør en økt fokusering på nattstøy og betydningen av å redusere omfanget av søvnforstyrrelser som følge av støy.

I 2011 kom rapporten *Burden of Disease from Environmental Noise* (WHO, 2011) hvor det for første gang ble gjort en kvantifisering av helsebelastning som følge av støy i form av DALYs (*Disability Adjusted Life Years*) samlet for EU-regionen og Norge. Her ble bl.a. støyplage, støyrelaterte søvnforstyrrelser og hjerte-karsykdom omregnet til tapte leveår, og blant de støyrelaterte helsevirkningene var det søvnforstyrrelser som ga det største bidraget. Også spesifikke beregninger for Norge tyder på at blant de negative virkninger av støy er det søvnforstyrrelser som bidrar med den største andelen av tapte funksjonsfriske leveår (Aasvang, 2012). Dette synliggjør viktigheten av å fokusere på reduksjon av nattstøy for å redusere de negative helsevirkningene av støy.

³ Tilsvarende L_n eller den norske oversettelsen L_{natt} som benyttes i NS 8175:2012

⁴ Tilsvarende $L_{p,AF,max95}$ i NS 8175:2012

⁵ Tilsvarende $L_{p,AS,max95}$ i NS 8175:2012

1.2 Overvåking av støy – nasjonal støymodell

For å overvåke støyproblemene i Norge har SSB, i samarbeid med Klif, Statens vegvesen, JBV, Avinor og FVB, etablert en nasjonal støymodell (Engelien m.fl., 2004). Modellen utnytter eksisterende kartlegginger av støy, men gjør tilleggsberegninger der hvor støyberegninger ikke tidligere er gjort.

For å følge utviklingen i støyplage og arbeid med det første nasjonale målet, er det utviklet en indikator for støyplage – *støyplageindeks* – SPI. For å tallfeste denne indikatoren, beregner støymodellen antall personer utsatt for ulike nivåer av A-veid tidsmidlet støynivå over døgnet, $L_{p,A,24h}$. Ut fra dette beregnes støyplageindeksen (SPI) basert på etablerte sammenhenger mellom støynivå og støyplage for de ulike kilder (Miedema og Oudshoorn, 2001). SPI er beregnet for hele landet for 1999 og de påfølgende år for støy fra veg, jernbane, luftfart, industri og næringsvirksomhet. Ambisjonsnivået er å gi årlig status og trender for støyeksponert befolkning for land og fylker samt de mest folkerike kommunene.

SSB skal også beregne det nasjonale målet for antall personer utsatt for over 38 dB *innendørs støynivå* ($L_{p,A,24h}$) fra de samme kilder som nevnt over, ved neste oppdatering av målberegning i 2012. Per i dag er kun utendørs og innendørs støynivå i form av tidsmidlet støynivå over døgnet ($L_{p,A,24h}$) inkludert i modellen, og beregninger av støynivå særskilt for natten er ikke inkludert i støymodellen.

1.3 Rapportens mandat, utforming og avgrensninger

Arbeidsgruppens mandat gitt som oppdrag fra Helse- og omsorgsdepartementet er:

- Å utrede en indikator for søvnforstyrrelser som følge av støy.
- Å utrede grunnlaget for et nasjonalt mål for søvnforstyrrelser som følge av støy.

For å utrede en indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser har arbeidsgruppen dokumentert tilgjengelig kunnskap om sammenhenger mellom støy fra ulike kilder og virkninger på søvn. Det er vektlagt å vurdere ulike måleparametere for støy, og i hvor stor grad de ulike måter å beskrive støyeksponering på kan beskrive negative effekter på søvnkvalitet og helse. Videre har det vært viktig å dokumentere arbeid med kartlegging av støy og antall støyeksponerte, med vekt på nattstøy, og hvordan dette er forankret i regelverk for støy. Vi har sett på andre alternative datakilder som for eksempel levekårsundersøkelsene, som hvert tredje år har hatt med spørsmål om opplevelse av støy siden 1997, blant annet søvnforstyrrelser. Det har også vært vektlagt å dokumentere søvnens betydning for fysisk og mental helse, og vi har inkludert beregninger av sykdomsbyrde for trafikkstøyrelaterte søvnforstyrrelser i form av DALYs. Videre har vi fått Klif til å gjennomføre beregninger av hva støyrelaterte søvnforstyrrelser som følge av vegtrafikkstøy koster samfunnet årlig, det vil si det samme som den potensielle nytten man kan utløse ved å gjennomføre tiltak på støy.

Arbeidsgruppen har valgt å begrense arbeidet til støy fra vegtrafikk, jernbane, luftfart, industri- og næringsvirksomhet. Det er disse kildene som bidrar med mest støy i bomiljø, og det er støy fra disse kildene som inngår i *Handlingsplan mot støy* (2007-2011), og derfor er gjenstand for en mer systematisk kartlegging. Arbeidsgruppen erkjenner at det også er andre kilder som kan forårsake nattstøy, slik som støy fra vindmøller, bygg og anlegg, havner og terminaler, musikkkanlegg, skytebaner, nærmiljøanlegg og annen nabolagsstøy. Disse kildene er ikke inkludert i dette arbeidet da det per i dag enten ikke er grunnlag for systematisk kartlegging av støy fra disse kildene, er mer sjeldent forekommende i nattperioden, eller at det er mangel på kunnskap om deres virkninger på søvn.

Det lå ikke innenfor oppdraget å komme med konkrete forslag til nasjonale mål for reduksjon av søvnforstyrrelser som følge av nattstøy. Utredning og etablering av en indikator for overvåking av støyinduserte søvnforstyrrelser, i tillegg til å vurdere samfunnsøkonomiske kostnader og helsebelastning, vil være et viktig grunnlag for en videre evaluering av en nasjonal målsetning.

Nedenfor gis en oppsummering av kunnskap om betydningen av god søvn for psykisk og fysisk helse. Deretter omtales forskningsbasert kunnskap om hvordan støy påvirker søvnkvalitet og andre mulige negative virkninger av nattstøy på helsen. Videre er det gjort en vurdering av helsebelastning samt samfunnsøkonomiske kostnader som følge av støyrelaterte søvnforstyrrelser for den største kilden, vegtrafikkstøy.

2.1 Søvn og helse

Søvn er en naturlig hviletilstand som er avgjørende for at vi skal fungere godt både fysisk og psykisk. De fleste kroppslige funksjoner endres under søvn; blodtrykk og puls reduseres, og utskilling av hormoner endres. Blant annet økes utskilling av veksthormoner som bidrar til reparasjoner og gjenoppbygging av kroppens celler og vev. Det mest karakteristiske ved søvnen er likevel at hjernens aktivitet er endret. Søvnen følger et syklisk mønster hvor hjerneaktiviteten varierer, og man skiller mellom 5 ulike stadier: stadium 1-4 samt REM-søvn. Stadium 1 og 2 kalles gjerne lett søvn, og 3 og 4 dyp søvn. REM-søvn er trolig den fasen av søvnen hvor de fleste drømmer forekommer, og man antar at dette søvnstadiet er viktig for hukommelse og læring, samt for hjernens utvikling, ettersom barn har mye REM-søvn.

Søvnbehovet varierer fra person til person og er avhengig av blant annet alder. Spedbarn sover 16-18 timer i døgnet. Barn i skolealder sover 9-12 timer i døgnet. Voksnes søvnbehov er 6-9 timer i døgnet. En del eldre har færre timer med nattesøvn, men har behov for å hvile en eller flere ganger i løpet av dagen. Søvnbehovet påvirkes også av andre faktorer. Både fysisk og psykisk sykdom og ulike påkjenninger kan medføre økt behov for søvn.

De senere år har det vært lagt økende vekt på søvnproblemer, søvnlidelser og betydning av søvn for helsen. Søvnproblemer er svært vanlige. Undersøkelser fra en rekke land viser at nærmere en tredjedel av befolkningen rapporterer ukentlige søvnvansker (Ohayon, 2002). Andelen med mer alvorlige, kroniske søvnproblemer forekommer hos rundt 10 % av den voksne befolkning (Bjørvatn m.fl. 2009). De mange negative konsekvensene av søvnvansker er godt dokumentert. Utilstrekkelig søvn fører til søvnighet, nedsatt sinnsstemning, redusert yteevne og økt reaksjonstid, noe som igjen øker risiko for ulykker (Bonnet, 1989; Drummond og Brown; 2001, Horne og Reyner, 2001). Søvmangel over en lengre periode er videre forbundet med økt risiko for angst og depresjoner (Neckelmann m.fl., 2007). Det er også påvist sammenhenger mellom utilstrekkelig søvn og økt risiko for diabetes, overvekt og hjerte-karsykdom (Knutson, 2012; Luyster m.fl., 2012). Flere norske undersøkelser har vist at søvnvansker er en sterk og uavhengig risikofaktor for både langtidssykefravær og uførepensjon (Sivertsen m.fl., 2006; Sivertsen m.fl., 2009). Å fremme god søvnkvalitet er derfor svært viktig for å forebygge en rekke helseproblemer. I en rapport fra FHI (Major m.fl., 2011) er det foreslått 10 tiltak for å fremme psykisk helse. Et av disse tiltakene er knyttet til forebygging av søvnproblemer. Søvnproblemer er kanskje landets mest utbredte og undervurderte folkehelseproblem og er også debutproblem ved de fleste psykiske lidelser (Major m.fl., 2011).

2.2 Støy og søvn

Støy defineres gjerne som uønsket lyd eller lyd som kan være helseskadelig. Svært høye (impuls)lyder eller langvarig utsettelse for høye lydnivåer kan skade hørselen. Lyd eller støy fra samferdsel, industri og annen næringsvirksomhet i bomiljøområder når ikke opp i nivåer som er skadelig for hørselen, men kan gi forstyrrelser og oppleves som plagsomt. Støy kan virke som en uspesifikk stressfaktor både på dagtid og på natten. Det er store individuelle forskjeller i hvordan vi opplever støy, og virkningene er avhengige av så vel akustiske faktorer som forhold ved situasjonen og personen som opplever støyen.

Søvnforstyrrelser anses for å være blant de alvorligste virkningene av støy i bomiljø. Selv om sanseintrykk er sterkt nedsatt under søvn, er det vist at hjernen oppfatter lyder også når vi sover, og høye lyder vil kunne føre til oppvåkninger. I tillegg kan støy forsinke innsøvning og føre til mer fragmentert og lettere søvn. En rekke studier med ulike metoder, både for søvn- og støymåling, har vist at støy på natten kan forstyrre søvn (Muzet, 2007; FHI, 2003). Mange av studiene er gjort i laboratoriet, mens andre er gjennomført hjemme der folk bor eller som spørreundersøkelser. Søvnforstyrrelser har vært målt fysiologisk (polysomnografi, aktimetri) eller ved spørreskjemaer (selvrapportert søvn). Videre er støyen enten presentert via høyttalere (i laboratoriet) eller man har undersøkt personer som er eksponert for støy der de bor. Støyeksposeringen er enten målt eller beregnet, og ulike måleparametere er benyttet, oftest A-veid tidsmidlet støynivå for natten eller for en individuell søvnperiode, et mål for maksimalt støynivå ($L_{p,AF,max}$ el.) eller lydeksponeringsnivå (L_{AE}) (vedlegg).

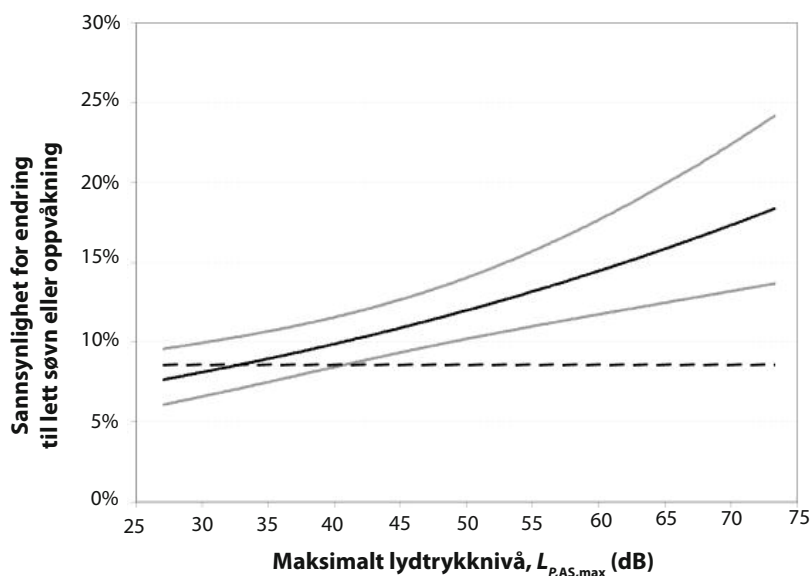
Nedenfor gis en oppsummering av kunnskap om hvordan støy påvirker søvnkvalitet, både fysiologisk målte og selvrapporterte søvnproblemer, hvor forskning som har undersøkt eksponerings-responssammenhenger er vektlagt. Videre blir det omtalt forskning som har undersøkt virkninger av nattstøy på andre helseutfall.

2.2.1 Virkninger på fysiologiske søvnparametere

De fleste studier av støyvirkninger på fysiologiske søvnparametere er gjennomført i en laboratoriesituasjon, hvor man har relativt god kontroll med både akustiske og andre forhold av betydning. Ulempen med slike studier er at de er svært kostnads- og ressurskrevende, og derfor er det ofte små grupper (10-40 personer) som blir gjenstand for undersøkelse. I tillegg viser ofte resultater fra laboratoriet sterkere effekter av støy enn dem man finner når man undersøker personer i deres vante miljø (Pearsons m.fl., 1995).

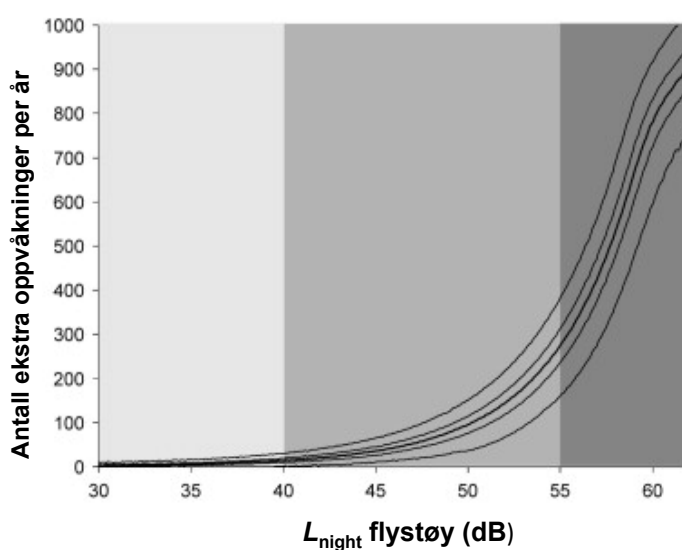
I større feltstudier av støyinduserte søvnforstyrrelser er flystøy den støykilden som er hyppigst undersøkt. Med feltstudier menes her at de fysiologiske søvnmålingene er foretatt på personer hjemme der de bor. Det må imidlertid påpekes at de undersøkelser som er gjort i all hovedsak er relatert til sivil flyaktivitet. De langt fleste studier av fysiologisk målte søvnforstyrrelser som følge av vegtrafikk og jernbanestøy er gjort under eksperimentelle laboratoriebetingelser.

Fysiologiske målinger av søvn ved hjelp av såkalt polysomnografi innebærer at elektroder festes til standardiserte punkter på hodet og hjerneaktiviteten måles under søvn. Denne metoden er den eneste objektive metoden som kan skille mellom de ulike søvnstadiene, og er ansett som "gullstandarden" for måling av søvn. Slike studier har vist at trafikkstøy kan forsinke innsøvning, føre til lettere søvn og gi flere oppvåkninger (Basner m.fl., 2008a, 2011; Griefahn m.fl., 2006). Andelen dyp søvn og REM-søvn, som anses som de viktigste søvnstadiene, reduseres når støynivåene øker (Jürriens m.fl., 1983; Aasvang m.fl., 2011). Det er først og fremst maksimalt støynivå for enkelthendelser som kan predikere sannsynligheten for en endring i søvnstadium eller en oppvåkning. Figur 2.1 (side 14) viser sammenheng mellom maksimalt støynivå fra flystøyhendelser og sannsynlighet for umiddelbar innvirkning på søvn. Enkelthendelser for andre støykilder kan ha en annen effekt, avhengig av varigheten og andre akustiske forhold.

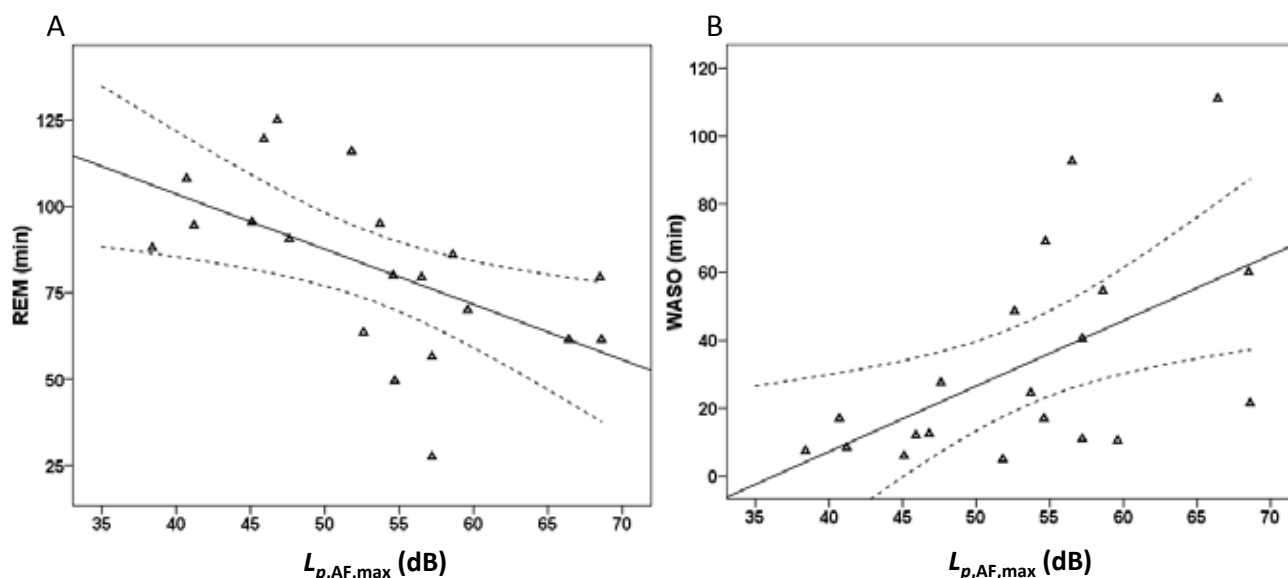


Figur 2.1. Sannsynlighet for søvnstadiumendring til lett søvn (Stadium 1) eller oppvåkning som funksjon av maksimalt lydtrykknivå av flystøy i soverom (sort linje) med 95 % konfidensintervall (grå linjer). Stiplet linje viser sannsynlighet for spontane endringer i søvnstadium, inkludert oppvåkning ved fravær av støy (Basner m. fl., 2006).

Spontane oppvåkninger av kort varighet er helt normalt og skjer med en viss hyppighet også ved fravær av støy eller andre forstyrrelser. Derfor er det forsøkt å estimere ved hvilke nivåer støy øker sannsynligheten for oppvåkninger utover de spontane oppvåkningene. Sannsynligheten for akutte innvirkninger på søvn i form av endringer til lettere søvn og oppvåkninger, er funnet å øke når maksimalt støynivå overstiger om lag 35 dB i soverommet (figur 2.1). I tillegg vil antall hendelser ha betydning for totalomfanget av søvnforstyrrelser i løpet av natten. Data fra en større tysk undersøkelse er blitt benyttet til å predikere sammenhenger mellom L_{night} og sannsynlighet for oppvåkninger som følge av støy. Disse kurvene er basert på eksponerings-respons-sammenhenger for enkelthendelser. Figur 2.2. viser estimert antall ekstra oppvåkninger (utover de spontane) som funksjon av L_{night} utenfor soverom. Dette er resultater basert på de mest omfattende målinger av søvn og måling av støynivå både utenfor og i soverom, men er kun gjort for flystøy (Basner m.fl., 2006; EEA, 2010).



Figur 2.2 Gjennomsnittlig antall tilleggsoppvåkninger (målt fysiologisk/EEG) per år som funksjon av L_{night} for flystøy (Basner m.fl., 2010, European Environment Agency (EEA), 2010).



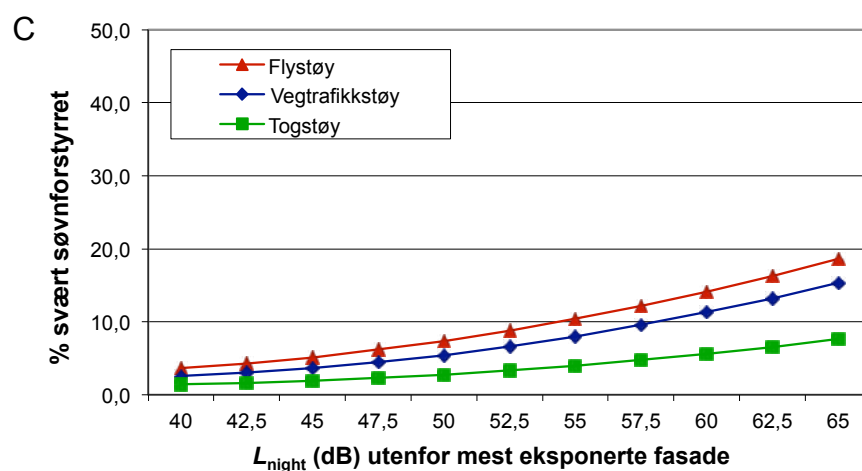
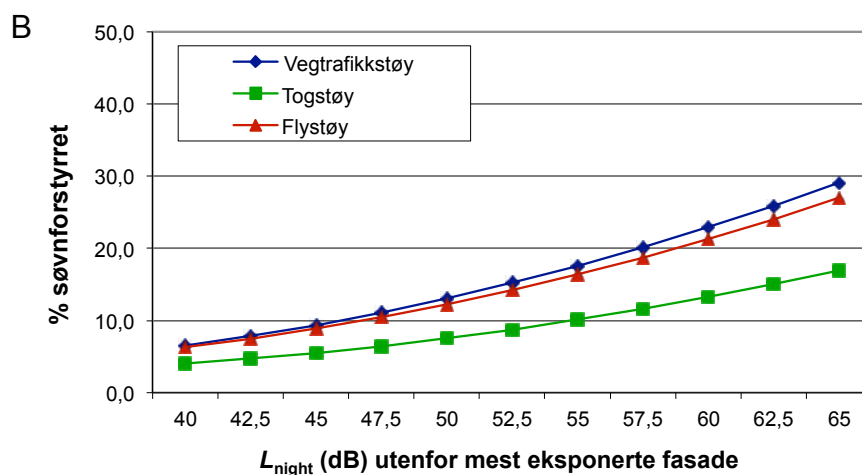
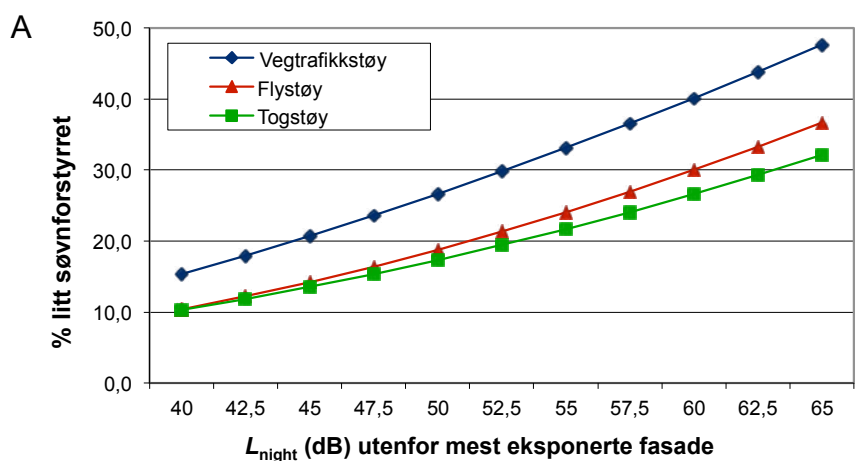
Figur 2.3. Sammenhenger mellom A-veid maksimalt støynivå fra tog på natt (i soverom) og (A) tid (minutter) i REM søvn og (B) tid (minutter) i våken tilstand (WASO = wake time after sleep onset). Hvert punkt er data fra en person og linjene viser hhv. regresjonslinje (heltrukken) og 95 % konfidensintervall (stiplede linjer).

I en norsk studie gjennomført av FHI ble 40 personer undersøkt hjemme der de bodde, 20 av disse var utsatt for støy fra vegtrafikk og 20 personer bodde i nærheten av en jernbanelinje (Aasvang m.fl., 2011). Støymålinger ble foretatt rett utenfor og i soverommet samtidig med at søvn ble målt fysiologisk med polysomnografi. Resultatene viste at maksimalt støynivå for togstøy var signifikant negativt korrelert med antall minutter i REM-søvn (figur 2.3A) og positivt korrelert med andel av tiden i våken tilstand (figur 2.3B). Sammenhengene var noe svakere, men fremdeles signifikante når tidsmidlet støynivå for nattperioden ble brukt som parameter. Imidlertid var korrelasjonen mellom maksimalt og tidsmidlet støynivå for natt, basert på de målte nivåer av togstøy, svært høy ($r=0,83$, $P<0,01$). Tilsvarende sammenhenger mellom maksimalt støynivå fra vegtrafikk og søvn ble ikke funnet, trolig på grunn av lavere maksimale støynivåer. I de langt fleste tilfeller var innendørs maksimalt støynivå fra vegtrafikk under 50 dB. For vegtrafikkstøy ble det heller ikke funnet noen sammenheng mellom tidsmidlet støynivå for nattperioden og virkninger på søvn. Statistisk maksimalverdi av A-veid lydtryknivå, her brukt som 95 persentilen i løpet av nattperioden, viste ingen sammenheng med søvnparameterne, verken for tog- eller vegtrafikkstøy (Aasvang m.fl., 2011).

2.2.2 Virkninger på selvrapporterte søvnproblemer

En rekke studier har sett på sammenheng mellom støynivå på natten og selvrapporterte søvnproblemer. Fordelen ved å bruke selvrapporterte utfall er at man kan studere mange flere personer, og at slike studier er langt mindre kostnads- og ressurskrevende enn fysiologiske søvnmålinger. Ulempen er selvsagt at man ikke kan måle ubevisste responser på støy; det være seg kortere oppvåkninger, søvnstadiumendringer og andre fysiologiske responser, som kan være av betydning for de negative virkninger av støy.

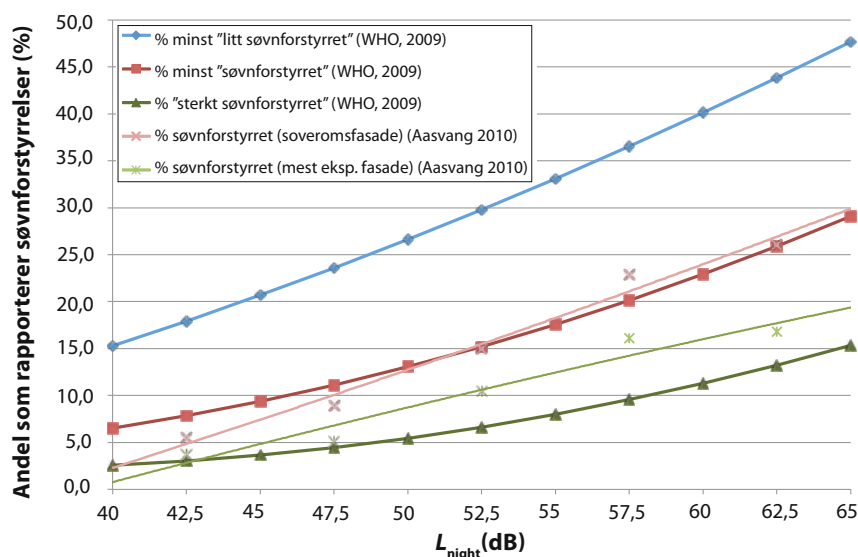
På samme måte som man har målt støyplage i større befolkningsundersøkelser har man spurt om grad av opplevde søvnforstyrrelser som følge av støy fra ulike kilder. Det er ofte 5 svaralternativer på en gradert skala fra 1 til 5, hvor 1 er "ikke søvnforstyrret", og 5 er "ekstremt søvnforstyrret" av støy. På bakgrunn av flere slike studier er det sammenstilt og utviklet eksponerings-responssammenhenger for støynivå på natt (L_{night}) utenfor mest eksponerte fasade og andel søvnforstyrrede, som skal være representative for en normalbefolkning (Miedema, 2003; Miedema, 2004; Miedema m.fl., 2003; Miedema and Vos, 2007; WHO, 2009). Slike kurver viser at andelen som opplever søvnforstyrrelser på grunn av støy øker med økende støynivå. Figur 2.4 A-C viser disse kurvene for støy fra vegtrafikk, fly og jernbane.



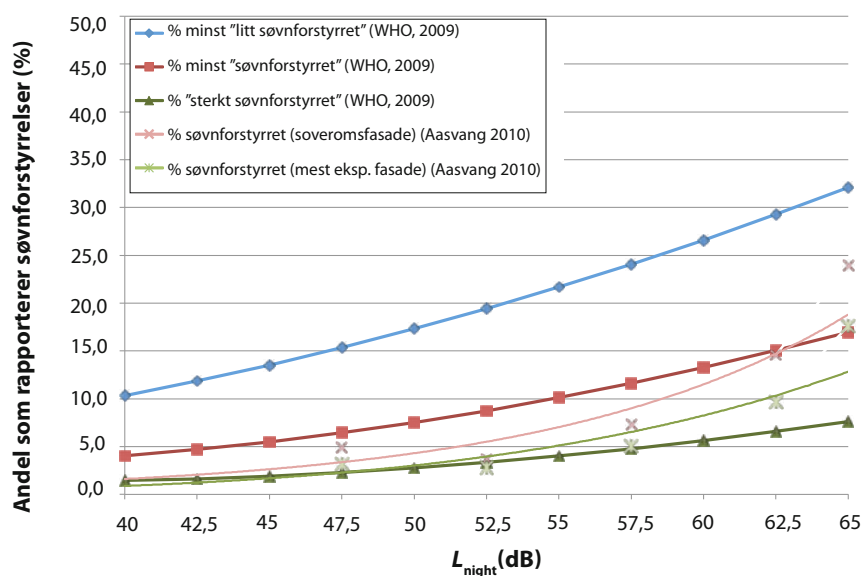
Figur 2.4 A-C. Eksponerings-respons-sammenhenger mellom støynivå (L_{night}) og selvrapporterte søvnforstyrrelser for støy fra vegtrafikk, jernbane og fly. Figur A) viser for minst "litt søvnforstyrret", B) minst "søvnforstyrret" og C) "svært søvnforstyrret".

Kurvene viser statistiske sammenhenger, mens det i virkeligheten er store individuelle forskjeller i responser på støy. Det må presiseres at sammenhengene som er presentert for flystøy er usikre og gjelder i all hovedsak for sivil luftfart. Virkninger på søvn som følge av militær flystøy er lite dokumentert, og virkninger fra sivil luftfart kan ikke nødvendigvis generaliseres til å gjelde støy fra militær flyaktivitet (Krog m.fl., 2011). Kunnskap om industristøy og virkninger på søvn er også mangelfull, og eksponerings-respons-sammenhenger for støy fra industri er ikke publisert.

Figur 2.5 og 2.6 viser eksponerings-respons-sammenhenger for henholdsvis vegtrafikk- og togstøy publisert av WHO (2009) samt resultater fra en norsk undersøkelse gjennomført av FHI. Eksponerings-respons-sammenhenger publisert av WHO er basert på en sammenstilling av data fra mer enn 12 000



Figur 2.5. Sammenheng mellom L_{night} og rapporterte søvnproblemer på grunn av støy fra vegtrafikk. Resultater fra norsk undersøkelse (Aasvang, 2010) sammenlignet med eksponerings-respons-sammenhenger publisert i Night Noise Guidelines (WHO, 2009) basert på studier av Miedema og medarbeidere.



Figur 2.6. Sammenheng mellom L_{night} og rapporterte søvnproblemer på grunn av støy fra jernbane. Resultater fra norsk undersøkelse (Aasvang, 2010) sammenlignet med eksponerings-respons-sammenhenger publisert i bl.a. Night Noise Guidelines (WHO, 2009) basert på studier av Miedema og medarbeidere.

personer fra 12 studier fra en rekke europeiske land. Disse sammenhengene er videre bekreftet i en mer omfattende analyse delvis basert på samme datasett, men som totalt inkluderte data fra om lag 23 000 personer (Miedema and Vos, 2007). Den norske undersøkelsen inkluderer om lag 3000 personer eksponert for vegtrafikkstøy og 1000 eksponert for støy fra jernbane, og ble gjennomført som en spørreundersøkelse i Oslo og Akershus i 2000 (Aasvang m.fl., 2008; Aasvang, 2010; Fyhri og Aasvang, 2010).

Figur 2.5. viser eksponerings-responsammenhenger for andelen som rapporterer søvnforstyrrelser som følge av vegtrafikkstøy sett i forhold til L_{night} ved *mest eksponerte fasade* (lysegrønn kurve) og ved *soveromsfasade* (lyserød kurve) fra den norske undersøkelsen. Videre vises kurvene publisert av WHO (2009) for vegtrafikkstøy, hvor andelen litt, moderat og sterkt søvnforstyrret på grunn av vegtrafikkstøy er vist i forhold til støynivå på natt beregnet for *mest eksponerte fasade*. Figur 2.6 viser tilsvarende sammenhenger for støy fra jernbane.

Det er metodiske forskjeller som gjør at de norske kurvene og kurvene presentert av Miedema og medarbeidere (WHO, 2009) ikke er helt sammenlignbare. I motsetning til studien av Miedema og medarbeidere, var det i den norske undersøkelsen ikke noe gradering av søvnforstyrrelser, men ett spørsmål om ulike årsaker til søvnproblemer, hvor trafikkstøy var en mulig årsak. Kurvene som viser eksponerings-responsammenhenger fra den norske studien viser derfor andelen som oppgir henholdsvis vegtrafikk- og togstøy som årsak til søvnproblemer (innsovningsproblemer og oppvåkninger) og ikke ulike grader av søvnforstyrrelser (som følge av støy) slik kurvene til Miedema og medarbeidere representerer. Kurven som viser andelen i den norske studien som rapporterer søvnforstyrrelser som følge av vegtrafikkstøy (når støynivå er estimert utenfor soveromsfasaden), skiller seg ikke vesentlig fra kurven for andel søvnforstyrret (WHO, 2009), mens den andre (lysegrønne kurven) ligger noe under (figur 2.5), og nærmer seg kurven for sterkt søvnforstyrret. For togstøy ligger de norske kurvene nærmere kurven for «sterkt søvnforstyrret», men nærmer seg kurven for «søvnforstyrret» med økende støynivåer (figur 2.6). En mulig forklaring på forskjellene kan være at i FHIs undersøkelse var det flere som hadde soverom mot en stillere fasade, slik at støynivå for mest eksponerte fasade overestimerte støynivå for langt flere i den norske studien enn i studiene som inngikk i analysene til Miedema og medarbeidere. I den norske studien oppga bortimot 70 % av utvalget utsatt for vegtrafikkstøy at de hadde soverom vendt mot hage eller bakgård, mens tilsvarende for dem som var utsatt støy fra jernbane var 50 %. I studien til Miedema og medarbeidere hadde man ikke informasjon om soveromsfasade. Andre metodiske forskjeller kan være spørsmålsstilling samt beregning av nattstøy. Det er derfor vanskelig å anslå i hvor stor grad det er faktiske forskjeller i reaksjoner på støy mellom den norske populasjonen og den populasjonen som er inkludert i den større europeiske sammenstillingen. I tillegg vil ulike grader av fasadeisolering og vaner med åpent eller lukket soveromsvindu påvirke disse sammenhengene, noe det ikke er tatt høyde for i noen av disse studiene.

2.2.3 Nattstøy og helse

Siden støy kan være en stressfaktor kan støyeksponering over lengre tid gi økt risiko for stressrelaterte sykdommer. Blant annet er det i flere befolkningsundersøkelser de senere år undersøkt om det er en sammenheng mellom trafikkstøy og økt risiko for forhøyet blodtrykk og hjerteinfarkt. I slike undersøkelser er det avgjørende at det i analysene tas hensyn til andre risikofaktorer for sykdom som kan samvariere med støy, såkalte konfunderende faktorer, for ikke å få et misvisende resultat.

Flere studier har vist en sammenheng mellom støy fra vegtrafikk og økt risiko for hjerteinfarkt (Babisch m.fl., 2005) og forhøyet blodtrykk (Barregård, 2011; van Kempen og Babisch, 2012). De fleste studier finner kun signifikante sammenhenger hos menn i de høyere aldersgrupper. I tillegg øker lang botid (> 10 år) risikoen for sykdom, noe som kan tyde på at det først og fremst er langtidseksponering som gir økt risiko for negative virkninger i hjerte-karsystemet. Først i de senere år har man også tatt hensyn til trafikkrelatert luftforurensning, hovedsakelig NO_2 , når man har undersøkt sammenhenger mellom vegtrafikkstøy og hjertekar-sykdom. Vegtrafikk bidrar med både luftforurensning og støy, og det kan derfor være vanskelig å skille virkningene fra de to på helsen. Korrelasjon mellom vegtrafikkrelatert luftforurensning og støy vil variere avhengig av type område, men i rapporterte undersøkelser har disse ofte vist seg å være moderate, mellom 0,2 og 0,7. I to norske undersøkelser

gjennomført av TØI og Folkehelseinstituttet er det funnet moderate korrelasjoner (0,4-0,5) mellom vegtrafikkstøy og NO₂. I en stor dansk undersøkelse (Sørensen m.fl., 2011a) ble det funnet en signifikant sammenheng mellom vegtrafikkstøy og hjerneslag etter at man hadde justert for både trafikkrelatert luftforurensning samt en rekke andre mulig konfunderende variabler.

I større befolkningsstudier hvor støyeksposeringen bestemmes ved beregninger, vil det være vanskelig å skille langtidsvirkninger som kan skyldes trafikkstøyen om natten fra trafikkstøy på dag og kveld, da L_{den} og L_{night} i de fleste tilfeller vil korrelere svært høyt, i hvert fall for mest eksponerte fasade. Selv om det med hensyn til vegtrafikk vil være en reell sammenheng mellom trafikk på dag og nattestid, vil den beregnede korrelasjonen kunne være noe kunstig høy siden det benyttes standard døgnfordeling i beregning av L_{den} og L_{night} .

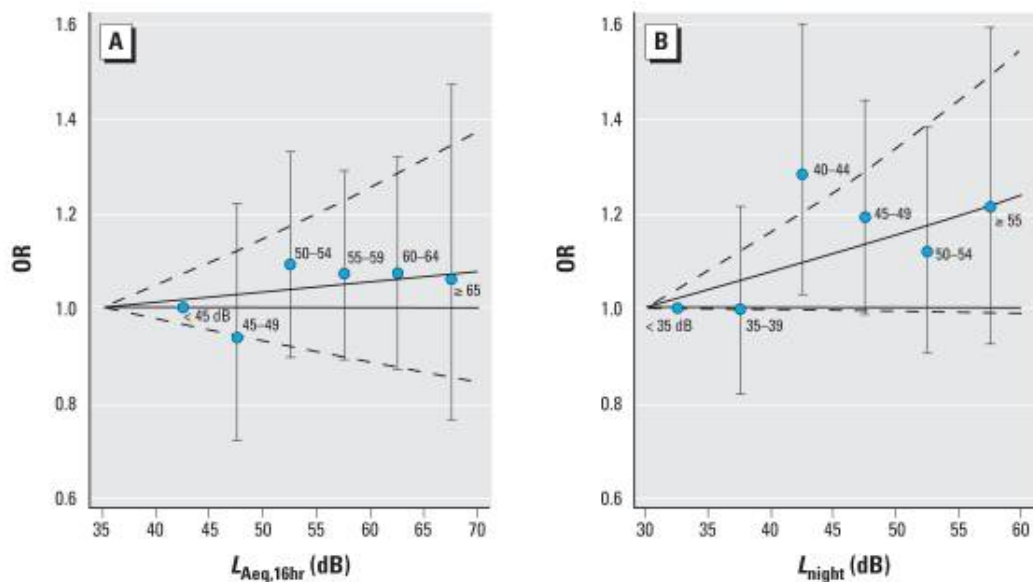
I en norsk studie, som er en av få som spesielt undersøkte sammenheng mellom nattstøy beregnet utenfor soverom og helse, ble det ikke funnet noen sammenheng mellom støy og selvrappert hjerte-karsykdom (Fyhri og Aasvang, 2010). I en studie fra Beograd (Belojevic m.fl., 2008) ble det gjort særskilte *målinger* av nattstøy, og man undersøkte en større gruppe mennesker som hadde bodd i samme bolig i mer enn 10 år og som samtidig hadde soverommet vendt ut mot veien. Det ble funnet en signifikant økning i andel menn med forhøyet blodtrykk blant dem som bodde i støyende gater ($L_{p,A,natt} > 45\text{dB}$) sammenlignet med dem som bodde i stillere områder ($L_{p,A,natt} < 45\text{dB}$). Korrelasjonene mellom dagstøy og nattstøy ble ikke rapportert i denne studien, slik at det er vanskelig å konkludere om sammenhengene også kunne vært påvist for dagstøy. Denne studien var imidlertid basert på målinger og ikke beregninger av nattstøy.

Svært få studier har undersøkt virkninger av jernbanestøy om natten på helse, og mer kunnskap trengs om langtidsvirkninger av jernbanestøy på ulike helseutfall. En svensk studie (Barregård m.fl., 2009) fant ingen sammenheng mellom jernbanestøy og risiko for hypertensjon, men dette var et lite utvalg. To større studier, en fra Danmark (Sørensen m.fl., 2011b) og en fra Sveits (Dratva m.fl., 2012) fant begge økt risiko for forhøyet blodtrykk ved eksponering for jernbanestøy. I den sveitsiske studien ble det funnet en noe sterkere sammenheng med nattenivåer enn dagnivåer av jernbanestøy, og risikoen var høyere hos dem med andre kroniske sykdommer som for eksempel diabetes.

For flystøy viser flere studier til en sammenheng med forhøyet blodtrykk (Jarup m.fl., 2008; Haralabidis m.fl., 2000). Her er det også gjort funn som tyder på at støy om natten gir større risiko for forhøyet blodtrykk enn støy på dag- og kveldstid (figur 2.7). Korrelasjonen mellom $L_{p,A,16h}$ og L_{night} ble ikke oppgitt i denne studien, men de estimerte verdiene for sammenhengene mellom støy og forhøyet blodtrykk var noe forskjellig for de to beregningsparameterne. Hovedsakelig er studier av virkninger av flystøy gjort på sivil flytrafikk. Langt færre studier er gjort av virkninger av støy fra militær flyvning på befolkningen nær militære flyplasser.

Med hensyn til mer kortsiktige virkninger er det funnet en større forekomst av selvrappert søvnighet/tretthet hos personer utsatt for $L_{night} > 40\text{-}45\text{dB}$ sammenlignet med personer som har lave vegtrafikkstøynivåer, $L_{night} < 35\text{ dB}$ (de Kluizenaar m.fl., 2009). Sammenheng mellom nattstøy og tretthet støttes også av eksperimentelle studier hvor søvnighet er målt objektivt (Basner m.fl., 2008b).

Med hensyn til langtidsvirkninger er det også relevant å stille spørsmål i hvor stor grad man venner seg til støy over tid. Det er resultater som tyder på at det forekommer en viss tilvenning til støy om natten. Blant annet er det holdepunkter for at sannsynlighet for oppvåkninger om natten reduseres noe over tid, mens autonome responser som puls og blodtrykksøkninger ikke endrer seg med gjentagende eksponering (Carter m.fl., 2002; Griefahn m.fl., 2008). I store befolkningsundersøkelser ser man få spor av tilvenning. Det synes ikke å være slik at de som har bodd lenge i et område er mindre plaget eller opplever mindre søvnforstyrrelser som følge av støyen enn de som har bodd der kort tid. Det er imidlertid vanskelig å konkludere fra disse studiene. I kontrollerte studier er det gjort målinger over en relativt begrenset tidsperiode på noen dager, mens det i større befolkningsundersøkelser oftest ikke har vært mulighet for å følge en befolkning over tid, kun studere de som bor i ulike typer områder på et gitt tidspunkt. Man kan derfor ikke helt utelukke at det foregår en migrasjon av de



Figur 2.7. Oddsratio (OR) for forhøyet blodtrykk i forhold til flystøy: A) for støyeksponering dag og kveld, $L_{p,A,16h}$ og B) for støyeksponering på natt, L_{night} (Jarup m.fl., 2008). Analysene er gjort både for støy i 5 dB- kategorier (punktene viser OR estimater med 95 % konfidensintervall) og som en kontinuerlig variabel (linjer og stiplede linjer viser hhv. OR og 95 % konfidensintervall for OR). I disse analysene er det kontrollert for land, alder, kjønn, kroppsmasseindeks, alkoholinntak, utdanning og fysisk aktivitet.

mest sensitive fra støyende til mindre støyende områder. Det er imidlertid gjennomført studier som har sett på virkninger av støyreducerende tiltak og funnet at søvnkvaliteten hos dem som har bodd på samme sted i flere år er forbedret etter tiltak (Amundsen og Aasvang, 2006; Vallet m.fl., 1983), noe som i ytterligere grad gir indikasjoner på at tilvenning til støy er begrenset.

2.3 Kvantifisering av helsebelastning som følge av støy

FHI har på oppdrag for Klif gjennomført beregninger av helsebelastning som følge av vegtrafikkstøy i Norge (Aasvang, 2012). De inkluderte helseutfallene var støyplage, søvnforstyrrelser og hjerte-karsykdom. Utgangspunktet for dette arbeidet var Verdens helseorganisasjons rapport fra 2011 om trafikkrelatert støy i Vest-Europa, der det for første gang ble beregnet samlet helsebelastning fra de viktigste støykildene for landene i EU-regionen og Norge (WHO, 2011). FHI har hovedsakelig benyttet samme metode som er brukt i WHO's rapport.

Den totale belastning på helse er kvantifisert ved å beregne DALYs. DALYs inkluderer en summering av antall tapte leveår på grunn av for tidlig død. Videre omregnes tap av funksjon og livskvalitet som følge av sykdom/plager i et ekvivalent antall tapte leveår. Dette gjøres ved hjelp av såkalte "alvorlighetsvekter" for ulike helseproblemer. Summen av tapte leveår og tapt funksjon/livskvalitet omregnet til tapte leveår blir de tapte DALYs.

For å gjøre disse beregningene ble det benyttet data fra SSBs nasjonale støymodell og seneste beregninger for 2007 av hvor mange i Norge som er utsatt for vegtrafikkstøy ved ulike nivåer ($L_{p,A,24h}$) (Engelien og Steinnes, 2011). Videre er det lagt til grunn forskningsbasert kunnskap om hvor mange som opplever sterk støyplage og søvnforstyrrelser, samt risiko for hjerte-karsykdom ved ulike støynivåer. Spesifikke beregninger av støynivå om natten eller for dag og kveld ligger ikke inne i den nasjonale støymodellen til SSB. For å gjøre beregninger for helsebelastning som skyldes støyrelaterte søvnforstyrrelser og hjerte-karsykdom gjennomførte derfor SSB i samarbeid med Miljøakustikk AS forenklete beregninger av L_{night} og $L_{day,16h}$ ved å benytte en standard døgnfordeling for trafikken. For å beregne tapte friske leveår som følge av støy tillegges de relevante helseutfallene en alvorlighetsvekt. Alvorlighetsvekten er et tall mellom 0 og 1 hvor 0 er perfekt helse og 1 er død.

Basert på eksponerings-responssammenhenger og estimater på hvor mange i Norge som er utsatt for ulike nivåer av støy, beregnes antall med helseutfall. Dette multipliseres deretter med tilhørende alvorlighetsvekt. WHO har benyttet en alvorlighetsvekt for sterk støyplage på 0,02, sterk søvnforstyrrelse på 0,07 og 0,405 for hjerteinfarkt; tilsvarende er brukt i de norske beregningene.

Folkehelseinstituttets beregninger viser at mellom 3 % og 6 % opplever *sterk støyplage* og 2-3 % opplever *sterk grad* av søvnforstyrrelser som følge av vegtrafikkstøy. En større andel vil ha moderate plager, men disse er ikke inkludert i beregningene av helsebelastning. Sterk støyplage og søvnforstyrrelser ble estimert til å bidra årlig med henholdsvis om lag 4500 og 10 240 tapte friske leveår. Andelen av hjerte-karsykdom eller død i befolkningen som kan knyttes til vegtrafikkstøy i Norge er svært usikker, men er estimert til om lag en halv prosent. Antall tapte friske leveår på grunn av hjerte-karsykdom eller død som kan knyttes til trafikkstøy er estimert til om lag 200.

Slike beregninger er beheftet med usikkerhet, men kan gi en nyttig pekepinn på omfanget av støyproblemene. Med hensyn til støyplage og selvrapporterte søvnforstyrrelser, vil de største usikkerhetene ligge i estimert andel som er eksponert for ulike støynivåer fra vegtrafikk og spesielt ved lavere nivåer. SSB har ved hjelp av nasjonal støymodell beregnet støy ned til $L_{den} = 55$ dB og $L_{night} = 50$ dB. Hvordan andelen eksponerte fordeler seg ved lavere støynivåer enn dette er svært usikkert. Det foreligger ikke tilsvarende beregninger for andre kilder enn vegtrafikkstøy i Norge.

2.4 Samfunnsøkonomiske kostnader som følge av nattstøy

I forbindelse med utredning av indikator for nattstøy er det gjort beregninger på hva søvnforstyrrelser som følge av vegtrafikkstøy koster samfunnet årlig, det vil si det samme som den potensielle nytten man kan utløse ved å gjennomføre tiltak mot nattstøy. Beregningen tar utgangspunkt i FHIs beregninger av DALYs (se avsnitt 2.3, foran i rapporten) som følge av støyinduserte søvnforstyrrelser (Aasvang, 2012). For å beregne samfunnsøkonomiske kostnader som følge av nattstøy er antallet DALYs for støyinduserte søvnforstyrrelser multiplisert med VOLY (*Value of Life Year*) som er satt til 425 000 kroner, som anbefalt i Finansdepartementets *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser* (Finansdepartementet, 2005). Tallene er oppjustert til 2011-kroner. Det er gjennomført to sett av beregninger; én beregning hvor man har inkludert virkninger av støy fra og med $L_{night} 45$ dB og én fra og med $L_{night} 50$ dB. Det er også gjort beregninger basert på estimerte antall tapte leveår som følge av hjerte-karsykdom som kan tilskrives vegtrafikkstøy.

Beregningene viser at nattstøy som gir sterk grad av søvnforstyrrelser årlig utsetter samfunnet for kostnader tilsvarende mellom 2,8 og 3,8 milliarder kroner basert på DALY-estimer hvor man har inkludert selvrapporterte søvnforstyrrelser fra henholdsvis $L_{night} 50$ dB og $L_{night} 45$ dB. I tillegg til dette kommer de samfunnsøkonomiske kostnader som følge av støyrelatert hjerte-karsykdom. Disse er beregnet til 95 millioner kroner. Dersom man for eksempel skulle sette seg som mål å redusere antall med sterk søvnforstyrrelse med 30 %, ville det være samfunnsøkonomisk lønnsomt å gjennomføre tiltak for inntil om lag en milliard kroner årlig; den samfunnsøkonomiske gevinsten ville være nytteøkningen (en milliard) minus tiltakskostnadene.

2.5 Sosial ulikhet og støy

Flere undersøkelser viser at sosioøkonomisk status (SES) er en viktig faktor for å forklare ulikheter i helse, og en mulig opphoping av negative miljøfaktorer i områder med lav sosio-økonomisk status kan være med på å forklare noe av disse helseforskjellene.

Det er rimelig å anta en sammenheng mellom sosiale forhold og støybelastning. Det henger blant annet sammen med at boliger i støybelastede områder ofte er mindre attraktive og dermed rimeligere enn boliger i områder som er lite utsatt for støy.

Norske undersøkelser ved TØI har avdekket at sammenhengen mellom støyeksponering og sosioøkonomisk status ikke er så entydig, men kan nettopp variere etter stedegne forhold (Fyhri og Klæboe, 2006). I TØIs undersøkelser fant man at bystørrelse er en viktig variabel. Blant annet ble det funnet at i en stor by som Oslo betyr ikke inntekt noe for hvor mye støy man utsettes for. De med høy inntekt vil gjerne bo sentralt, og må ta med økte støynivåer på kjøpet. I mindre byer som Drammen, som er mer preget av tradisjonell bystruktur er de billigste boligene i sentrum og de dyreste i stille randsoner. Uansett bystørrelse bekrefter studien til TØI det som tidligere har vært vist, det er ingen forskjell mellom ulike sosioøkonomiske grupper i hvor støyplaget de er gitt samme støynivå. Hvorvidt de med lavere sosioøkonomisk status er mer sårbare for andre helsevirkninger av støy har man mindre kunnskap om.

En større kartlegging utført av WHO av land i Europa viser at forekomsten av selvrapporterte støyplager er høyere blant dem med lav inntekt, men at mønsteret varierer med type land (WHO, 2012). Resultater fra EU Silc 2011 viser at andelen som oppgir støyplager fra vegtrafikk eller annen nabolagsstøy i Norge er ca. 17 % blant dem med lav inntekt og om lag 12 % blant dem med høyere inntekt. Undersøkelsen kan derimot ikke si noe om forskjeller i *nivåer* av eksponeringen, men siden studier har vist at grad av støyplage er uavhengig av SES, er det rimelig å anta at dette også gjenspeiler høyere støynivåer blant dem med lav SES når man ser samlet på større geografiske områder.

I en rapport om barn og unges miljø i Norge (SSB, 2011) ble det funnet at barn som bor i husholdninger der foreldre har høy utdanning er mindre utsatt for støy enn andre barn. I husholdninger hvor grunnskole er høyeste utdanning lever hvert femte barn med støyproblemer. Andelen er mer enn dobbelt så høy som for familier med høyere utdanning. I lavinntektsfamilier bor 14 prosent av barna i hus med støyproblemer, mens i familier med høyest inntekt er andelen på 9 prosent.

Det er i Norge tre sett av forskrifter og retningslinjer som benyttes i arbeidet med kartlegging og reduksjon av støy fra utendørs kilder. I tillegg kan folkehelseloven komme til anvendelse i kommunenes arbeid med støy. Nedenfor gis det en kort beskrivelse av dette regelverket som er felles for kildene.

3.1 Forurensningsforskriften del 2, kap. 5. Støy - kartlegging, handlingsplaner og tiltaksgrenser for eksisterende virksomhet

Nytt kapittel 5 om støy i forskrift om begrenning av forurensning (forurensningsforskriften) trådte i kraft fra 1.1.2005. Forurensningsforskriften gjelder for eksisterende forhold, dvs. eksisterende helårsboliger, barnehager, utdanningsinstitusjoner og helseinstitusjoner hvor avsnitt II omhandler innendørs støy - kartlegging og tiltak. Avsnitt III omhandler strategisk støykartlegging, som er en implementering av EUs rammedirektiv for støy (direktiv 2002/49/EF) i norsk lovgivning.

II. Innendørs støynivå - kartlegging og tiltak

Bestemmelsene om innendørs støynivå gjelder støy fra følgende anlegg: veg, jernbane, sivile og militære flyplasser, industri, havner og terminaler. Tiltaksgrensen gjelder for støynivå ved eksisterende helårsboliger, barnehager, utdanningsinstitusjoner og helseinstitusjoner, under forutsetning av at bygningen er i bruk og godkjent til det aktuelle formål.

Anleggseier skal kartlegge innendørs støynivå i oppholdsrom ned til 35 dB $L_{p,A,24h}$. Tiltaksplikten gjelder for oppholdsrom hvor innendørs støynivå ($L_{p,A,24h}$) er 42 dB eller høyere. Ved beregning av innendørs støynivå skal vinduer og ventiler være lukket.

III. Strategisk støykartlegging

Det skal kartlegges støynivå i L_{den} for boliger, institusjoner, skoler og barnehager. Minstekravet er å kartlegge i 5-dB intervallene som angitt i forskriften, fra 55 dB og oppover. Beregningene skal gjøres i fire meters høyde over bakken, uavhengig av bygningenes høyde. For L_{night} gjelder tilsvarende for 5 dB-intervaller fra 50 dB og oppover.

Innen 30. juni 2007 skulle det for første gang utarbeides støykart som viser støysituasjonen for foregående kalenderår for veier med mer enn 6 millioner kjøretøypasseringer per år, jernbaner med mer enn 60 000 togpasseringer per år, sivile flyplasser med mer enn 50 000 flybevegelser i året, og byområder med mer enn 250 000 innbyggere, dvs. kun Oslo i første omgang.

En slik kartlegging skal gjennomføres hvert femte år, og innen 30. juni 2012 skulle det utarbeides støykart som viser støysituasjonen for foregående kalenderår for veier med mer enn 3 millioner kjøretøypasseringer per år, jernbaner med mer enn 30 000 togpasseringer per år, sivile flyplasser med mer enn 50 000 flybevegelser i året, og byområder med mer enn 100 000 innbyggere, dvs. Oslo m/ Asker, Bærum, Skedsmo, Lørenskog, Rælingen og Oppegård, Bergen, Stavanger m/Sandnes, Randaberg og Sola samt Trondheim, Fredrikstad og Sarpsborg. Kartleggingen i 2012 vil derfor være mer omfattende enn den første kartleggingen. Kartleggingen i byområdene skal omfatte støy fra veier, jernbaner, fly og havner, samt industri som omfattes av IPPC-direktivet.

3.2 Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442/2012)

Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442/2012) kommer til anvendelse ved:

- Etablering av nye boliger eller annen støyfølsom arealbruk ved eksisterende/planlagt kilde
- Etablering av ny støyende virksomhet, for eksempel ny vei
- Utvidelse/oppgradering av eksisterende virksomhet

Retningslinjen skal legges til grunn av kommunene, regionale myndigheter og berørte statlige etater ved planlegging og behandling av enkeltsaker etter plan- og bygningsloven.

Tabell 3.1. Anbefalte støygrenser ved etablering av ny støyende virksomhet og bygging av boliger, sykehus, pleieinstitusjoner, fritidsboliger, skoler og barnehager. Alle tall oppgitt i dB, innfallende lydtryknivå.

| Støykilde | Støynivå på uteoppholdsareal og utenfor vinduer til rom med støyfølsomt bruksformål | Støynivå utenfor soverom, natt kl. 23 – 07 | Støynivå på uteoppholdsareal og utenfor rom med støyfølsomt bruksformål, dag og kveld, kl 7 - 23 | Støynivå på uteoppholdsareal og utenfor rom med støyfølsomt bruksformål, lørdager | Støynivå på uteoppholdsareal og utenfor rom med støyfølsomt bruksformål, søn-/helligdag |
|------------------------------------|---|--|--|---|---|
| Veg | L_{den} 55 dB | L_{5AF}^1 70 dB | - | | |
| Bane | L_{den} 58 dB | L_{5AF}^1 75 dB | - | | |
| Flyplass | L_{den} 52 dB | L_{5AS}^2 80 dB | - | | |
| Industri med helkontinuerlig drift | Uten impulslyd: L_{den} 55 dB Med impulslyd: L_{den} 50 dB | L_{night} 45 dB $L_{p,AF,max}$ 60 dB | | | |
| Øvrig industri, | Uten impulslyd: L_{den} 55 dB og $L_{evening}$ 50 dB Med impulslyd: L_{den} 50 dB og $L_{evening}$ 45 dB | L_{night} 45 dB $L_{p,AF,max}$ 60 dB | - | Uten impulslyd: L_{den} 50 dB Med impulslyd: L_{den} 45 dB | Uten impulslyd: L_{den} 45 dB Med impulslyd: L_{den} 40 dB |
| Havner og terminaler | Uten impulslyd: L_{den} 55 dB Med impulslyd: L_{den} 50 dB | L_{night} 45 dB, $L_{p,AF,max}$ 60 dB | | | |
| Motorsport | L_{den} 45 dB | Aktivitet bør ikke foregå | L_{5AF}^1 60 dB | | |
| Skytebaner | L_{den} 30 dB | Aktivitet bør ikke foregå. | $L_{A,l,max}$ 60 dB | | |
| Vindturbiner | L_{den} 45 dB | - | - | | |
| Nærmiljøanlegg | $L_{p,AF,max}$ 60 dB | | | | |

¹Tilsvarende $L_{p,AF,max,95}$ i NS 8175:2012

²Tilsvarende $L_{p,AS,max,95}$ i NS 8175:2012

Som det fremgår av tabellen er bestemmende grenser for støy i nattperioden 23.00 – 07.00 gitt i form av nivåer for både L_{night} og maksimalt lydtryknivå (L_{5AS} , L_{5AF} og $L_{p,AF,max}$).

Når det gjelder krav til innendørs støynivå viser T-1442/2012 til Norsk Standard, NS 8175:2012. Lydforhold i bygninger. NS 8175:2012 brukes til å dokumentere at lydkravene i teknisk forskrift (TEK 2010) til plan- og bygningsloven er oppfylt. Standarden angir grenseverdier til de fleste bygningstyper som kravene i TEK gjelder for. For boliger angis grenseverdiene i $L_{p,A,24h}$ og $L_{p,AF,maks}$ hvor klasse C i standarden angir de grenseverdiene for nye bygninger som tilsvarer intensjonene for minstekrav i (TEK 2010) (Tabell 3.2). Generelt skal det tas hensyn til maksimalt lydtryknivå når det er minst 10 hendelser i nattperioden (Norsk Standard, NS 8175:2012).

Tabell 3.2. Lydnivåklasser for boliger. Høyeste grenseverdier for innendørs støynivå fra utendørs kilder i NS 8175:2012.

| Type bruksområde | Målestørrelse | Klasse A | Klasse B | Klasse C | Klasse D |
|--|---|----------|----------|----------|----------|
| I oppholds- og soverom fra utendørs kilder | $L_{p,A,24h}$ (dB) | 20 | 25 | 30 | 35 |
| I soverom fra utendørs lydilder | $L_{p,AF,maks}$ (dB) natt, kl. 23–07 | 35 | 40 | 45 | 50 |

3.3 Lov om folkehelsearbeid (folkehelseloven)

Folkehelseloven ble vedtatt i Stortinget 24. juni 2011 og trådte i kraft fra 1.1 2012. Formålet med denne loven er å bidra til en samfunnsutvikling som fremmer folkehelse, herunder utjevner sosiale helseforskjeller. Folkehelsearbeidet skal fremme befolkningens helse, trivsel, gode sosiale og miljømessige forhold og bidra til å forebygge psykisk og somatisk sykdom, skade eller lidelse.

Kommunen har et særskilt ansvar for å ha nødvendig oversikt over helsetilstanden i befolkningen samt de positive og negative faktorer som kan virke inn på denne. Kommunen skal fremme folkehelse innen de oppgaver og med de virkemidler kommunen er tillagt, herunder ved lokal utvikling og planlegging, forvaltning og tjenesteyting. Kommunen skal iverksette nødvendige tiltak for å møte kommunens folkehelseutfordringer, jf. § 5.

Kapittel 3 i loven omhandler miljørettet helsevern. Miljørettet helsevern omfatter de faktorer i miljøet som til enhver tid direkte eller indirekte kan ha innvirkning på helsen, inkludert støy. Helse- og omsorgsdepartementet kan innenfor formålene etter § 1, gi forskrifter om miljørettet helsevern, herunder bestemmelser om støy.

Kommunen skal føre tilsyn med faktorer i miljøet som kan ha betydning for helsen, jf. § 8. Forskrift om miljørettet helsevern av 25.04.2003 jf. §9 stiller krav til ulike miljøfaktorer, bl.a. støy, for å forebygge helsemessige ulemper: "Ved etablering og bruk av støykilder skal det tilstrebes lavest mulig støynivå. Støy og vibrasjoner skal ikke medføre helsemessig ulempe eller overskride helsemessig forsvarlig nivå". Kommunen skal føre tilsyn med at denne forskriften overholdes og kan treffe vedtak om retting av forhold som er i strid med forskriften.

I dette kapitlet beskrives tilgjengelige data som kan danne grunnlag for valg av indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser. Spesielt vektlagt er etatenes arbeid med støykartlegging for de mest sentrale støykilder: vegtrafikk, bane, sivil og militær luftfart samt støy fra industri og næringsvirksomhet. Regelverket beskrevet i forrige kapittel legger viktige premisser for arbeidet med kartlegging og gjennomføring av tiltak.

Nedenfor beskrives omfang av støykartlegging, datagrunnlag, hvilke akustiske parametere som kartlegges og sammenhenger mellom disse parametere. Videre beskrives hvilke data som foreligger med hensyn til antall eksponerte for støy fra de ulike kilder, med hovedvekt på nattstøy der slike data er tilgjengelige. Andre relevante data som kan danne grunnlag for en indikator vil også omtales.

4.1 Vegtrafikkstøy

4.1.1 Kartlegging av støy og datagrunnlag

Statens vegvesen benytter beregningsverktøyet NorStøy for å beregne støy fra vegtrafikk, og følgende støyparametere kan beregnes: L_{den} , L_{night} , $L_{p,A,24h}$, L_{SAF} , $L_{p,AF,max}$ utenfor husfasade, $L_{p,A,24h}$ og $L_{p,AF,max}$ innendørs, samt antall hendelser som overskrider 45 dB på natt innendørs. NorStøy omfatter en støyberegningssmodul som benytter Nord2000 Road beregningsmetode, og et GIS-basert verktøy for å kjøre denne metoden. En mer detaljert beskrivelse av beregningsmetoden finnes i Håndbok 290 Brukerveileder Nord2000 Road.

I tillegg til de nevnte støyverdiene beregner NorStøy støyplageindeks (SPI) og antall personer som har helårsbolig med stille side. Gjennomsnittlig antall personer per privathusholdning hentes fylkesvis fra SSB.

Datagrunnlaget som benyttes i NorStøy er hentet fra Nasjonal Vegdatabank (NVDB), Felles Kartdatabase (FKB), samt det nasjonale registeret for grunneiendommer, adresser og bygninger (Matrikkelen). Informasjon om veier og trafikk hentes fra NVDB. For støyberegning utendørs (L_{den}) trengs trafikk tall fordelt på dag (kl. 07–19), kveld (kl. 19–23) og natt (kl. 23–07). For å få til en slik fordeling er det utarbeidet en distribusjon av årsgjennsnitttrafikk (ÅDT) på dag, kveld og natt, og på kjøretøyklasser innenfor hver av periodene dag, kveld og natt. Det er utarbeidet fylkesvise fordelingskurver for hver vegkategori (riksveg, fylkesveg, kommunal veg), basert på statistikk fra NVDB.

Fra kartdata lages en terrengmodell, og oppløsningen kan tilpasses ut fra om det dreier seg om tettbebygde eller grøntområder. For å få et best mulig datasett med støyskjermer og andre støydempende elementer som rekkverk, voller, murer og marktype, baseres terrengmodellen på data fra både NVDB og FKB. Bygninger beskrives med 3-dimensjonale bygningsdata, i form av flater, linjer og punkt med bygningsnummer.

NorStøy versjon 3 erstatter sannsynligvis VSTØY i løpet av 2012. VSTØY er blant annet blitt brukt i forbindelse med overordnet planlegging, rapportering og kartlegging av innendørsnivåer i henhold til forurensningsforskriften. VSTØY følger i utgangspunktet gjeldende nordiske beregningsmetode for vegtrafikkstøy 1996, men det er gjort en rekke forenklinger i forhold til den komplette metoden.

Statens vegvesen tar i løpet av 2012 også i bruk Støybygg III. StøyBygg III er et dataverktøy for beregning av innendørs støy fra utendørs støykilder, og vil benyttes i forbindelse med innendørs kartlegging etter forurensingsforskriften. StøyBygg leser fra og skriver til Vegvesenets nye støydatabase (utendørs og innendørs støyverdier for bygg). StøyBygg III er tilpasset nødvendige leveranser til SSB i forbindelse med nasjonal støymodell.

4.1.2 Antall personer eksponert for vegtrafikkstøy

Data fra Statens vegvesen

I forbindelse med strategisk støykartlegging i henhold til forurensingsforskriften gjennomførte Statens vegvesen i 2007 kartlegging av støy fra alle riksveger med en årsdøgntrafikk (ÅDT) over 16 400. Støykartleggingen viser status per 2007, og gjelder europa- og riksveger utenom Oslo, og resultatene er samlet i rapporten *Kartlegging av utendørs støy langs høyt trafikkerte riksveger* (Statens vegvesen, 2007). I alt er 534 km riksveg kartlagt.

Oslo kommune har gjennomført egen kartlegging av støy fra samtlige veger i Oslo, og resultatene er samlet i rapporten *Strategisk støykartlegging Oslo - Forurensingsforskriftens kapittel 5* (Oslo kommune, 2007). Tabell 4.1 og 4.2. viser antall personer eksponert for henholdsvis L_{den} og L_{night} i 5 dB-kategorier beregnet av Statens vegvesen.

Tabell 4.1. Antall personer utsatt for støy langs veger med ÅDT over 16 400 (2007), Oslo unntatt. Data fra SVV.

| L_{den} (dB) | 55-59 | 60-64 | 65-69 | 70-74 | >75 | Totalt > 55 |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------------|
| Sum veger med ÅDT over 16 400 | 55 400 | 34 300 | 20 500 | 13 800 | 7 700 | 131 600 |

Tabell 4.2. Antall personer utsatt for nattstøy langs veger med ÅDT over 16 400, (2007). Oslo unntatt. Data fra SVV.

| L_{night} (dB) | 50-54 | 55-59 | 60-64 | 65-69 | >70 | Totalt > 50 |
|-------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------------|
| Sum veger med ÅDT over 16 400 | 39 500 | 23 300 | 15 500 | 7 100 | 3 300 | 88 700 |

Data fra SSBs nasjonale støymodell

SSB henter tallmateriale fra Statens vegvesens VSTØY-modell og Nasjonal Vegdatabase (NVDB). Per i dag får SSB informasjon om støynivå ($L_{p,A,24h}$) for de mest støyutsatte bygg ved riks- og fylkesveier og enkelte kommunale veier. SSB supplerer med egne forenklede tilleggsberegninger for øvrige riks- og fylkesveier og kommunale veier. SSB beregner ikke nattstøy fra vegtrafikken, da informasjon om døgnfordeling av trafikken ikke ligger inne i deres modell. For vegtrafikkstøy beregner SSB støy fra $L_{p,A,24h}$ 55 dB.

Nytt beregningsverktøy NorStøy, og mer nøyaktige beregningsresultater i forbindelse med fremtidige kartlegginger vil kunne gi SSB et bedre datagrunnlag enn tidligere.

SSB har beregnet antall personer eksponert for ulike støynivåer ($L_{p,A,24h}$). Tabell 4.3. viser beregningsresultater fra SSB som gjelder alle typer veger i hele landet.

Tabell 4.3. Antall personer eksponert for vegtrafikk, alle typer veger. Nasjonale data, SSB.

| $L_{p,A,24h}$ (dB) | 55 - 60 | 60 - 65 | 65 - 70 | >70 | Totalt > 55 |
|--------------------|---------|---------|---------|--------|------------------|
| 2007 | 821 200 | 402 400 | 181 100 | 41 000 | 1 445 700 |

Strategisk kartlegging i henhold til forurensningsforskriften omfatter kun statlige og fylkeskommunale veger med ÅDT over 16 400, som tilsvarer 6 millioner kjøretøyer per år, mens SSBs beregninger inkluderer alle veger, uavhengig av ÅDT. Beregningsresultatene over viser at strategisk støykartlegging som ble gjennomført i 2007 av Statens vegvesen, Oslo unntatt (tabell 4.1) kun omfatter omtrent 10 % av samtlige bosatte eksponert for støy fra vegtrafikken. Strategisk kartlegging er imidlertid gjennomført med et mer nøyaktig støyberegningsverktøy enn SSBs beregninger, og det er i forbindelse med strategisk kartlegging beregnet L_{night} nivåer i tillegg til L_{den} .

Kartlegginger av statlige og fylkeskommunale veger

I forbindelse med strategisk kartlegging som gjennomføres i 2012 vil samtlige veger med over 8200 kjøretøyer per døgn, tilsvarende 3 millioner kjøretøy per år, samt byområder med over 100 000 innbyggere beregnes. Strategisk kartlegging av støy skal gjennomføres hvert 5. år. Kartleggingene gjennomføres med NorStøy, og L_{den} og L_{night} vil bli beregnet, samt andre aktuelle støyparametere som L_{5AF} og $L_{p,A,24h}$.

Samtlige statlige og fylkeskommunale veger kartlegges også i henhold til støyretningslinjen (T-1442/2012), hvor såkalte støyvarselkart produseres. Beregningene blir gjennomført med NorStøy, og Statens vegvesen leverer støyvarselkart med gule og røde soner til kommunene.

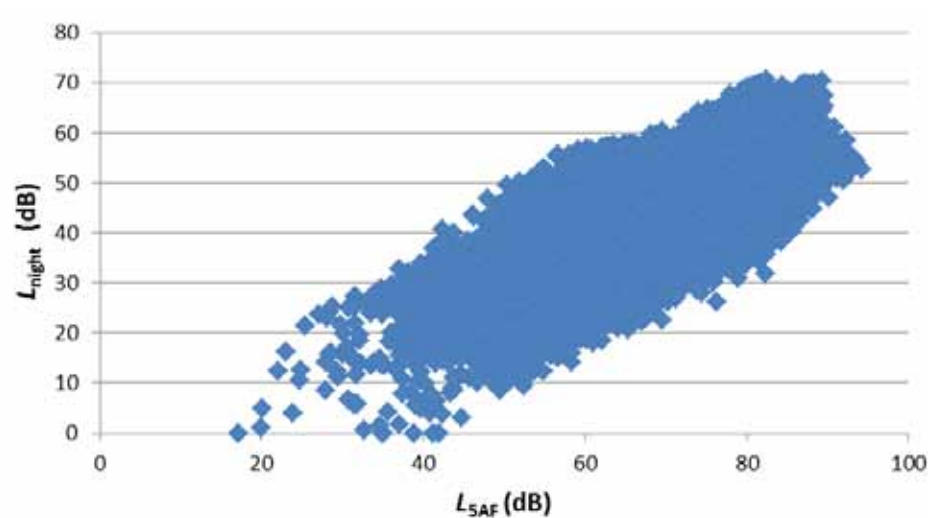
4.1.3 Usikkerhet i beregninger og svakheter i beregningsgrunnlaget

Kvaliteten på trafikkdata varierer i ulike områder og avhenger i stor grad av antall tellepunkter på vegnettet. Spesielt er det mangelfullt med data for kommunale veger. En svakhet i eksisterende trafikkdata for beregning av L_{night} , likeså L_{den} , er at det på deler av vegnettet er stor usikkerhet i trafikkdata, fordeling av trafikk over døgnet og andel tunge kjøretøyer.

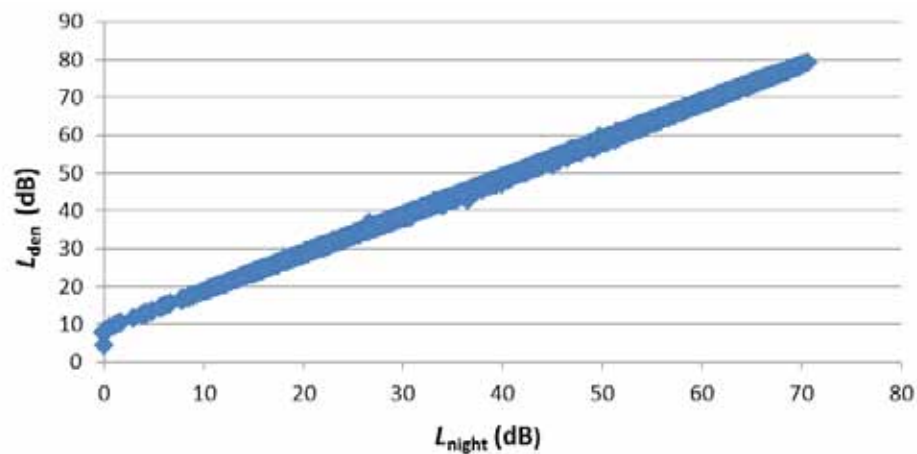
Begrensninger i beregningsmodellen er at den ikke kan fange opp endringer i støysituasjonen som skyldes akselerasjon og retardasjon, for eksempel i forbindelse med vegkryss. Endring i støynivå som følge av akselerasjon og retardasjon beregnes foreløpig ikke. Bussholdeplasser er også eksempel på en utfordring som ikke fanges opp av beregningsmodellen per i dag. Beregningene legger skiltet hastighet til grunn. Den reelle gjennomsnittshastigheten kan være noe høyere eller lavere enn skiltet hastighet.

4.1.4 Sammenheng mellom ulike måleparametere

Sammenhengen mellom L_{night} og L_{5AF} vises i figur 4.1, og sammenhengen mellom L_{night} og L_{den} i figur 4.2. Datagrunnlaget er hentet fra Trondheim kommune. Det er beregnet i 31 380 fasadepunkter for boliger langs riks-, fylkes- og kommunal veg. Som det fremgår av figurene er det relativt høy korrelasjon mellom A-veid tidsmidlet støynivå for natten (L_{night}) og en statistisk verdi av maksimalt lydtryknivå (L_{5AF}) med en korrelasjonskoeffisient på 0,703. Det ble funnet nærmest en eksakt sammenheng mellom støynivå på natten (L_{night}) og tidsmidlet støynivå for døgnet (L_{den}), med en korrelasjonskoeffisient på 0,999.



Figur 4.1. Sammenheng mellom L_{5AF} og L_{night} for vegtrafikkstøy.



Figur 4.2. Sammenheng mellom L_{night} og L_{den} for vegtrafikkstøy.

4.2 Jernbanestøy

4.2.1 Kartlegging av støy, datagrunnlag og omfang

I 2010 ble det gjennomført kartlegging av utendørs og innendørs støy for hele det norske jernbanenettet. Kartleggingen innebar utvikling av en ny beregningsmodell i beregningsverktøyet CadnaA. Den nye modellen gjør det mulig å kartlegge både L_{den} , $L_{p,A,24h}$ og L_{night} i samme beregning. CadnaA har funksjonalitet for å beregne maksimalnivå for en togpassering. Hver beregning må imidlertid gjøres manuelt, så det egner seg ikke til å kartlegge i stort kvantum. Programmet kan heller ikke beregne statistisk maksimalnivå (L_{5AF} el.) direkte. Beregningene av L_{night} utendørs er gjort i fasadeplan for alle bygningene som er registrert som helårsbolig i eiendomsregisteret (GAB).

Beregningsmodellen gjør det også mulig å generere støysonekart iht. retningslinjen T-1442/2012 samt strategisk støykartlegging etter forurensningsforskriften, men for å få til dette må det gjøres ekstra beregninger (rutenett av beregningspunkter) for det aktuelle området.

Beregningene er gjort med nordisk beregningsmetode for jernbane (Nord96) og baserer seg på togtrafikken i 2009 og kartmodell som er hentet fra Norge digitalt. Beregningsmodellen er utviklet i dataverktøyet CadnaA. Modellen inkluderer terreng, bygninger og støyskjermer innenfor én kilometer fra sporet. Trafikkdata som er grunnlag for støyberegningene er hentet ut fra Jernbaneverkets database TIOS (Trafikkinformasjons- og oppfølgingssystem), her registreres alle tog med planlagt rute. Det er imidlertid kun tog fra NSB og CargoNet som registreres med såkalt vognopptak, slik at informasjon om togtype og lengde ligger i databasen. Tog fra andre operatører må estimeres mer manuelt.

Skiltet hastighet legges til grunn for beregningene. Høyeste tillatte hastighet er skiltet langs sporet. Hastigheten vil imidlertid variere med sporforhold, kurver, stigning/fall og lignende, og kan variere mye på en strekning mellom to stasjoner. Siden trafikk tallene ellers har oppløsning fra stasjon til stasjon, er det mest hensiktsmessig å ha hastigheter i samme oppløsning til bruk i beregningsverktøy. Derfor blir det beregnet et *veid gjennomsnitt av skiltet hastighet* fra stasjon til stasjon. Hastighetene veies etter hvor lang strekning de gjelder.

Beregning av innendørs støynivå etter forurensningsforskriften kap. 5 del II baseres på beregnet støynivå utendørs i fasadeplanet og en generell nivåforskjell på 28 dB mellom utendørs og innendørs lydnivå (uten å ta hensyn til ventil). Denne estimerte forskjellen mellom utendørs og innendørs støynivå baserer seg på erfaringstall fra tidligere befaringer og målinger i boliger i regi av JBV.

Med den nye beregningsmodellen er det enkelt å oppdatere trafikk tall og kjøre støyberegninger. Etter planen skal dette gjøres hvert år slik at det blir lettere å se hvordan støybelastningen utvikler seg. Det er noe mer omfattende å oppdatere modellen med nye terreng- og bygningsdata. Dette vil bli gjort minimum hvert femte år i forbindelse med rapportering iht. innendørskravet i forurensningsforskriften. Modellen dekker hele det norske jernbanenettet i ordinær drift, så nasjonale data kan hentes ut direkte.

4.2.2 Antall personer eksponert for jernbanestøy

JBVs egne data

JBVs beregningsmodell leverer støynivå per bygning og ikke per boenhet. Bygningene er identifisert ved bygningsnummer i eiendomsregisteret. På den måten er det mulig å hente antall boenheter for bygningen.

For å beregne antall personer per boenhet er det brukt gjennomsnitt per fylke. Dette gjennomsnittet varierer fra 1,9 i Oslo til 2,5 i Rogaland. Gjennomsnittet på landsbasis er 2,3 personer per boenhet. For store boligbygg gjøres en korreksjon for antall boenheter, siden mange av dem ikke vil ligge på den mest støyutsatte siden.

Kartleggingen har gitt verdifulle data om støyeksponering fra jernbane. Forskjellene i forhold til tidligere kartlegginger er små, men det ble avdekket fem boliger som overskred grenseverdi for innendørs støy i forurensningsforskriften kap 5. Tabell 4.4 viser landsoversikt over antall bygninger og personer utsatt for L_{night} i desibelintervaller fra $L_{\text{night}} 45$ dB og oppover.

Tabell 4.4: Antall bygninger og personer utsatt for ulike nivå av L_{night} 2009. Data fra JBV.

| L_{night} (dB) | 45–50 | 50–55 | 55–60 | 60–65 | 65–70 | 70–75 | ≥75 | Totalt > 45 |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-----|-------------|
| antall bygninger | 28 049 | 14 853 | 8 097 | 3 839 | 640 | 46 | 0 | 55 524 |
| antall personer | 99 004 | 54 038 | 30 708 | 15 022 | 3 167 | 408 | 0 | 202 347 |

Data som inngår i SSBs nasjonale støymodell

SSB har gjort egne forenklede beregninger for jernbane basert på trafikk (grunnlaget er fordelt på dag, kveld og natt de siste årene). SSB har imidlertid tilgang til folkeregisteret og vil således kunne beregne mer nøyaktig antall eksponerte. I tabell 4.5 er vist data fra SSB på antall eksponerte personer for jernbanestøy. Per i dag benytter de kun $L_{p,A,24h}$ i sin støymodell. Med den nye kartleggingsmodellen er JBV i stand til å levere ferdigberegnete data for $L_{p,A,24h}$, L_{den} og L_{night} . På denne måten vil SSBs beregninger bli ytterligere forbedret.

Tabell 4.5. Antall støyutsatte personer fra jernbane i 2007. Data fra SSB, 2009.

| $L_{p,A,24h}$ (dB) | 50–55 | 55–60 | 60–65 | 65–70 | ≥70 | Totalt > 50 |
|--------------------|--------|--------|--------|-------|-----|-------------|
| Antall personer | 62 500 | 39 100 | 17 500 | 2 900 | 500 | 122 500 |

4.2.3 Usikkerhet i beregninger og svakheter i beregningsgrunnlaget

Usikkerheten i modellen knytter seg først og fremst til kvaliteten på bakgrunnsdata, hastighetsberegninger og beregning av antall støyutsatte personer.

Det er ikke alle kommuner som har like god kvalitet i det digitale kartverket, for enkelte kommuner er materialet lite oppdatert. Det er derfor ikke sikkert at alle nyere bygninger har kommet med i modellen. For Oslo og Akershus der nattstøyproblemet er størst, er kartkvaliteten generelt svært god.

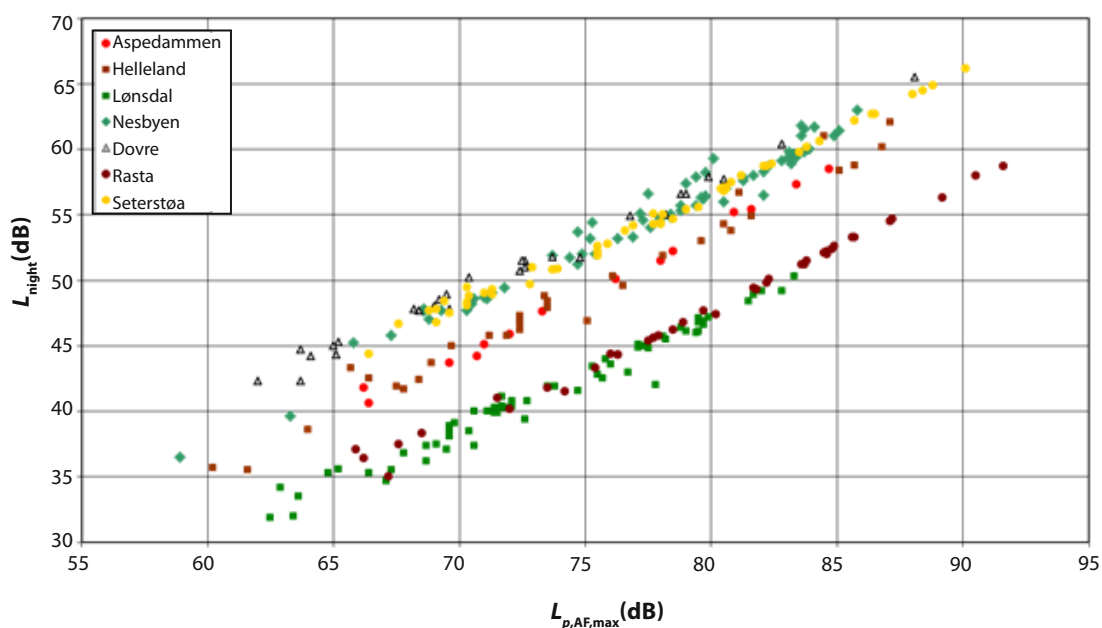
Beregning av gjennomsnittlig hastighet blir ikke helt riktig for alle punkt langs linja, spesielt dersom det er store variasjoner i hastighet på strekningen (lav gjennomsnittlig hastighet selv om skiltet hastighet over en kort strekning er høy). Det er heller ikke tatt hensyn til kjedebrudd (avvik i kilometrering/kilometerangivelse) i modellen siden dette kun vil ha vesentlig betydning i helt spesielle tilfeller. Videre vil ikke signal- og hensettingsstøy fanges opp ved beregning av støynivå. JBV har et pågående FoU-prosjekt for kartlegging av terminalstøy. Prosjektet ventes ferdig i 2013, og vil forhåpentligvis gi klare indikasjoner på omfanget av slik støybelastning.

Beregning av antall støyutsatte boenheter per bygning er forholdsvis konservativ, selv om det korrigeres for store boligbygg. Eksempelvis vil nyere store boligbygg som ligger nær jernbanen oftest ha få vinduer og gjerne trappeganger på den siden som er mest støyutsatt.

4.2.4 Sammenheng mellom ulike måleparametere

JBV har gjort en sammenstilling av maksimalt og tidsmidlet støynivå på natt for jernbanestøy ved sju utvalgte lokaliteter. Beregningene viser at størrelsene korrelerer svært godt for beregningspunktene fra samme område, men det er noe «faseforskyvning» mellom stedene (figur 4.3). Korrelasjon mellom de ulike punktene i samme område har koeffisient på 0,986–0,997, mens for alle punktene sammen er koeffisienten noe lavere (0,827).

De to stedene med dieseldrift (Lønsdal på Nordlandsbanen og Rasta på Rørosbanen) skiller seg litt ut fra resten ved høyere maksimalnivåer i forhold til L_{night} enn de elektrifiserte banene. Dette skyldes trolig mindre trafikk om natten her enn de andre stedene. Lønsdal og Rasta har, ifølge trafikk tallene, i gjennomsnitt kun én godstogpassering hver natt.



Figur 4.3 Sammenheng mellom L_{night} og $L_{p,AF,max}$ for jernbane ved 7 ulike steder langs jernbanenettet.

4.3 Støy fra trikk/T-bane

4.3.1 Støykartlegging og beregningsmetoder

Kartlegging av støy fra T-bane og trikk gjennomføres av ansvarlig kommune. For trikk og T-bane omtales her kun beregninger for Oslo gjennomført av Oslo kommune (Oslo kommune, 2007). Kollektivtransportproduksjon AS (KTPAS) (tidligere AS Oslo Sporveier) har utredet utendørs og innendørs støy fra driftsformene sporvogn (trikk) og T-bane. Det er benyttet nordisk beregningsmetode for skinnegående trafikk og beregningsverktøyet CadnaA versjon 3.6. Siste beregning ble gjort for året 2006. Beregninger av støy baseres på en terrengmodell inkludert høydekoter, bygninger, støyskjermer og marktyper. I modellen er det videre inkludert hele linjenettet og alle trafikkdata for å få en komplett beregningsmodell. Alle vogntypene er lagt inn med støyemisjonsdata etter standardisert prosedyre i nordisk beregningsmetode. Neste kartlegging vil gjennomføres i 2012.

4.3.2 Antall personer eksponert for støy fra trikk og T-bane.

Oslo kommune har kartlagt støy fra trikk og T-bane i Oslo i forbindelse med støykartlegging for 2006 (Oslo kommune, 2007). Trikk og t-bane (Kollektivtransportproduksjon AS) er støyberegnet av Brekke og Strand Akustikk AS. Beregningene viser at 17 241 boenheter er utsatt for L_{night} nivåer over 50 dB (tabell 4.6). Det er ikke gjort beregninger av hvor mange personer som er utsatt for L_{night} fra trikk og T-bane over L_{night} 50 dB, men basert på gjennomsnittlig antall personer per boenhet i Oslo vil dette være omlag 32 700 personer. Ytterligere 7 705 boenheter og omlag 14 640 personer er utsatt for støy fra trikk og T-bane dersom man inkluderer dem som er utsatt fra L_{night} 45 dB.

Det er grunnlag for å inkludere nattstøy fra trikk og T-bane i SSBs nasjonale støymodell, da disse kildene er inkludert i modellen, men siden beregninger gjøres kun for $L_{p,A,24h}$ må det gjøres tilpasninger for å inkludere beregninger for nattperioden.

Tabell 4.6. Støyberegninger for trikk og T-bane (KTP AS).
Strategisk støykartlegging for Oslo 2006.

| L_{night} | Antall bygninger | Antall boenheter |
|--------------------|------------------|------------------|
| < 30 | 3 113 | 12 991 |
| 30–35 | 1 804 | 8 846 |
| 35–40 | 1 833 | 9 926 |
| 40–45 | 1 776 | 10 834 |
| 45–50 | 1 279 | 7 705 |
| 50–55 | 944 | 6 261 |
| 55–60 | 596 | 7 931 |
| 60–65 | 244 | 3 049 |
| Sum | 11 589 | 67 543 |

4.3.3 Svakheter i modellen og forbedringspotensial

Usikkerheten i den nordiske beregningsmetoden er i størrelsesorden ± 3 dB. Den største usikkerheten i beregningene ligger i kvaliteten på inngangsdataene, nærmere bestemt data på støyemisjon og kjørehastighet. Det største forbedringspotensialet ligger i å skaffe tilveie bedre målinger fra kjøretøy som kan benyttes som emisjonsdata i modellen. I tillegg vil reell kjørehastighet, spesielt for trikk, avvike fra skiltet/tillatt hastighet, slik at bedre data på reell hastighet vil redusere usikkerheten i beregningene.

4.4 Flystøy

4.4.1 Kartlegging av støy, datagrunnlag og omfang

Basis for støykartlegging av statlige flyplasser er Miljøverndepartementets retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging (T-1442/2012), og forurensningsforskriftens kap. 5, med tilhørende veiledere. Disse dokumentene setter en rekke krav til beregningsgrunnlag og beregningsmetode. Avinor har kartleggingsansvar for de sivile flyplassene, mens FVB tar hånd om de militære.

Flystøykartlegging i regi av Avinor og FBV benytter beregningsmodellen NORTIM, slik regelverket krever. Det benyttes samme grunnlag for beregninger av både støysonegrenser etter T-1442/2012, samt innendørs og strategisk kartlegging etter forurensningsforskriftens kap. 5. Beregningsmodellen har en omfattende database med informasjon om støy og flyegegenskaper for mer enn 600 ulike luftfartøy. I nært samarbeid med lokal lufttrafikkjeneste lages et sett med flytypespesifikke traséer for landing og avgang, støttet i foreliggende prosedyrer publisert av Avinor og godkjent av Luftfartstilsynet, samt i noen tilfeller flyselskapenes og operatørens egne prosedyrer. Grunnlaget ved flystøykartlegging er all registrert flytrafikk for ett kalenderår. Disse registreringene angir flytype og tidspunkt for hver landing og avgang. Herunder inngår også lokal øvingsflyging (landingsrunder).

Beregningsmodellen NORTIM har muligheter for å beregne et stort antall måleenheter (bl.a. $L_{p,A,24h}$, L_{den} , L_{night} , L_{5AS}), mens rapporteringene er begrenset til hva dagens regelverk krever.

Spesielt for nattperioden 23.00–07.00, rapporteres resultater som forutsatt i regelverket. For bygninger med støyømfintlig bruksformål gjøres det kartlegging og opptelling ved flyplasser med mer enn 50 000 årlige flybevegelser, basert på L_{night} . Denne kartleggingen er derfor begrenset til Oslo lufthavn Gardermoen, Stavanger lufthavn Sola, Bergen lufthavn Flesland og Trondheim lufthavn Værnes.

Ut over dette inngår den statistiske maksimumsnivåenheten L_{5AS} for nattperioden ved flystøysonekartlegging for alle lufthavner. Disse beregningene vises kun som koordinatfestede konturer for 80 og 90 dB.

Kartlegging av flystøy som Avinor gjennomfører i 2012 dekker både oppdatering av flystøysonekart og alle krav etter forurensningsforskriften, og omfatter alle flyplasser med mer enn 50 000 registrerte sivile flybevegelser i 2011. Alle måleparametere beregnes for alle bygninger med utendørs tidsmidlet lydtryknivå over døgnet over 30 dB. Basert på normtall for nivåreduksjon i fasaden kartlegges også innendørs støynivå.

FVB kartlegger p.t. 5 flystasjoner med militær aktivitet. Dette er Andøya, Bardufoss, Bodø, Rygge og Ørlandet (tabell 4.7).

Tabell 4.7. Oversikt over de siste gjennomførte kartlegginger av støy fra militær flyaktivitet.

| Flystasjon | Siste kartlegging |
|------------|-------------------|
| Andøya | 2002 |
| Bardufoss | 2004 |
| Bodø | 2007 |
| Rygge | 2007 |
| Ørland | 2002 |

Det er med andre ord et etterslep med hensyn til støykartlegging for flere av flystasjonene. Bardufoss er imidlertid under arbeid, og det er planlagt at også Andøya skal støykartlegges inneværende år. For øvrig er det endringer i Forsvarets luftfartsstruktur, og dette henger på den politiske beslutningen om lokalisering av ny kampflybase. Den politiske beslutningen vedrørende lokalisering ventes å bli tatt vårsesjonen 2013.

Med dagens aktivitet er militær trafikk så liten på natt at den ikke når opp i det kriterium som er definert i veilederen til T-1442 for beregning av L_{5AS} . Siden L_{den} dimensjonerer støyutbredelsen omkring alle flystasjonene per i dag, har ikke maksimalnivåkravet på natt vært så relevant i denne sammenheng.

Det er imidlertid viktig for Forsvaret å ha mulighet til å trene på nattflyving for å kunne være forberedt på den typen situasjoner hvis behov. Det er imidlertid usikkert hvorvidt innføring av en parameter L_{night} vil bli dimensjonerende på de flystasjoner der Forsvaret har behov. For å gjøre endringer på dette må man ha oversikt over konsekvensen dette vil medføre.

4.4.2 Antall personer eksponert for flystøy

Både retningslinjer for støy i arealplanlegging (T-1442/2012) og forurensningsforskriften forutsetter kartlegging av en fremtidig situasjon. Ut fra en vurdering av langsiktige prognosers usikkerhet, avgrenses prognoseperioden for støyberegningene normalt til ti år. Dette gjelder både støysonekartlegging etter T-1442/2012 og strategisk kartlegging etter forurensningsforskriften. Tabell 4.8 viser resultater av kartleggingen av utendørs støy på natt (L_{night}) ved boliger for Avinors fire største lufthavner, Gardermoen, Sola, Flesland og Værnes, basert på Avinors kartlegging etter forurensningsforskriftens kap. 5.

Tabell 4.8. Prognose for antall boliger og bosatte eksponert for nattstøy (L_{night}) ved Avinors 4 største flyplasser. Data fra Avinor.

| Nivå-intervall L_{night} (dB) | Gardermoen prognose 2015 | | Sola prognose 2015 | | Flesland prognose 2016 | | Værnes 2010 | |
|---|-----------------------------|---------|-----------------------|---------|---------------------------|---------|----------------|---------|
| | Boliger | Bosatte | Boliger | Bosatte | Boliger | Bosatte | Boliger | Bosatte |
| 50–55 | 134 | 200 | 231 | 884 | 267 | 695 | 115 | 295 |
| 55–60 | 98 | 306 | 34 | 134 | 130 | 348 | 82 | 212 |
| 60–65 | 17 | 260 | 1 | 3 | 17 | 46 | 0 | 0 |
| 65–70 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| > 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Totalt > 50 | 251 | 772 | 266 | 1021 | 414 | 1089 | 197 | 507 |

For militær flystøy skal data fra siste kartlegging utført av SINTEF være oversendt SSB. Eksempel på synliggjøring av antall berørte for *militær flystøy* ved vurdering iht. T-1442/2012 og forurensningsforskriftens kap. 5 er vist i hhv. tabell 4.9 og 4.10.

Tabell 4.9: Antall støyeksponerte personer i helårsboliger basert på dagens situasjon ved siste kartlegging. Støysonene dimensjoneres i hovedsak av jagerfly. Data fra FVB.

| Flyplass | $L_{p,A,24h}$ (dB) | $L_{p,A,24h}$ (dB) | $L_{p,A,24h}$ (dB) | $L_{p,A,24h}$ (dB) | $L_{p,A,24h}$ (dB) | Totalt > 50 dB |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | 50–55 | 55–60 | 60–65 | 65–70 | >70 | |
| Andøya | 1227 | 360 | 127 | 36 | 0 | 1 750 |
| Bardufoss | 907 | 562 | 131 | 49 | 0 | 1 649 |
| Bodø | 6 374 | 3 268 | 428 | 26 | 0 | 10 096 |
| Rygge | 2 486 | 2 033 | 1 390 | 123 | 14 | 6 046 |
| Ørland | 2 258 | 664 | 263 | 95 | 63 | 3 343 |
| Totalt | 13 252 | 6 887 | 2 339 | 329 | 77 | 22 884 |

Tabell 4.10: Antall bygninger med støyfølsomt bruksformål innenfor kartleggingsgrensene basert på dagens situasjon ved siste kartlegging. Støysonene dimensjoneres i hovedsak av jagerfly. Data FVB/Avinor.

| Flyplass | $L_{p,A,24h}$ (dB) | $L_{p,A,24h}$ (dB) | $L_{p,A,24h}$ (dB) | $L_{p,A,24h}$ (dB) |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 55–58 | 58–65 | >65 | Totalt > 55 |
| Andøya | 102 | 90 | 14 | 206 |
| Bardufoss | 103 | 91 | 21 | 215 |
| Bodø | 702 | 385 | 980 | 2 067 |
| Rygge | 323 | 800 | 49 | 1 172 |
| Ørland | 191 | 157 | 55 | 403 |
| Totalt | 1 421 | 1 523 | 1 119 | 4 063 |

Antall personer innenfor ulike støykoter beregnes ut ifra gjennomsnittlig antall personer per bygningstype, som hentes fra statistikk utført av SSB. Statistikken har en fylkesvis justering av gjennomsnittet, men det er ingen informasjon om hvor mange boenheter det er per bygning. Eksempelvis er det lokale variasjoner om hvorvidt rekkehus blir angitt som en bolig, eller om hver leilighet blir definert som en bygning.

Data som inngår i SSBs nasjonale støymodell

Per i dag mottar SSB støymodelleringer (NORTIM) rundt flyplassene og trafikk. Inntil nå er det benyttet $L_{p,A,24h}$ men det er også L_{night} i NORTIM. SSB setter modelleringene sammen med bosatte og lager statistikk for støyutsatte og SPI. Tabell 4.11 viser antall personer utsatt for flystøy i ulike støynivåkategorier ($L_{p,A,24h}$) beregnet av SSB. Hvis tall for nattstøy skal med, må dette legges til i SSBs beregningsrutiner.

Tabell 4.11: Antall personer eksponert for flystøy. Data fra SSB.

| $L_{p,A,24h}$ (dB) | 50-55 | 55-60 | 60-65 | 65-70 | >70 | Totalt > 50 |
|--------------------|--------|--------|-------|-------|-----|-------------|
| 2007 | 49 500 | 17 500 | 80 00 | 2 200 | 400 | 77 600 |

Den norske flystøyberegningssmodellen NORTIM gir grunnlag for vurdering av en rekke måleparametere, ut over hva gjeldende regelverk forutsetter. Det er således lagt til rette for alternative beskrivelser av støy.

4.4.3 Usikkerhet og svakheter i beregningene

Flystøyberegninger for sivil luftfart er basert på registrert total årstrafikk. Hver eneste flybevegelse er registrert med tidspunkt for landing/avgang, flytype og avgangssted/reisemål. Dette sikrer korrekt døgnfordeling. I modellens database er hver flytype definert med en rekke avgangsprofiler med ulike avgangsvekter, og tilpasning til avgangsvekt er koordinert med avstand til destinasjon.

Alle lufthavnene har fastsatte prosedyrer for både landinger og avganger, slik at i hovedsak er flygemønsteret kjent. Ved behov tas det i tillegg hensyn til flytypenes flyeegenskaper. Statistiske spredninger rundt fastlagt flygemønster dekkes av en internasjonal standard modell (ECAC Doc. 29, 3rd ed.).

Trafikkens fordeling på baneretning er et usikkerhetsmoment siden det ikke gjøres kontinuerlige registreringer av dette. Flygelederens lange erfaring kombinert med vindstatistikk gir et beregningsgrunnlag med akseptabel nøyaktighet.

Nøyaktigheten i beregningene er god. Tester foretatt ved Oslo lufthavn Gardermoen viser et gjennomsnittlig avvik mellom målt og beregnet støy for mer enn 60 000 bevegelser (landinger og avganger) med de flytyper som forekommer i Norge på mindre enn 0,5 dB. Beregninger gir en svak overestimering av målt nivå.

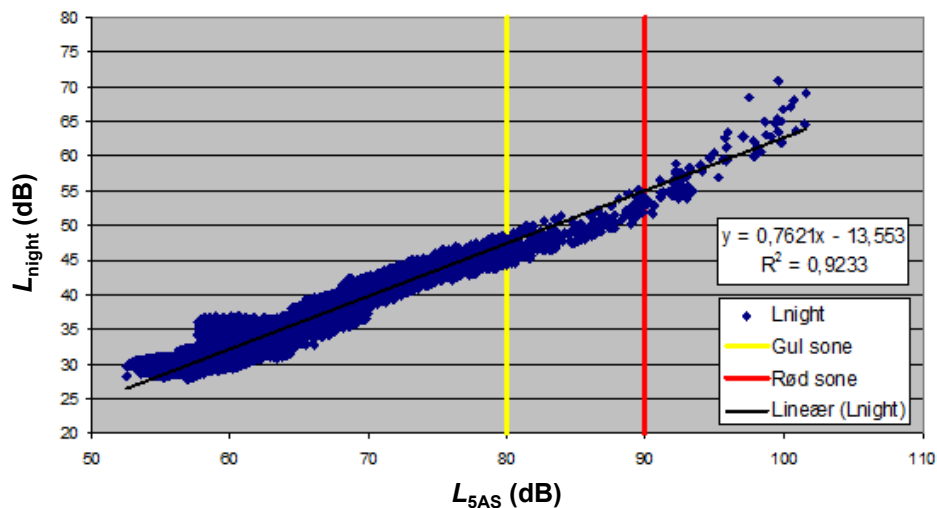
For militær flystøy er det gjort en sammenligning av langtidsmålinger og beregninger for tilsvarende trafikk som viser at avviket i støyberegningene er på <0.5 dB. NORTIM, som er godkjent beregningssmodell for flystøy i Norge, tar hensyn til topografi. I Norge, hvor man har store variasjoner i topografi, kan dette ha stor betydning for utbredelsen.

Beregning av antall bosatte koplet til utendørs eller innendørs støybelastning er usikker fordi Avinor må basere bosettingsmønsteret på GAB og gjennomsnittlig bosatte per bygningstype.

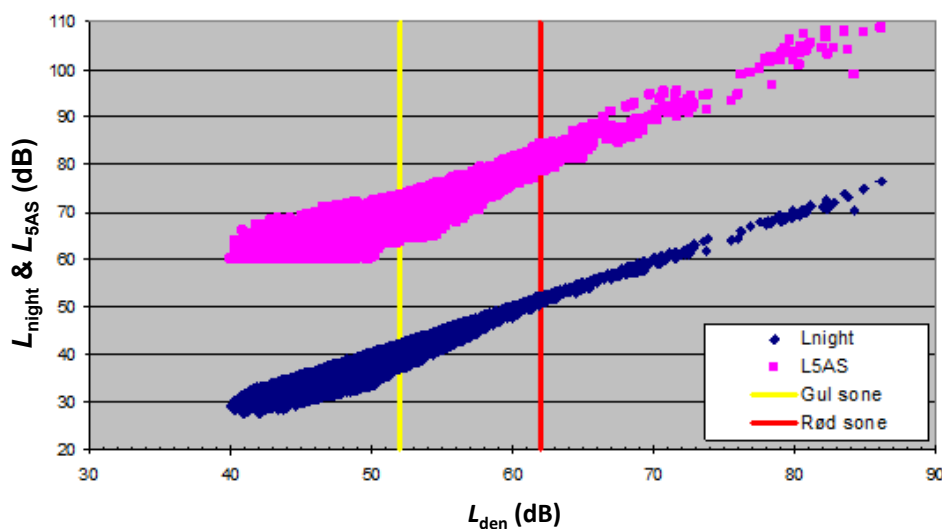
4.4.4 Sammenheng mellom ulike måleparametere

Det er gjennomført sammenligninger mellom beregnet L_{den} og L_{night} og L_{5AS} for flyplasser med ulik type trafikk. Under forutsetning av at lufthavnen har tilstrekkelig nattrafikk til at L_{5AS} kan beregnes, er sammenhengen mellom de ulike måleenhetene ganske like. Hammerfest lufthavn har i hovedsak trafikk med to-motors turbopropfly. Analyse av sammenheng mellom L_{night} og L_{5AS} gir en korrelasjonskoeffisient på 0,96 (figur 4.4), basert på beregninger i 13 273 enkeltpunkter rundt lufthavnen. Nattrafikken i 2005 var på årsbasis 1232 flybevegelser (landing + avgang), mens totaltrafikken var på 11 410 bevegelser.

Bergen lufthavn Flesland har en sammensatt flytrafikk dominert av sivile jettfly med et markert innslag av større helikoptre. Analyse er basert på beregninger i 9230 enkeltpunkter. L_{den} viser en sterk korrelasjon med L_{night} og noe svakere med L_{5AS} (figur 4.5). Nattrafikken i 2005 på Bergen lufthavn var på årsbasis 5307 flybevegelser (landing + avgang), mens totaltrafikken var på 96 207 bevegelser.



Figur 4.4 Sammenheng mellom L_{night} og L_{5AS} for flystøy. Beregninger gjennomført for Hammerfest lufthavn, 2005.

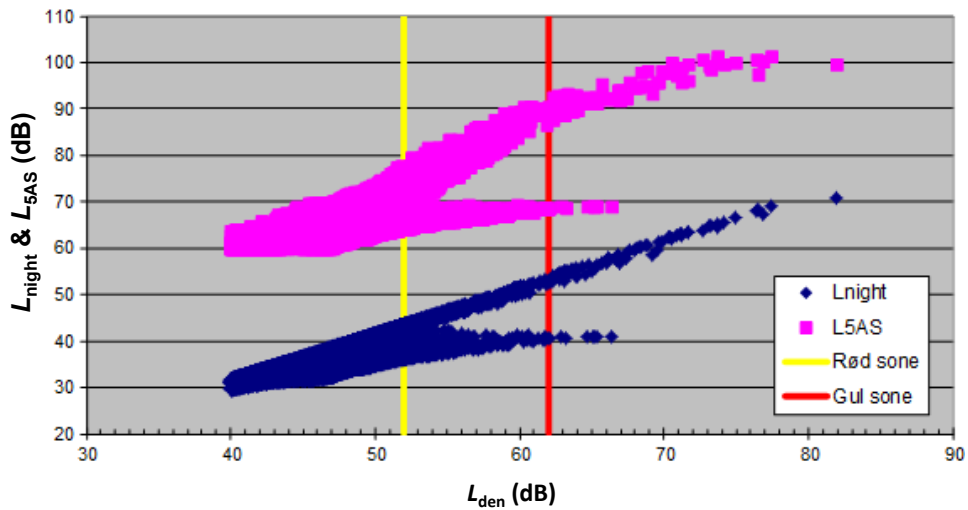


Figur 4.5 Sammenheng mellom L_{night} og L_{den} og mellom L_{5AS} og L_{den} for flystøy. Beregninger gjennomført for Bergen lufthavn Flesland, 2006.

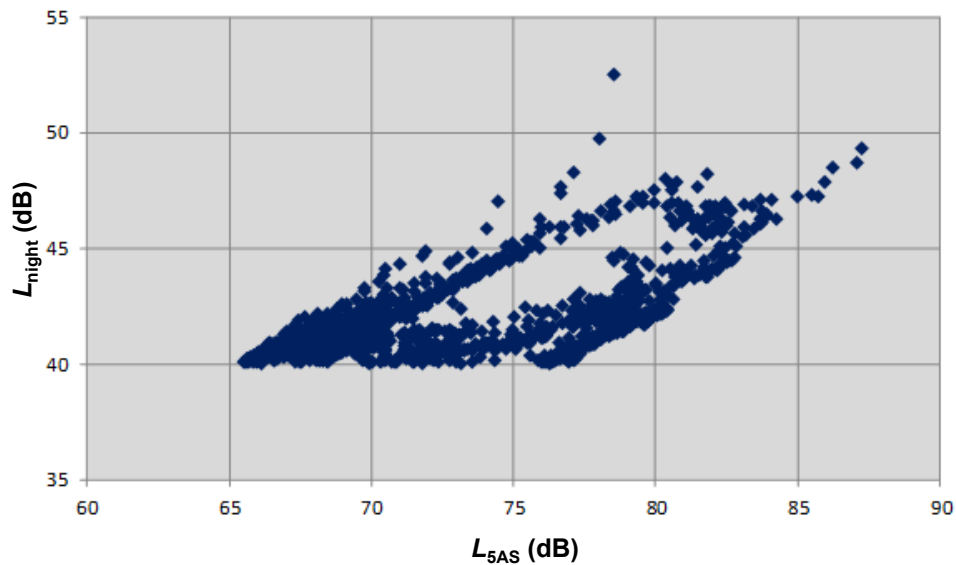
For flyplasser hvor trafikkavviklingen på natt avviker fra døgngjennomsnittet, enten i volum eller flygemønster, vil L_{night} gi informasjon ut over hva som kan avledes fra L_{den} . De følgende figurer er eksempler på dette, og underbygger nytten av L_{night} .

På Hammerfest gir særlig ambulansflyging med helikopter på natt et flygemønster som avviker fra flytrafikkens dominerende overflygingsområder, og som derfor gir en særskilt sammenheng mellom L_{den} og L_{night} (figur 4.6).

På Bodø er trafikken støymessig dominert av militær jagerflytrafikk, som har avvikende flygemønster i forhold til sivil trafikk. Dette gir ulike fordelinger av L_{5AS} som funksjon av L_{night} (figur 4.7).



Figur 4.6 Sammenheng mellom L_{night} og L_{den} og mellom $L_{5\text{AS}}$ og L_{den} for flystøy. Beregninger gjennomført for Hammerfest lufthavn, 2005.



Figur 4.7 Sammenheng mellom L_{night} og $L_{5\text{AS}}$ for flystøy. Beregninger gjennomført for Bodø lufthavn, 2007.

Det er ikke gjort noen separat sammenligning mellom L_{night} og $L_{5\text{AS}}$ for militær flystøy, da det på grunn av liten aktivitet ikke er statistisk grunnlag for å beregne $L_{5\text{AS}}$ for natt for slik aktivitet.

4.5 Støy fra industri og næringsvirksomhet

4.5.1 Kartlegging av støy, datagrunnlag og omfang

I forbindelse med strategisk støykartlegging er det gjennomført støykartlegging høsten 2011 av i alt 45 IPPC- bedrifter. Bedriftene er lokalisert i følgende kommuner: Bergen, Fredrikstad, Oslo, Randaberg, Rælingen, Sandnes, Sarpsborg, Skedsmo, Sola, Stavanger og Trondheim.

Støynivået fra industri kan beregnes med to forskjellige metoder. Til kartlegging og produksjon av støysoner kan både nordisk beregningsmetode for industristøy og metoden angitt i ISO 9613-2 benyttes. Til detaljerte beregninger i plansak bør kun nordisk beregningsmetode benyttes.

4.5.2 Antall personer eksponert for støy fra industri og næringsvirksomhet

Bedriftene er kartlagt ned til L_{den} 55 dB og L_{night} 50 dB. Resultater for *antall bygninger* utsatt for L_{night} ved ulike nivåer for de 45 IPPC- bedriftene som er kartlagt, er vist i tabell 4.12.

Tabell 4.12. Antall bygninger utsatt for støy etter støyintervall (dB). L_{night}

| L_{night} (dB) | 45 - 50 | 50 - 55 | 55 - 60 | 60 - 65 | 65 - 70 | Totalt > 50 |
|------------------|--------------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| Industri | Ikke vurdert | 56 | 0 | 0 | 0 | 56 |

Data fra SSBs nasjonale støymodell

Metoden for å beregne støyeksponering fra industri og næringsvirksomhet er utarbeidet som et samarbeid mellom SINTEF og SSB. Metoden er beskrevet i SSB notat 33/2011, Støyplage i Norge, dokumentasjon av metode. Tidsmidlet støynivå over døgnet, $L_{p,A,24h}$ og SPI beregnes. Hvis tall for nattstøy skal med, må dette legges inn i SSBs beregningsrutiner.

I tabell 4.13 og 4.14 er SSBs beregninger for hele landet vist som henholdsvis *antall bosatte* og *antall bygninger*. SSB har ingen vurdering av L_{night} , så her vises tallene for $L_{p,A,24h}$.

Tabell 4.13. Antall bosatte utsatt for støy etter støyintervall (dB). Næring. 2010.

| $L_{p,A,24h}$ (dB) | 45 - 50 | 50 - 55 | 55 - 60 | 60 - 65 | 65 - 70 | Totalt > 45 |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| I alt | 301 400 | 109 800 | 37 900 | 5 800 | 1 500 | 456 400 |
| Industri | 188 500 | 65 900 | 22 000 | 3 000 | 400 | 279 800 |
| Annen næringsvirksomhet | 112 900 | 43 900 | 15 900 | 2 800 | 1 100 | 176 600 |

Tabell 4.14. Antall bygninger utsatt for støy etter støyintervall (dB). Næring. 2010.

| $L_{p,A,24h}$ | 45 - 50 | 50 - 55 | 55 - 60 | 60 - 65 | 65 - 70 | Totalt > 45 |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| I alt | 69 500 | 24 700 | 8 600 | 1 300 | 400 | 104 500 |
| Industri | 42 900 | 14 700 | 5 100 | 700 | 100 | 63 500 |
| Annen næringsvirksomhet | 26 600 | 10 000 | 3 500 | 600 | 300 | 41 000 |

4.6 Andre relevante datakilder

4.6.1 SSBs levekårsundersøkelser og befolkningsgrunnlag

Per i dag fanger SSB opp støyplage og søvnforstyrrelser på grunn av støy direkte gjennom spørsmål i levekårsundersøkelsen. Støy er en del av spørsmålene under temaet bomiljø. Dette har vært gjentatt hvert 3. år, og støy har vært med i 1997, 2004, 2007. Resultater fra levekårsundersøkelsen i 1997 og 2004, hvor søvnproblemer på grunn av støy inngikk i spørsmålene, viste at en andel på 5 prosent av befolkningen, godt i overkant av 200 000 mennesker, oppgir at de har søvnproblemer på grunn av støy. Her er det ikke skilt på ulike typer støy, men stilt spørsmål om søvnproblemer på grunn av støy generelt. Levekårsundersøkelsen er en utvalgsundersøkelse med om lag 5000 personer som intervjues ved besøk og telefon. Bomiljø er tema igjen i 2012. Levekårsundersøkelsen integreres i den europeiske undersøkelsen EU-Silc, og det er ikke avklart hvilke støyspørsmål som skal være med.

I tillegg til data fra levekårsundersøkelsene som fanger opp andel i befolkningen med støyrelaterte søvnforstyrrelser, har også SSB mulighet til å koble støydata til folkeregisteret for å gi et mer korrekt estimat på antall personer som er utsatt for ulike støynivåer.

5 Grunnlag for valg av indikator

”Indikator” er opprinnelig latinsk og utledet av verbet å indikere som betyr å an vise, påvise noe eller gi en pekepinn på noe. Indikatorer blir brukt for å an vise eller angi forhold som vi ikke har direkte informasjon om, som er for komplekse til å gi konkrete svar på eller er for kostbare og tidkrevende å måle direkte. En indikator skal med andre ord forsøke å kvantifisere et forhold; den skal altså bli angitt i målbare størrelser. For at en indikator skal være god må den derfor gjenspeile det fenomen man ønsker å måle. Dersom fenomenet reduseres, skal dette ideelt gjenspeiles i det målte nivå på indikatoren, og motsatt dersom fenomenet øker. I tillegg er det en fordel at indikatoren er forståelig og kommuniserbar.

Med hensyn til valg av indikator for søvnforstyrrelser som skyldes støy, er det viktig at en slik indikator kan avspeile utviklingen i støyrelaterte søvnproblemer over tid, både med hensyn til virkning av ulike tiltak og som grunnlag for en målsetning om en reduksjon av søvnproblemer som skyldes støy. I denne utredningen er det fokusert mye på kartlegging av støy fra de ulike kilder og hvordan dette kan danne grunnlag for en indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser. Som et alternativ kunne man målt søvnforstyrrelser som skyldes støy mer direkte gjennom regelmessige spørreundersøkelser. En slik tilnærming blir kort drøftet nedenunder i 5.1. Deretter drøftes den andre tilnærmingen, hvor man tar utgangspunkt i kartlagte støynivåer og sammenhenger med virkninger på søvn.

5.1 Direkte måling av støyrelaterte søvnforstyrrelser

Den eneste undersøkelsen vi kjenner til som gjennomføres regelmessig og som har med spørsmål om søvnforstyrrelser på grunn av støy i Norge er SSBs levekårsundersøkelser (nærmere omtalt i 4.6.1). Dersom man hadde inkludert spørsmål om søvnforstyrrelser som spesifikt spør om disse skyldes støy fra vegtrafikk, jernbane, fly etc. kunne disse dannet et fint grunnlag for å overvåke støyrelaterte søvnproblemer i Norge. Arbeidsgruppens vurdering er at resultater fra levekårsundersøkelsen gir nyttig informasjon, men er for lite presise, da estimatene baseres på et lite utvalg og er lite treffsikkert i forhold til problemråder samt som grunnlag for målrettede tiltak.

5.2 Indirekte måling med utgangspunkt i eksponering for nattstøy

Nedenfor drøftes ulike muligheter for å benytte en akustisk måleparameter som grunnlag for indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser. I kapitlene 3 og 4 er det gjennomgått relevant regelverk, kartlegging av støy og hvilke støyparametere som beregnes for de ulike kilder, og her vil disse drøftes opp mot hverandre. I tillegg til å være hensiktsmessig og entydig definert, er det avgjørende at denne måleparameteren viser god sammenheng med virkninger på søvn. Som grunnlag for en indikator er det også en forutsetning at det gjennomføres regelmessige og systematiske kartlegginger av denne måleparameteren.

5.2.1 Utendørs versus innendørs støynivå som grunnlag for indikator

Beregningsmodellene og -verktøy for de ulike støykildene gir i utgangspunktet kun resultater for utendørs støynivå. På den annen side er søvnforstyrrelser som følge av utendørs støy først og fremst knyttet til nivået inne i soverommet. Det er dette som er den reelle situasjonen, og kanskje det som er enklest for folk flest å forstå.

For å komme fra utendørs til innendørs nivå må man gjøre ekstra beregninger med egen metode. Slike beregninger forutsetter detaljerte data om bygningselementer og volum for hvert enkelt rom i bygningene som er utsatt. Ideelt sett er det forholdet i soverommene som bør kartlegges. Alt dette får man bare gjennom fysiske befaringer av hver enkelt bygning. I en del tilfeller kan det være nødvendig å måle støy utendørs og «beregne seg inn» i boligen. Dette kan for eksempel være fordi det er vanskelig å få tilgang til boligen. I andre tilfeller vil man måtte måle både utendørs og innendørs nivå og/eller måle fasadeisolasjonen direkte. Ved fastsettelse av innendørs støynivå må forhold rundt åpne ventiler og vinduer også avklares. Slik detaljert kartlegging enten ved beregning eller måling blir svært ressurskrevende og ansees derfor urealistisk til bruk i en nasjonal kartlegging per i dag.

For alle bygninger som ikke befares, er det praktisert å bruke normtall for å beskrive fasadeisolasjon, slik også kartlegging etter forurensningsforskriften legger til grunn. Slike normtall varierer noe fra kilde til kilde, for eksempel brukes 28 dB som standard forskjell mellom utendørs og innendørs nivå for jernbane. For vegtrafikk benyttes 28 dB for trehus og 30 dB for murhus. For flystøy varierer dempningsverdiene fra 18 dB (turbopropfly) til 26 dB avhengig av type trafikk. Fasadedempning eller nivåddifferanse som legges til grunn for kartleggingsgrensen for F-16 ved vurdering etter forurensningsforskriften er 23 dB. Dette er basert på den dårligste av standard utførelse på bolighus i Norge. De fleste andre hustyper vil ha bedre dempning enn dette. Erfaringstall basert på beregninger fra kartlegginger ved Bodø og Rygge viser at forskjellen mellom utendørs og innendørs lydtrykknivå er om lag 25 dB. Ulike valg av normtall skyldes at fasadeisolasjonens støydempende egenskaper varierer fra kilde til kilde bl.a. med hensyn til frekvenskarakteristikk. Bruk av slike standardiserte verdier for fasadeisolasjon vil introdusere usikkerhet siden vegger, vinduer og ventiler varierer mye.

En indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser basert på utendørs støynivå er derfor en fordel for å eliminere forskjeller i fasadeisolasjon og den usikkerheten dagens beregningsmetoder fører med seg. Med hensyn til forskningsbasert kunnskap foreligger det eksponerings-responssammenhenger for *utendørs* støynivå og selvrapporterte søvnforstyrrelser for fly-, jernbane- og vegtrafikkstøy. Systematisk innhentede data på sammenheng mellom støynivå *innendørs* og søvnforstyrrelser foreligger ikke for selvrapporterte søvnforstyrrelser. For flystøy er det gjort noen større studier som viser sammenheng mellom innendørs maksimalt støynivå og fysiologiske responser, men slike studier er mangelfulle for andre kilder. WHO's anbefalte grenser for nattstøy baseres også på utendørs støynivå (WHO, 2009).

Basert på vurderingene gjort ovenfor og kunnskapsgrunnlaget per i dag, mener arbeidsgruppen at beregning av *utendørs* støynivå danner det mest hensiktsmessige grunnlaget for en nasjonal indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser.

På sikt kan en videreutvikling av det verktøyet SSB har utviklet for nasjonal kartlegging av SPI, kombinert med bygningsinformasjon samlet i databasen Støybygg, gi grunnlag for en kartlegging av innendørs støy. Støybygg er basert på kartlegging av tiltaksplikt etter forurensningsforskriften, og forutsetter at innendørs støy beregnes med lukkede vinduer og ventiler. Slik utvidet kartlegging kan også gi grunnlag for oppdaterte eksponerings-responsfunksjoner basert på innendørs støybelastning.

5.2.2 A-veid tidsmidlet versus maksimalt lydtrykknivå som utgangspunkt for indikator

Vurdering av ulemper knyttet til støy på natt er flersidig. Metoden må være praktisk gjennomførbart, pålitelig og reproducerbar. Samtidig må resultatet være godt beskrivende for de ulemper støy på natt kan medføre.

I gjeldende nasjonalt regelverk benyttes ulike måleenheter for å beskrive støy på natt. Teknisk forskrift har i Norsk Standard NS 8175:2012 angitt krav til A-veid maksimalt lydtrykknivå, $L_{p,AF,max}$ forutsatt 10 hendelser eller flere som overskrider grenseverdien. Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging benytter en statistisk maksimalverdi (L_{5AF} eller L_{5AS}) og A-veid tidsmidlet støynivå

for nattperioden 23.00 - 07.00, L_{night} (kun for industri, havner og terminaler). Forurensningsforskriften benytter også L_{night} i tillegg til L_{den} for å beskrive støyeksposeringen.

World Health Organization (WHO) presenterte i 2009 sin rapport *Night Noise Guidelines for Europe*, med grenseverdier for både *Night Noise Guideline* (NNG) og *Interim Target* (IT). WHO legger til grunn omfattende forskning på området. Rapportens hovedkonklusjon er at L_{night} anbefales brukt for å beskrive de akkumulerte helserelaterte ulemper støy på natt kan medføre på lang sikt. Denne enheten er også definert i EUs Direktiv 2002/49/EF av 25. juni 2002. Strategisk støykartlegging etter forurensningsforskriften følger EU-direktivet og forutsetter også kartlegging med bruk av denne enheten, og definerer nattperioden til 23.00 – 07.00.

Akutte virkninger av støy på søvn som oppvåkninger og søvnstadiumendringer er knyttet til maksimalt støynivå for enkelthendelser. For å kunne si noe mer om hvordan støy påvirker omfang av søvnforstyrrelser eller negative virkninger på lengre sikt, er det helt nødvendig å ha en måleparameter/indikator som inkluderer antall støyhendelser i tillegg til maksimalt støynivå for enkelthendelser. En statistisk maksimalverdi for lydtryknivå slik som benyttet i T-1442/2012 er for dårlig vurdert i forhold til virkninger på søvn, og er derfor lite egnet som grunnlag for en nattstøyindikator. Et grunnleggende problem med å benytte en statistisk maksimalverdi av lydtryknivå for støyhendelsene er at «støyhendelse» ikke er definert. I veilederen til Retningslinjen (TA-2115/2005) åpnes det for muligheten å benytte en annen statistisk maksimalverdi, L_{A1T} , uttrykt som det støynivået som overskrides 1 % av tiden. Dette kan benyttes i stedet for L_{5AF} og L_{5AS} i situasjoner der de høyeste støytoppene forårsakes av flere kilder og at antall hendelser ikke er entydig eller grupperbare. Hvor god denne parameteren er til å forutsi virkninger på søvn er heller ikke studert, og er derfor også usikkert.

Videre er det måletekniske utfordringer knyttet til maksimalt lydtryknivå. En indikator knyttet til maksimalnivå vil gi ulemper knyttet til større fluktuasjoner i forhold til en indikator knyttet til et tidsmidlet lydtryknivå. Erfaringer viser at ukvalifiserte kontrollmålinger over begrenset tid gjøres i en del utsatte situasjoner. Slike målinger av maksimalt lydtryknivå vil vise større avvik fra gitte grenser, og dermed gi opphav til uriktige konklusjoner. Største variasjoner må vi forvente for flystøy fordi lydutbredelse over så store avstander påvirkes signifikant av både bakkedempning og atmosfærisk varierende turbulensdempning og absorpsjon.

For tidsmidlet støynivå for nattperioden, L_{night} , viser flere studier til en god sammenheng med selvrapporterte søvnforstyrrelser på grunn av støy. Her er det funnet eksponeringsresponsammenhenger for støy fra fly, jernbane og vegtrafikk. For andre kilder, som for eksempel industristøy er kunnskapen mangelfull på dette området. For kilder med høye nivåer på enkelthendelser og liten aktivitet, vil trolig L_{night} være mindre egnet, men kunnskapen her er mangelfull. For mange av kildene er det dokumentert en høy korrelasjon mellom L_{night} og et mål på maksimalt støynivå, enten $L_{p,AF,max}$, L_{5AS} eller L_{5AF} . Sammenhengen mellom maksimalt lydtryknivå og L_{night} synes også tilstrekkelig stabil selv ved få hendelser gjennom nattperioden i de få tilfellene som er undersøkt i denne rapporten. Kurvene for Lønsdal og Raste i Figur 4.3 (side 32) gjelder kun én togpassering per natt. Figur 4.4 (side 37) viser forholdene rundt Hammerfest, hvor gjennomsnittlig antall støyhendelser på natt ligger mellom 3 og 4.

I tabell 5.1 vises en summarisk oversikt over fordeler og ulemper ved tidsmidlet støynivå og ulike parametere for beskrivelse av maksimalt støynivå for natten, som utgangspunkt for en indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser.

Tabell 5.1. Oversikt over fordeler og ulemper ved tidsmidlet og maksimalt støynivå som grunnlag for indikator.

| Parameter | Fordeler | Ulemper |
|--|---|---|
| <i>Tidsmidlet støynivå for nattperioden</i> | Entydig definert (EUs rammedirektiv) | Mer usikker sammenheng med fysiologisk målte søvnforstyrrelser |
| L_{night} | Likt definert på tvers av kilder | Antatt dårligere sammenheng med søvnforstyrrelser i tilfeller med få, høye hendelser |
| | Kartlegges hvert femte år etter forurensningsforskriften (strategisk kartlegging) | Beregnes etter dagens regelverk kun ved mest eksponerte fasade, mens mange har soverom mot en stillere side |
| | Eksponerings-responsammenheng med selvrapporterte søvnforstyrrelser og mulige akkumulerte virkninger over tid. | |
| Ulike parametere for beskrivelse av maksimalt støynivå på natt $L_{p,AF,max}, L_{p,AS,max},$ L_{5AF}/L_{5AS} | Predikerer sannsynlighet for akutte virkninger på søvn (oppvåkninger, søvnstadiumendringer, CVD-responser). NB! Gjelder først og fremst maksimalt støynivå for enkelthendelser og ikke statistisk maksverdi som L_{5AF}/L_{5AS} | Måle/beregningsteknisk komplisert |
| | Kan være velegnet som prediktor for søvnforstyrrelser ved få høye hendelser | Generelt dårlig definert, og for ulike kilder er ulike parametere benyttet (generelt $L_{p,AF,max}$, men $L_{p,AS,max}$ for flystøy, samt L_{5AF}/L_{5AS} i T-1442/2012) |
| | | Usikker sammenheng med sekundære eller langtidseffekter – avhenger av varighet og antall hendelser. |

Basert på disse vurderingene anbefaler arbeidsgruppen at L_{night} benyttes som akustisk parameter for å beskrive virkninger av støy på natt.

5.3 L_{night} som utgangspunkt for indikator for støyselerte søvnforstyrrelser

På bakgrunn av en drøfting av ulike parametere for A-veid maksimalt støynivå og tidsmidlet støynivå for nattperioden (L_{night}), har arbeidsgruppen kommet frem til at per i dag er utendørs A-veid tidsmidlet støynivå på natt, L_{night} , best egnet som grunnlag for å beskrive mulige langtidsvirkninger av nattstøy på søvn og helse. Selv om det ikke foreligger god vitenskapelig dokumentasjon for sammenhenger mellom L_{night} og andre helseutfall enn søvnforstyrrelser, er det rimelig å anta at en reduksjon av L_{night} også vil redusere mulige langtidsvirkninger som følge av nattstøy.

Som en del av evalueringen har også de største kildeeierne (veg, jernbane og luftfart) sett på sammenheng mellom L_{night} og ulike parametere for maksimalt støynivå ($L_{p,A,max}$, L_{5AS}), og funnet høy korrelasjon mellom disse der det er jevn eller en viss nattaktivitet, slik at hensynet til umiddelbare virkninger på søvn også i en viss grad blir ivaretatt. For kilder med lav nattaktivitet er sammenhengen mer usikker. Dette gjelder i all hovedsak jernbanestrekninger med få passeringer og militær flyaktivitet.

Korrelasjonen mellom L_{den} og L_{night} er også høy, spesielt for vegtrafikk. Slik sett kunne man tenke seg at L_{den} er like godt egnet til å predikere søvnforstyrrelser som L_{night} . Årsaken til den høye korrelasjonen er at det ofte benyttes standard døgnfordeling av trafikken for beregning av L_{den} og

L_{night} . Bedre informasjon om faktisk døgnfordeling av vegtrafikken for ulike typer vegger kan gi bedre data på L_{night} . L_{den} sier heller ikke noe om faktisk støyeksponering på natt. I tillegg er eksponeringsresponsammenhenger for trafikkstøy og søvnforstyrrelser utviklet med bruk av L_{night} .

5.3.1 Svakheter i kartlegging og beregningsgrunnlag

Etatene peker på ulike utfordringer knyttet til det å få et best mulig beregningsgrunnlag for antall personer utsatt for nattstøy. Felles for samtlige etater er at kvaliteten på inngangsdata kunne vært bedre, for eksempel befolkningsgrunnlaget, med hensyn til å beregne antall eksponerte. Dette håndteres bedre av SSB i nasjonal støymodell ved at eksponeringsnivåer kobles til data fra Folkeregisteret. JBV peker spesielt på mangler i det digitale kartgrunnlaget for enkelte kommuner. Videre er det knyttet usikkerhet til faktiske hastigheter som ikke ligger inne i modellen for beregning av jernbanestøy. For beregning av vegtrafikkstøy er de største utfordringene knyttet til estimater på trafikk tall, andel tunge kjøretøyer og trafikkenes fordeling over døgnet på deler av vegnettet, spesielt på kommunale vegger. Videre fanger ikke beregningsmodellen opp variasjoner i støy som skyldes akselerasjon og retardasjon, for eksempel i forbindelse med vegkryss og bussholdeplasser. Beregninger av flystøy, spesielt for store flyplasser som Gardermoen, viser godt samsvar med målinger, og de største utfordringene ligger i informasjon om bygninger og antall personer som er eksponert.

5.3.2 Svakheter ved L_{night} som grunnlag for prediksjon av søvnforstyrrelser

En svakhet med L_{night} som utgangspunkt for en indikator er at denne først og fremst viser sammenheng med selvrapporterte søvnforstyrrelser og dermed kan "overse" akutte og ubevisste virkningene på søvn, slik som kortere oppvåkninger og søvnstadiumendringer. Akutte virkninger på søvn bestemmes i stor grad av maksimalt støynivå for enkeltstøyhendelser. Arbeidsgruppen har gjennom analyser av sammenhenger mellom de ulike akustiske måleparameterne for støy vist at L_{night} korrelerer relativt høyt med maksimalt støynivå for kildene hvor dette er vurdert i denne rapporten. Høy korrelasjon mellom L_{night} og maksimalt støynivå krever imidlertid en viss hyppighet av trafikk på natt. For militær flytrafikk har man ikke grunnlag for å kunne dokumentere denne korrelasjonen, og dette bør videre utredes. Hensynet til mulige akutte fysiologiske virkninger på søvn vil til en viss grad ivaretas gjennom L_{night} , men trolig kun i de tilfeller hvor det er regelmessig og relativt hyppig nattaktivitet/trafikk.

L_{night} er definert som tidsmidlet lydnivå over en 8 timers nattperiode, og denne er definert fra kl. 23.00 til 07.00 i EUs rammedirektiv, men ulike land har mulighet til å sette et annet tidsintervall. I Norge er 23.00 – 07.00 benyttet i regelverk. Ideelt bør nattperioden være definert i tråd med befolkningens søvntid, og for den voksne del av befolkningen vil 23.00 – 07.00 være ganske representativt. Unntaket er de som jobber på natt og må sove på dagtid, samt barn som har en lengre søvnperiode hvor de går til sengs tidligere, gjerne fra kl. 19.00 – 20.00 for de yngste barna. Barns søvnperiode blir ikke beskyttet gjennom regelverk for nattstøy, og disse kan heller ikke «måles» inn under andel søvnforstyrrede, som retter seg mot den voksne delen av befolkningen, som har sin søvnperiode mellom kl. 23.00 og 07.00.

En annen svakhet med L_{night} , som for øvrig gjelder alle måleparametere som er til bruk for å beskrive støynivåer på natt, er at de ikke sier noe om fordelingen av støyende hendelser over natten. Innsøvningsperioden er følsom for støy, likeledes er sen natt/tidlig morgen et sensitivt tidsrom med hensyn til oppvåkning, da vekketerskelen er lavest. En mulighet på sikt kan være å vekte ulike tidsrom av natten i beregninger av L_{night} etter samme prinsipp som for L_{den} , hvor sensitive perioder får en ekstra vektning tilpasset beskyttelsesbehov ved de ulike søvnstadier.

Metodikken som benyttes for å beregne antall støyutsatte, enten det er som støyplageindeks (SPI) eller som antall personer over et gitt dB-nivå, er basert på støyberegninger utenfor den mest støyutsatte fasaden på et bygg. Det tas ikke hensyn til om bygget også har en stille side eller tilfredsstillende innendørsnivå. Befolkningsvekst i by vil derfor som regel føre til økning i antall støyutsatte, til tross for at nye boliger kan være bygget med soverom mot stille side, ha tilfredsstillende innendørsverdier, og beboerne har tilgang til uteområder med god støymessig

kvalitet. Tiltak på fasaden, som kun reduserer innendørsnivået, vil ikke fanges opp i en indikator kun basert på støynivå utendørs. Videre er beregningene av antall som opplever søvnforstyrrelser basert på publiserte eksponerings-responsammenhenger mellom L_{night} ved mest eksponerte fasade og andel som oppgir søvnforstyrrelser som følge av støy. Slike sammenhenger er som regel ikke publisert for L_{night} utenfor soveromsfasade, som ville vært mer korrekt, men informasjon om soveromplassering i forhold til støykilden er sjelden tilgjengelig.

Det kan stilles spørsmål om innendørs støynivå eller "stille side" skal inngå som en parameter når antall støyutsatte telles opp, og det er også en relevant problemstilling i forbindelse med vurdering av nattstøyindikator. Metodikken som benyttes i dag for nasjonal kartlegging av SPI sikrer at antall støyutsatte ikke blir undervurdert. Det er foreløpig knyttet betydelig usikkerhet til statistikk over antall bosatte med stille side, fordi det blant annet krever kjennskap til hvilke bygninger som har gjennomgående boenheter. Stille side er mindre relevant for flystøy.

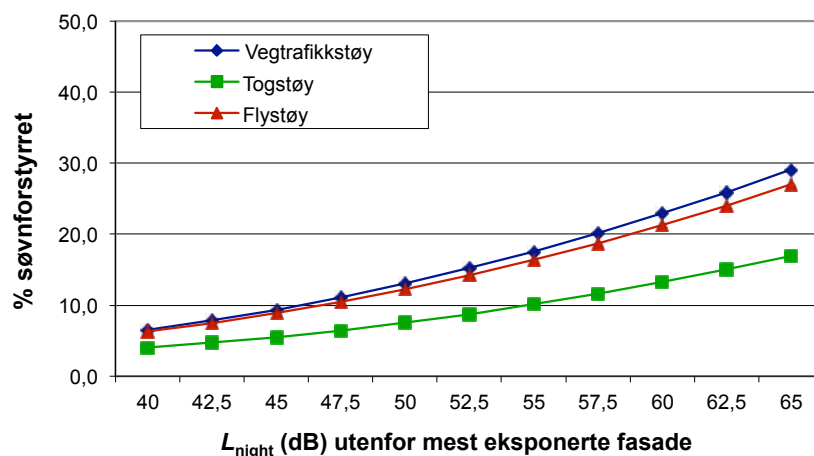
6 Forslag til indikator og begrunnelse

I arbeidet med utredning av indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser har vi lagt vekt på å dokumentere tilgjengelig kunnskap om betydning av god søvn for helsen og virkninger av støy på søvn og helse som begrunnelse for videre arbeid med reduksjon av nattstøy. Som grunnlag for en indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser har vi gjennomgått tilgjengelig vitenskapelig dokumentasjon på hvilke måleparametere for støy på natt som best predikerer negative virkninger på søvn og helse. Videre har vi beskrevet hvilke måleparametere for støy som kartlegges, tilgjengelige data og omfanget av støykartlegging i Norge for de ulike kilder.

Basert på faglige vurderinger og tilgjengelighet på data foreslår arbeidsgruppen at tidsmidlet støyinnivå på natt, L_{night} , benyttes som utgangspunkt for en indikator for søvnforstyrrelser som følge av støy. Arbeidsgruppen foreslår følgende indikator:

Antall personer som opplever søvnforstyrrelser som følge av støy

Denne indikatoren foreslås som primærindikator for å overvåke støyrelaterte søvnforstyrrelser i befolkningen. Med "søvnforstyrrelser" menes i denne sammenheng selvrapporterte problemer med innsovning og/eller oppvåkninger som følge av støy. Indikatoren beregnes basert på nasjonal kartlegging av støyinnivåer fra og med L_{night} 45 dB og eksponerings-responsammenhenger mellom nattstøy i form av L_{night} og selvrapporterte søvnforstyrrelser. Per i dag foreligger slike eksponerings-responsammenhenger for kildene vegtrafikk-, jernbane- og flystøy. Arbeidsgruppen foreslår å legge de internasjonalt etablerte kurvene for "søvnforstyrret" (WHO, 2009) til grunn (figur 6.1, også presentert i kapittel 2, figur 2.4B), for beregninger av antall søvnforstyrrede. Resultatene er basert på 15 datasett fra en rekke land i Europa og totalt litt over 12 000 individer.



Figur 6.1. Polynome tilpasninger til eksponerings-responsammenhenger mellom L_{night} utenfor mest eksponerte fasade og andel som oppgir søvnforstyrrelser som følge av støy fra vegtrafikk, fly og jernbane.

Kurvene er basert på andel som rapporterer moderat eller sterk grad av søvnforstyrrelser på grunn av støy. Sammenhengene er observert for eksponeringer fra $L_{\text{night}} = 45 - 65$ dB. Kurvene er ekstrapolert ved polynomfunksjoner (se nedenfor) ned til $L_{\text{night}} = 40$ dB og til $L_{\text{night}} > 65$ dB, og det må presiseres at usikkerheten her er stor, spesielt ved nivåer lavere enn 45 dB. Arbeidsgruppen foreslår å gå for antall "søvnforstyrret" fremfor antall "minst litt søvnforstyrret" eller "sterkt søvnforstyrret". Grunnen til dette er at vi ønsker å synliggjøre omfanget av mer moderate søvnforstyrrelser da dette også kan være en belastning for fysisk og psykisk helse. Resultater fra studier i Norge tyder også på at eksponeringsresponsammenhengene for vegtrafikk- og jernbanestøy ligger nærmest de internasjonale kurvene for andel «søvnforstyrret». For flystøy er sammenhenger med søvnforstyrrelser ikke studert i Norge. Følgende funksjoner er etablert (EEA, 2010, WHO, 2009) for andel som opplever søvnforstyrrelser som følge av støy (også vist grafisk i figur 6.1):

For vegtrafikkstøy:

$$\% \text{ søvnforstyrrede} = 13,8 - 0,85 * L_{\text{night}} + 0,01670 * (L_{\text{night}})^2$$

For flystøy:

$$\% \text{ søvnforstyrrede} = 13,714 - 0,807 * L_{\text{night}} + 0,01555 * (L_{\text{night}})^2$$

For jernbanestøy:

$$\% \text{ søvnforstyrrede} = 12,5 - 0,66 * L_{\text{night}} + 0,01121 * (L_{\text{night}})^2$$

For de kilder som det per i dag ikke finnes tilstrekkelig kunnskap om eksponeringsresponsammenhenger for nattstøy og søvnforstyrrelser anbefales indikatoren:

Antall personer utsatt for $L_{\text{night}} > 45$ dB

For kildene inkludert i denne rapporten gjelder dette trikk, T-bane samt industri- og næringsvirksomhet.

Valg av L_{night} som grunnlag for indikator fremfor en parameter som beskriver maksimalt støynivå er videre basert på at maksimalt støynivå er vanskelig å beregne og ikke entydig definert. I årene fremover vil det gjennomføres mer omfattende kartlegginger av L_{night} på regelmessig basis etter forurensningsforskriften kap 5. III, Strategisk støykartlegging. L_{night} er derfor enhetlig og godt definert på tvers av støykilder.

I sin tilnærming har arbeidsgruppen lagt vekt på usikkerheter i beregninger og måle-/beregningmessige utfordringer knyttet til maksimalt støynivå. Ytterligere ulemper er at måleparametere for maksimalt støynivå ikke sier noe om antall hendelser, noe som er avgjørende for den samlede virkningen av nattstøy. Videre mangler tilstrekkelig kunnskap om sammenhenger mellom statistisk maksimalverdi av lydtryknivå og virkninger på søvn. Med den kunnskapen man i dag har tilgjengelig, er det mest sannsynlig at langtidsvirkninger av nattstøy best ivaretas gjennom en reduksjon av L_{night} , og reduksjon av antall hendelser med høye maskimalnivåer vil i betydelig grad bidra til dette.

6.1 Oversikt over datagrunnlag per i dag

I forbindelse med et oppdrag for KLIF hvor FHI har gjort foreløpige beregninger av omfang av søvnforstyrrelser som skyldes vegtrafikkstøy i Norge, ble SSB spurt om å gjennomføre forenklede beregninger av nattstøy fra vegtrafikk basert på nasjonal støymodell. I samarbeid med Miljøakustikk as gjennomførte derfor SSB forenklede beregninger av L_{night} ved å benytte en standard døgnfordeling for trafikken (Aasvang, 2012). Tabell 6.1 viser antall og andel eksponerte for vegtrafikkstøy om natten (L_{night}) i Norge i ulike eksponeringskategorier med tilhørende estimerte antall og andel søvnforstyrrede på grunn av vegtrafikkstøy. Kun tall på antall eksponerte fra $L_{\text{night}} 50$ dB og høyere var tilgjengelig fra SSB. Estimert på andel søvnforstyrrede ut i fra denne modellen er

trolig underestimert, da også en viss andel vil oppleve søvnforstyrrelser også ved lavere nivåer. Fra eksponerings-responsammenhenger studert både ved FHI og ellers i Europa antas at andel søvnforstyrrede ved L_{night} 40-50 dB er på mellom 5 og 10 %. Det vil derfor være en fordel at kartlegginger på natt går ned til $L_{\text{night}} = 45$ dB. De fleste etater beregner allerede per i dag L_{night} ned til lavere nivåer enn minstekravet på $L_{\text{night}} = 50$ dB. For vegtrafikkstøy er usikkerheten i beregninger av L_{night} ned til 45 dB omtrent like stor som for L_{den} ned til 55 dB. Forskjellen mellom L_{den} og L_{night} for vegtrafikkstøy er i størrelsesorden 7-10 dB. Generelt er usikkerheten i beregninger av støynivå større ved lave enn høyere støynivåer (Alberola m.fl., 2005).

Tabell 6.1. Beregnet antall eksponerte for vegtrafikkstøy (i 5 dB intervaller) i Norge basert på SSBs beregninger med utgangspunkt i nasjonal støymodell med tilhørende estimerte andel «noe søvnforstyrret», «søvnforstyrret» og «sterkt søvnforstyrret» (WHO, 2009, Miedema m.fl. 2003) samt basert på eksponerings-responsammenhenger fra norsk studie (Aasvang, 2010)

| | | Estimert antall søvnforstyrrede basert på eksponerings-responsammenhenger | | | |
|-------------------------|-------------------|---|----------------|-----------------------|--|
| Data fra SSB, 2007 | | (WHO, 2009, Miedema m.fl. 2003) | | | Norsk studie (Aasvang, 2010) (N=2 968) |
| L_{night} (dB) | Antall eksponerte | noe søvnforstyrret | søvnforstyrret | sterkt søvnforstyrret | søvnforstyrret |
| 50,0-54,9 | 656 000 | 195 456 | 99 741 | 43 512 | 68 880 |
| 55,0-59,9 | 275 700 | 100 742 | 55 524 | 26 346 | 44 388 |
| 60,0-64,9 | 89 200 | 39 093 | 23 111 | 11 794 | 14 986 |
| 65,0-69,9 | 8 600 | 4 442 | 2 796 | 1 516 | 1 565 |
| 70,0-74,9 | 500 | 300* | 200* | 114* | 100* |
| >75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SUM | 1 030 000 | 340 033 | 181 372 | 83 281 | 129 919 |
| %** | 22,0 | 7,3 | 3,9 | 1,8 | 2,8 |

*basert på ekstrapolering av eksponerings-responskurven

** beregnet andel i forhold til totalpopulasjon i Norge i 2007 (4 681 134)

Videre har vi i forbindelse med dette arbeidet satt opp tilsvarende beregninger for støy fra jernbane (tabell 6.2) og luftfart (tabell 6.3). For støy fra luftfart finnes ikke resultater for selvrapporterte søvnforstyrrelser i Norge. Som vi ser av tabell 6.1 og 6.2 er estimert antall som opplever søvnforstyrrelser («søvnforstyrret») lavere dersom man legger eksponerings-responsammenhenger fra den norske studien til grunn sammenlignet med de sammenstilte virkningskurvene presentert av WHO. Som drøftet i kapittel 2 er det metodiske forskjeller i disse studiene som gjør at resultatene ikke er helt sammenlignbare. En mulig forklaring på forskjellene kan være at i FHIs undersøkelse var det flere som hadde soverom mot en stillere fasade, slik at støynivå for mest eksponerte fasade overestimerte støynivå for langt flere i den norske studien enn i studiene som inngikk i de sammenstilte data publisert i *Night Noise Guidelines* (WHO, 2009) basert på studiene til Miedema og medarbeidere.

Tabell 6.2. Beregnet antall eksponerte for jernbanestøy (i 5 dB intervaller) i Norge basert på tall fra JBV's egen beregning for 2007 med tilhørende estimerte andel «noe søvnforstyrret», «søvnforstyrret» og «sterkt søvnforstyrret» (WHO, 2009, Miedema m.fl. 2003) samt basert på eksponerings-responsammenhenger fra norsk studie (Aasvang, 2010)

| | | Estimert antall søvnforstyrrede basert på eksponerings-responsammenhenger | | | |
|-------------------------|-------------------|---|----------------|-----------------------|--|
| Tall fra JBV | | (WHO, 2009, Miedema m.fl. 2003) | | | Norsk studie (Aasvang, 2010) (N=1 094) |
| L_{night} (dB) | Antall eksponerte | noe søvnforstyrret | søvnforstyrret | sterkt søvnforstyrret | søvnforstyrret |
| 45,0-49,9 | 99 004 | 15 205 | 6 378 | 2 277 | 3168 |
| 50,0-54,9 | 54 038 | 10 501 | 4 727 | 1 808 | 1 513 |
| 55,0-59,9 | 30 708 | 7 392 | 3 566 | 1 465 | 1 566 |
| 60,0-64,9 | 15 022 | 4 397 | 2 259 | 987 | 1 457 |
| 65,0-69,9 | 3 167 | 1 109 | 603 | 277 | 557 |
| 70,0-74,9 | 408 | 169* | 96* | 46* | 82* |
| >75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SUM | 202 347 | 38 773 | 17 629 | 6 860 | 8 343 |
| %** | 4,3 | 0,8 | 0,4 | 0,1 | 0,2 |

*basert på ekstrapolering av eksponerings-responskurven

** beregnet andel i forhold til totalpopulasjon i Norge i 2007 (4 681 134)

Tabell 6.3. Beregnet antall eksponerte for flystøy (i 5dB intervaller) i Norge basert på prognoser fra Avinor for Gardermoen 2015, Sola 2015, Flesland 2016, Værnes 2010, med tilhørende estimerte andel «noe søvnforstyrret», «søvnforstyrret» og «sterkt søvnforstyrret» (WHO, 2009, Miedema m.fl. 2003)

| Prognoser fra Avinor | | (WHO, 2009, Miedema m.fl. 2003) | | |
|-------------------------|--------------------|---------------------------------|----------------|-----------------------|
| L_{night} (dB) | Antall eksponerte* | noe søvnforstyrret | søvnforstyrret | sterkt søvnforstyrret |
| 50,0-54,9 | 2 074 | 443 | 295 | 183 |
| 55,0-59,9 | 1 000 | 270 | 187 | 122 |
| 60,0-64,9 | 309 | 103 | 74 | 50 |
| 65,0-69,9 | 6 | 2 | 2 | 1 |
| 70,0-74,9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| >75 | | 0 | 0 | 0 |
| SUM | 3 389 | 817 | 558 | 356 |
| %** | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |

*inkludert Prognoser for Gardermoen 2015, Sola 2015, Flesland 2016, Værnes 2010

** beregnet andel i forhold til totalpopulasjon i Norge i 2007 (4 681 134)

6.2 Indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser inn i nasjonal støymodell

Per i dag er datagrunnlag for antall eksponerte for ulike nivåer av L_{night} mottatt fra de ulike etater. Ved beregning av antall utsatte i ulike støynivåintervaller benyttes gjennomsnittlig antall personer per privathusholdning som hentes fylkesvis fra SSB. Dette kan håndteres bedre av SSB ved at eksponeringsnivåer kobles til data fra Folkeregisteret. For å få bedre befolkningsgrunnlag inn i beregningene av antall eksponerte for ulike nivåer av nattstøy, foreslår derfor arbeidsgruppen at beregninger av L_{night} og indikator for støyrelaterte søvnforstyrrelser inkluderes i nasjonal støymodell. Videre bør det legges til rette for at SSB kan beregne denne indikatoren med tilhørende nasjonalt mål på tilsvarende måte som de to andre nasjonale støymålene. Spesifikke beregninger av støynivå om natten eller for dag og kveld ligger ikke inne i den nasjonale støymodellen til SSB per i dag. Arbeidsgruppen har vært i dialog med SSB, som har vurdert muligheten for å inkludere nattstøy i sin nasjonale støymodell. Dette er mulig dersom de ulike etatene kan bistå med data.

I Handlingsplan mot støy (2007-2011) er det satt opp en rekke mulige tiltak for å redusere støy. De fleste gjennomførte og foreslåtte tiltak reduserer ikke nattstøyen spesielt, men vil redusere den totale støyen over døgnet, noe som også vil være gunstig for nattstøy. Generelt vil tiltak som reduserer *antall støyende hendelser og støynivå per hendelse* i nattperioden ha potensial til å redusere negative virkninger på søvn og helse. I dette kapitlet gis en oversikt over tiltak som gjennomføres, samt mulige tiltak rettet spesielt mot reduksjon av nattstøy og støyrelaterede søvnforstyrrelser.

7.1 Vegtrafikkstøy

For vegtrafikkstøy regnes både kjøretøy, bildekk og vegdekke som kilder til støy. Kjøretøy og bildekk reguleres gjennom internasjonale regelverk og direktiver. For å få til en betydelig forbedring av støy fra kjøretøyer og bildekk i Norge, er vi avhengig av at kravene som stilles internasjonalt er tilstrekkelig ambisiøse.

Potensialet for støydemping ved bruk av forskjellige støysvake vegdekker vil variere med type vegdekke og hvordan disse legges. Vi mangler fortsatt erfaringsgrunnlag i Norge for å bedømme bestandighet og varighet av støysvake vegdekker, og støyeffekten av vegdekkene. Det er fortsatt et stort kunnskapsbehov, men potensialet for støyreduksjon ved kilden ved økt bruk av støysvake vegdekker er til stede.

Støynivået øker generelt i vintersesongen når piggdekk benyttes, slik at økt piggfriandel vil redusere støy. Målinger gjennomført i 2007 viser at forskjellen i støynivå mellom vinterdekk og piggdekk er omkring 2-4 dB, og det er en hørbar forskjell. Det er imidlertid behov for mer kunnskap om støy fra piggdekk, og dokumentasjon på støy fra nye typer piggdekk.

Statens vegvesen og kommunene arbeider kontinuerlig for å bedre miljøkvaliteten på nye prosjekter ved å utrede konsekvenser, planlegge gode løsninger, gjennomføre avbøtende tiltak (skjermer og fasadetiltak etc.) og gjøre før- og etterundersøkelser. Planretningslinjene bidrar til dette. Tiltak for de mest støyutsatte, og dermed innsatsen med å isolere og støyskerme boliger nær veger som har høye støynivåer, vil også ha betydning for nattstøy.

Fartsreduksjon og etablering av miljøgater som vil gi støyreduksjon kan vurderes som tiltak for å redusere nattstøy. Fartsreduksjon er et tiltak som også gir andre fordeler enn støyreduksjon, blant annet lavere partikkelutslipp til luft, samt færre og mindre alvorlige ulykker. En reduksjon av gjennomsnittsfarten på 5-10 km/t kan redusere støynivåene med 1-2 dB, avhengig av tungtrafikkandelen. I for eksempel Berlin er det innført reduserte fartsgrenser om natten, 30 km/t i sterkt trafikkerte bolig-gater⁶. Trafikkregulerende tiltak, ITS- (Intelligente TransportSystemer) tiltak kan implementeres for å ivareta nattstøy spesielt, men det krever videre forskning og utredning av tiltak.

⁶ http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/politik_planung/strassen_kfz/index_en.shtml

7.2 Jernbanestøy

Siden jernbanetrafikken går hele døgnet, vil alle ordinære tiltak mot jernbanestøy også få effekt mot støy om natten. De vanligste tiltakene er skinnesliping, støyskjermer og fasadeisolerings.

Kilderettede tiltak på godstog vil kunne gi god effekt mot nattstøy. Dette fordi det er godstog som utgjør hoveddelen av togtrafikken om natten, og det er disse togene som støyer mest. En ønsket fremtidig økning i godstrafikken på skinner vil gi økt plage og større sannsynlighet for søvnforstyrrelser, og dermed større behov for å begrense støyemisjonen. Strengere krav til vedlikehold, innføring av komposittbremseklosser og en opprusting av togstallen er mulige støydempende tiltak. Eksempel på et slikt tiltak er utskifting til komposittbremseklosser på godsvogner. Dette kan gi så mye som 8–10 dB reduksjon av kildenivået. Det har i flere år pågått et eget FoU-program i EU på dette, og bremseklossene er under uttesting gjennom det pan-europeiske prosjektet "EuropeTrain". Her hevdes det at komposittbremseklosser, vel å merke i kombinasjon med godt vedlikeholdte skinner, kan redusere "rullelyd" med opp til 10 %, noe som betyr halvering av denne støyen. Det foreligger per i dag gode testresultater, men det er likevel lang veg både godkjenningsteknisk, teknologisk og kostnadmessig før dette blir virkelighet i Norge.

7.3 Flystøy

For å tilfredsstille kravet i forurensningsforskriften til innendørs nivå $L_{p,A,24h} \leq 42$ dB, er det gjennomført støyreducerende tiltak, hovedsakelig i form av fasadetiltak på boliger nær de kartleggingspliktige flyplassene (Tabell 7.1). På Stavanger lufthavn Sola er tiltakene gjennomført i samarbeid med Statens vegvesen, siden flystøy sammen med vegstøy kvalifiserte til tiltak.

Tabell 7.1. Antall boliger/boenheter hvor det er gjennomført fasadetiltak iht. forurensningsforskriften.

| Lufthavn | Anleggseier | Antall boliger med tiltak |
|---|-------------|---------------------------|
| Alta | Avinor | 1 |
| Andøya | Forsvaret | 4 |
| Banak | Forsvaret | 1 |
| Bardufoss | Forsvaret | 4 |
| Bergen lufthavn – Flesland | Avinor | 34 |
| Bodø | Forsvaret | 115 |
| Oslo lufthavn – Gardermoen ⁷ | Avinor | 239 |
| Rygge | Forsvaret | 8 |
| Stavanger lufthavn – Sola | Avinor | 5 |
| Tromsø lufthavn – Langnes | Avinor | 4 |
| Trondheim lufthavn – Værnes | Forsvaret | 21 |
| Ørland | Forsvaret | 57 |

Erfaringsmessig er fasadetiltak mot flystøy omfattende å gjennomføre, og ofte må tiltak gjennomføres på tak og flere fasader, i tillegg til tiltak på vindu og ventiler. Skjermingstiltak vil ha begrenset effekt for situasjoner hvor støykilden er høyt over utsatte bygninger. Støy fra bakkeaktivitet kan skjermes, men dette er sjelden av betydning for den totale støybelastningen.

Enhetskostnad (erfaringsbasert) på gjennomførte fasadetiltak i regi av FVB er ca. 500 000 - 600 000 Nkr. Oppnådd støyreduksjon etter gjennomførte fasadetiltak (basert på før- og ettermålinger i Gildeskålveien i Bodø – omfattende fasadetiltak) er ca. 5 dB. Avinor har tilsvarende erfaringer ved sivile lufthavner.

⁷ Tiltakene ved Oslo lufthavn er betydelig mer omfattende enn kravene etter forurensningsforskriften.

Til sammenlikning oppnår JBV og Statens vegvesen i størrelsesorden 5-8 dB ved enklere fasadetiltak som nye vinduer og ventilasjon, alternativt lokale skjermer som beskytter større områder. Slike skjermingstiltak er gjennomført til en betydelig lavere kostnad enn isolering av enkeltbygninger.

Basert på kunnskap om forventet forbedring av innendørs lydnivå etter gjennomførte tiltak, ble det fra Avinor og FVBs side målsatt å nå innendørs lydnivå $L_{p,A,24h} \leq 40$ dB etter tiltak. Dette ambisjonsnivået var basert på den kunnskapen man hadde om hva som var realistisk å forvente av redusert lydnivå etter at tiltak var gjennomført. Kontrollmålinger etter gjennomførte tiltak viste at reell tilleggsdempning kunne være betydelig større enn prosjektert.

7.4 Støy fra industri og næringsvirksomhet

Viftestøy er den mest dominerende kilden til støy fra industri og næringsvirksomhet. Det mest effektive støydempende tiltaket vil av den grunn være å redusere støyutstrålingen fra vifter som etableres i tilknytning til næring og industrivirksomhet.

Konkrete tiltak kan være gunstig plasseringen av viftene, støysvake vifter, samt etablere lydfeller for å redusere lydutstrålingen.

7.5. Støyhensyn ved planlegging, utbygging og forvaltning

Det bør søkes å redusere støybelastningen i alle prosjekter der det kreves ny plan etter plan- og bygningsloven, eller der eksisterende plan må endres vesentlig. Kommunene bør derfor så langt det er mulig ikke tillate ny støyende virksomhet som medfører at eksisterende bygninger blir utsatt for støynivåer som overskrider de anbefalte grenseverdiene. Det samme gjelder for vesentlige endringer eller utvidelser av støyende virksomhet som øker støynivåene merkbart ($> 3,0$ dB) for eksisterende bygning med støyfølsomt bruksformål.

Ved etablering av nye bygninger med støyfølsomt bruksformål bør det utarbeides en støyfaglig utredning som synliggjør støynivåer ved ulike fasader på de aktuelle bygningene og på uteoppholdsareal. Utredningen bør belyse innendørs og utendørs støynivåer ved alternative løsninger for plassering av bebyggelse, og aktuelle avbøtende tiltak. Det skal legges vekt på at alle boenheter får en stille side, og tilgang til egnet uteoppholdsareal med tilfredsstillende støyforhold.

I sentrumsområder i byer og tettsteder, spesielt rundt kollektivknutepunkter, er det aktuelt med høy arealutnyttelse av hensyn til samordnet areal- og transportplanlegging. Forutsatt at kommunen har angitt grensene for slike områder i kommuneplanens arealdel, kan det vurderes å tillate oppføring av ny bebyggelse med støyfølsomt bruksformål. I slike avviksområder bør kommunen minimum stille konkrete krav til ny bebyggelse med støyfølsomt bruksformål. Kravene bør nedfelles i planbestemmelsene, slik at de blir juridisk bindende.

Eksempler på krav:

- Alle boenheter innenfor avvikssoenen skal være gjennomgående og ha en stille side.
- Minimum 50 % av antall rom til støyfølsomt bruksformål i hver boenhet skal ha vindu mot stille side. Herunder skal minimum ett soverom ligge mot stille side.
- Støykrav for uteoppholdsarealer skal være tilfredsstillende.
- Alle boenheter hvor ett eller flere rom til støyfølsomt bruksformål kun har vinduer mot støyutsatt side må ha balansert mekanisk ventilasjon.

Vinduer i soverom på støyutsatt side og som samtidig er solekspontert, bør ha utvendig solavskjerming. Behov for kjøling må også vurderes.



Videre forsknings- og utredningsarbeid

For at kartlegging av støyeksponering skal gi grunnlag for en nasjonal indikator for støyrelaterte søvnproblemer, er det svært viktig at etatene fremskaffer og bearbeider på en enhetlig måte de data som er nødvendig for å overvåke indikatoren over tid. For å få bedre datakvalitet på antall personer utsatt for ulike støynivåer på natt, er det behov for bedre inngangsdata, spesielt knyttet til trafikkgrunnet samt at det bør tas i bruk oppdaterte digitale kart. Når det gjelder trafikkgrunnet er det først og fremst behov for bedre inngangsdata på kommunale veger, da datakvaliteten på riks- og fylkesveger regnes som relativt god. Videre vil det være en fordel at eksponeringsnivåene kan kobles til folkeregisteret for å få bedre data på antall bosatte i ulike støyeksponerte bygninger. Derfor bør det arbeides for å få beregninger av antall personer utsatt for ulike nivåer av L_{night} og antall søvnforstyrrede inn i den nasjonale støymodellen til SSB. Videre bør de best tilgjengelige beregningsverktøyene benyttes for støyeksponering i den nasjonale støymodellen. Det bør videre vurderes å implementere nødvendige endringer i relevant regelverk og veiledere, for eksempel krav til bedre kvalitet på L_{night} beregninger.

Per i dag kartlegges L_{night} etter forurensningsforskriften kap. 5 del III i 5 dB-intervaller fra og med $L_{\text{night}} = 50$ dB og oppover. Flere studier viser at virkninger på søvn starter allerede ved $L_{\text{night}} 40$ dB. I *Guidelines for Community noise* (Berglund m.fl., 2000) er det anbefalt at nattstøy ikke bør overstige $L_{\text{night}} 45$ dB utenfor soverom. Dette er også anbefalingen til norske helsemyndigheter (FHI, 2008). Det vil være en fordel å få en bedre oversikt over hvor mange som er utsatt for nattstøy over anbefalte nivåer. Dette er allerede tilfelle for L_{den} hvor antall eksponerte over anbefalt nivå på 55 dB kartlegges. I den nyere publiserte *Night Noise Guidelines* (WHO, 2009) er anbefalte grenser $L_{\text{night}} 40$ dB, mens en interimgrense er satt til $L_{\text{night}} 55$ dB. Arbeidsgruppen mener derfor at L_{night} bør kartlegges ned til minst 45 dB og oppover.

All kartlegging av støy gjøres for mest eksponerte fasade. Derimot er det mange som har soverom mot en mer stille side av boligen, og således vil L_{night} overestimeres for trolig en betydelig, men ukjent andel av befolkningen. Dersom soverom ligger vendt mot en stillere side av boligen, har dette stor innvirkning på støynivå utenfor og i soverom. Etablering av soverom mot en stillere fasade i bolig ved nye prosjekter er et meget nyttig tiltak som imidlertid ikke vil synliggjøres i indikatoren dersom L_{night} kun beregnes for mest eksponerte fasade. En videre utredning av hvordan integrere slik informasjon i indikatoren vil være en stor forbedring. På sikt bør det derfor arbeides for å få bedre modeller for støyeksponering ved skjermet fasade, som ofte er soveromsfasade. Dette kan redusere misklassifisering i fremtidige studier, noe som også vil gi oss bedre kunnskap om virkninger av nattstøy på søvn og helse.

Tiltak som kun reduserer innendørs støynivå, slik som utbedring av fasade og utskifting av vinduer, vil ikke synliggjøres i en indikator som kun er basert på utendørs støynivå. Dette er en svakhet. For å synliggjøre slike tiltak vil et alternativ kunne være å korrigere utendørsnivå tilsvarende hva tiltaket vil ha av effekt på selvrapportert søvnkvalitet. Hvorvidt det er kunnskapsmessig grunnlag for en slik korreksjon, og hvordan dette best kan gjøres, bør være gjenstand for videre forskning og utredning.

Per i dag har man mest kunnskap om virkninger av støy fra vegtrafikk, luftfart og jernbane. Derfor er det ønskelig med mer kunnskap om eksponerings-responsammenhenger for støy fra bane og trikk, industri og næringsvirksomhet. Blant annet bør det gjøres undersøkelser om støy fra T-bane og trikk viser samme sammenheng med søvnforstyrrelser som jernbanestøy. Videre bør det vurderes å kartlegge støy fra andre kilder enn inkludert i dette arbeidet og gjøre en vurdering av problemomfang med hensyn til støyrelaterte søvnforstyrrelser.

Arbeidsgruppen har valgt å legge eksponerings-responssammenhengene fra en stor internasjonal sammenstilling av data til grunn for beregning av antall personer som opplever søvnforstyrrelser som følge av støy. Det bør imidlertid gjøres flere studier i Norge for å vurdere gyldigheten av disse sammenhengene for norske forhold.

Arbeidsgruppen har gjennom analysen av sammenhenger mellom de ulike akustiske måleparameterne for støy vist at L_{night} korrelerer relativt høyt med maksimalt støynivå for kildene vegtrafikk, jernbane og sivil luftfart. For støy fra andre kilder, hvor nattaktivitet er preget av få hendelser med høye maksimalnivåer, som for eksempel militær luftfart, har vi per i dag ikke grunnlag for å kunne se på denne sammenhengene. Da driftsmønsteret for sivil og militær flyaktivitet er så vidt forskjellig, er det behov for å gjennomføre utredninger spesielt knyttet til militær trafikk for å vurdere virkninger og konsekvens. Jagerflytrafikken foregår i hovedsak på dagtid på hverdager, mens sivil luftfart har spredt trafikk fordelt over hele døgnet og alle ukedager.

Det bør gjøres en mer grundig gjennomgang av mulige tiltak for å redusere nattstøyen fra de mest sentrale kilder. Reduksjon av nattstøy vil også "telle" ekstra mye, da støy om natten (23.00-07.00) tillegges en ekstra vektning på 10 dB ved beregning av L_{den} , og således ha en positiv innvirkning også på støyplageindeks (SPI).

Det trengs fortsatt mer kunnskap om i hvor stor grad det å være utsatt for støy over lengre tid gir stressrelaterte helseproblemer, og hvilke grupper som er mest sårbare. For eksempel er virkninger av støy på barns søvnkvalitet og sekundære kognitive virkninger lite studert. Barn har også lengre søvnperiode enn voksne, og beskyttes trolig ikke godt nok av L_{night} , hvor nattperioden er definert fra kl. 23.00 til 07.00. Videre har vi behov for å få en større forståelse av mulige *mekanismer* for langtidseffekter. Er det støyplage, redusert søvnkvalitet eller andre bevisste eller ubevisste responser på støy, som er mest avgjørende for mulig utvikling av mer alvorlige helseproblemer over tid? L_{night} er ment å være en indikator for langtidsvirkninger av nattstøy på søvn og helse (WHO, 2009), men sammenhenger mellom L_{night} og virkninger på andre helseutfall enn selvrapporterte søvnforstyrrelser er lite studert. Dette er avgjørende kunnskap for bedre fremtidig verdsetting av støy og sykdomsbyrdeberegninger.

Selv om det er rimelig å anta at støyeksponering er sosialt ujevnt fordelt totalt sett og kan bidra til å forsterke sosiale forskjeller i helse, er det behov for mer kunnskap om hvordan sosio-økonomiske faktorer spiller inn på sammenheng mellom støy og helse.

Arbeidet med denne rapporten er ment å gi et faglig grunnlag for vurdering av et nasjonalt mål for reduksjon av nattstøy. Konsekvensene av ulike mål for reduksjon av antall søvnforstyrrede bør videre utredes og samtidig ses i sammenheng med de andre reduksjonsmålene knyttet til SPI og andel utsatt for innendørsstøy > 38 dB.

Referanser

- Aasvang, G.M. (2010).** Effects of transportation noise on sleep. Assessment of nighttime noise exposure from railway and road traffic and effects on self-reported sleep and sleep assessed by polysomnography. 2010. Unipub forlag, Series of dissertations submitted to the Faculty of Medicine, University of Oslo (No.955), Faculty of Medicine, University of Oslo. ISBN 978-82-8072-388-8.
- Aasvang, G.M. (2012).** Helsebelastning som skyldes vegtrafikkstøy i Norge. Rapport fra Folkehelseinstituttet.
- Aasvang, G.M., Moum T. and Engdahl B. (2008).** Self-reported sleep disturbances due to railway noise: exposure-response relationships for nighttime equivalent and maximum noise level. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **124** (1), 257-68.
- Aasvang, G.M., Øverland, B., Ursin, R. & Moum, T. (2011).** A field study of effects of road traffic and railway noise on polysomnographic sleep parameters. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **129**, 3716-3726.
- Amundsen, A. H. and Aasvang, G. M. (2006).** Trafikkstøy i boliger. Virkninger av fasadeisoleringsiltak etter grenseverdiforskriften. Rapport fra Transportøkonomisk institutt (TØI) 836/2006.
- Alberola J., Flindell I.H., Bullmore A.J. (2005).** Variability in road traffic noise levels. *Applied Acoustics*, **66**, 1180-95.
- Babisch, W., Beule, B., Schust, M., Kersten, N. & Ising, H. (2005).** Traffic noise and risk of myocardial infarction. *Epidemiology*, **16**, 33-40.
- Barregard, L. (2011).** Traffic noise and hypertension. *Environmental Research*, **111**, 186-187.
- Barregard, L., Bonde, E. & Öhrström, E. (2009).** Risk of hypertension from exposure to road traffic noise in a population-based sample. *Occupational and Environmental Medicine*, **66**, 410-415.
- Basner, M. (2008b).** Nocturnal aircraft noise exposure increases objectively assessed daytime sleepiness. *Somnologie*, **12**, 110-117.
- Basner, M., Glatz, C., Griefahn, B., Penzel, T. & Samel, A. (2008a).** Aircraft noise: effects on macro- and microstructure of sleep. *Sleep Medicine*, **9**, 382-387.
- Basner, M., Müller, U. & Elmenhorst, E.M. (2011).** Single and combined effects of air, road, and rail traffic noise on sleep and recuperation. *Sleep*, **34**, 11-23.
- Basner, M., Müller, U. & Griefahn, B. (2010).** Practical guidance for risk assessment of traffic noise effects on sleep. *Applied Acoustics*, **71**, 518-522.
- Basner, M., Samel, A. & Isermann, U. (2006).** Aircraft noise effects on sleep: Application of the results of a large polysomnographic field study. *Journal of the Acoustical Society of America*, **119**, 2772-2784.
- Belojevic, G.A., Jakovljevic, B.D., Stojanov, V.J., Slepcevic, V.Z. & Paunovic, K.Z. (2008).** Nighttime Road-Traffic Noise and Arterial Hypertension in an Urban Population. *Hypertension Research*, **31**, 775-781.
- Berglund, B., Lindvall, T., Schwela, D. & Kee-Tai, G. (2000).** Guidelines for Community Noise, Published on behalf of World Health Organization. *Guidelines for Community Noise*.
- Bjorvatn, B., Sivertsen, B., Øyane, N., Nordhus, I.H. & Pallesen, S. (2009).** Insomni. *Tidsskrift for Den norske legeförening*, **129**, 1766-1768.
- Bonnet, M.H. (1989).** Infrequent periodic sleep disruption: effects on sleep, performance and mood. *Physiology & Behavior*, **45**, 1049-55.
- Carter, N., Henderson, R., Lal, S., Hart, M., Booth, S. & Hunyor, S. (2002).** Cardiovascular and autonomic response to environmental noise during sleep in night shift workers. *Sleep*, **25**, 457-464.
- de Kluizenaar, Y., Janssen, S.A., van Lenthe, F.J., Miedema, H.M. & Mackenbach, J.P. (2009).** Long-term road traffic noise exposure is associated with an increase in morning tiredness. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **126**, 626-633.

- Dratva, J., Phuleria, H.C., Foraster, M., Gaspoz, J.M., Keidel, D., Künzli, N., Sally Liu, L.J., Pons, M., Zemp, E., Gerbase, M.W. & Schindler, C. (2012).** Transportation noise and blood pressure in a population-based sample of adults. *Environmental Health Perspectives*, **120**, 50-55.
- Drummond, S.P. & Brown, G.G. (2001).** The effects of total sleep deprivation on cerebral responses to cognitive performance. *Neuropsychopharmacology*, **25**, S68-S73.
- Engelien, E. and Steinnes, M. (2011).** Støyplage i Norge- Dokumentasjon av metode. Notater 33/2011 Statistisk Sentralbyrå.
- Engelien, E., Steinnes, M., and Haakonsen, G. (2004).** Støyplage i Norge. Resultater fra førstegangsmodell for beregning av støyutsatte og SPI. Notater 2004/43. Statistisk sentralbyrå.
- European Commission (2002).** European Parliament and Council Directive 2002/49/EC of 25. June 2002.
- European Environment Agency (2010).** Good practice guide on noise exposure and potential health effects. EEA Technical report NO 11/2010.
- Finansdepartementet (2005).** Veileder i samfunnsøkonomiske analyser.
- Folkehelseinstituttet (2003).** Støy og søvnforstyrrelser. Rapport 2003:6.
- Folkehelseinstituttet (2008).** Miljø og helse – en forskningsbasert kunnskapsbase. 3. Utgave, revisjon 2008. Rapport 2009:2.
- Fyhri, A. & Aasvang, G.M. (2010).** Noise, sleep and poor health: Modeling the relationship between road traffic noise and cardiovascular problems. *Science of the Total Environment*, **408**, 4935-4942.
- Fyhri, A. & Klæboe, R. (2006).** Direct, indirect influences of income on road traffic noise annoyance. *Journal of Environmental Psychology*, **26**, 27-37.
- Griefahn, B., Brode, P., Marks, A. & Basner, M. (2008).** Autonomic arousals related to traffic noise during sleep. *Sleep*, **31**, 569-577.
- Haralabidis, A.S., Dimakopoulou, K., Vigna-Taglianti, F., Giampaolo, M., Borgini, A., Dudley, M.L., Pershagen, G., Bluhm, G., Houthuijs, D., Babisch, W., Velonakis, M., Katsouyanni, K. & Jarup, L. (2008).** Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports. *European Heart Journal*, **29**, 658-664.
- Horne, J. & Reyner, L. (2001).** Sleep-related vehicle accidents: some guides for road safety policies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, **4**, 63-74.
- Jarup, L., Babisch, W., Houthuijs, D., Pershagen, G., Katsouyanni, K., Cadum, E., Dudley, M.L., Savigny, P., Seiffert, I., Swart, W., Breugelmans, O., Bluhm, G., Selander, J., Haralabidis, A., Dimakopoulou, K., Sourtzi, P., Velonakis, M. & Vigna-Taglianti, F. (2008).** Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study. *Environmental Health Perspectives*, **116**, 329-333.
- Jürriens A.A., Griefahn, B., Kumar, A., Vallet, M., and Wilkinson, R. T. (1983).** An essay in European research collaboration: common results from the project on traffic noise and sleep in the home. In: Proceedings of the 4th International Congress on Noise as a Public Health Problem. Torino: 1983: 929-937.
- Knutson, K.L. (2012).** Does inadequate sleep play a role in vulnerability to obesity? *American Journal of Human Biology*, **24**, 361-371.
- Krog, N. H., Schwarze, P., Engdahl, B., and Aasvang, G. M. (2011).** Virkninger av støy fra jagerfly på befolkningen nær militære flyplasser. Rapport fra Folkehelseinstituttet.
- Luyster, F.S., Strollo, J., Zee, P.C. & Walsh, J.K. (2012).** Sleep: A health imperative. *Sleep*, **35**, 727-734.
- Major, E. F., Dalgard, O. S., Mathisen, K. S., Nord, E., Ose, S., Rognerud, M., and Aarø, L. E. (2011).** Bedre føre var... Psykisk helse: Helsefremmende og forebyggende tiltak og anbefalinger. Rapport 2011:1 fra Folkehelseinstituttet.
- Miedema, H.M.E. & Oudshoorn, C.G. (2001).** Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*, **109**, 409-416.

- Miedema H.M.E. (2003).** Self-reported sleep disturbance caused by aircraft noise. TNO Inro, Delft, 2004–15.
- Miedema H.M.E. (2004).** Self-reported sleep disturbance caused by aircraft noise. TNO Inro, Delft, 2005–15.
- Miedema H.M.E., Passchier-Vermeer W, Vos H (2003).** Elements for a position paper on nighttime transportation noise and sleep disturbance. TNO Inro, Delft, 2002-59.
- Miedema, H.M.E. & Vos, H. (2007).** Associations between self-reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies. *Behavioral Sleep Medicine*, **5**, 1-20.
- Muzet, A. (2007).** Environmental noise, sleep and health. *Sleep Medicine Reviews*, **11**, 135-142.
- Neckelmann, D., Mykletun, A. & Dahl, A.A. (2007).** Chronic insomnia as a risk factor for developing anxiety and depression. *Sleep*, **30**, 873-880.
- Ohayon, M.M. (2002).** Epidemiology of insomnia: What we know and what we still need to learn. *Sleep Medicine Reviews*, **6**, 97-111.
- Oslo kommune (2007).** Strategisk støykartlegging Oslo, Forurensingsforskriftens kapitel 5.
- Pearsons, K.S., Barber, D.S., Tabachnick, B. & Fidell, S. (1995).** Predicting noise-induced sleep disturbance. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **971**, 331-338.
- Sivertsen, B., Øverland, S., Neckelmann, D., Glozier, N., Krokstad, S., Pallesen, S., Nordhus, I.H., Bjorvatn, B. & Mykletun, A. (2006).** The long-term effect of insomnia on work disability: The HUNT-2 historical cohort study. *American Journal of Epidemiology*, **163**, 1018-1024.
- Sivertsen, B., Øverland, S., Bjorvatn, B., Mæland, J.G. & Mykletun, A. (2009).** Does insomnia predict sick leave?. The Hordaland Health Study. *Journal of Psychosomatic Research*, **66**, 67-74.
- Statens vegvesen (2007).** Kartlegging av utendørs støy langs høyt trafikkerte vegger. Utbyggingsavdelingen nr. 2007/18.
- Statistisk sentralbyrå (2008).** Naturressurser og miljø - kap. 10. Støy.
- Statistisk sentralbyrå (2009).** Støyeksponering og støyplage i Norge, 1999-2007. Vi er mer plaget av støy i Norge.
- Statistisk sentralbyrå (2012).** Barn og unges miljø og helse 2011. Utvalgte indikatorer om barn og unges fysiske og sosiale miljøfaktorer. Julie Kjelvik (red.). Rapport 12/2012.
- Sørensen, M., Hvidberg, M., Andersen, Z.J., Nordsborg, R.B., Lillelund, K.G., Jakobsen, J., Tjønneland, A., Overvad, K. & Raaschou-Nielsen, O. (2011a).** Road traffic noise and stroke: A prospective cohort study. *European Heart Journal*, **32**, 737-744.
- Sørensen, M., Hvidberg, M., Hoffmann, B., Andersen, Z.J., Nordsborg, R.B., Lillelund, K.G., Jakobsen, J., Tjønneland, A., Overvad, K. & Raaschou-Nielsen, O. (2011b).** Exposure to road traffic and railway noise and associations with blood pressure and self-reported hypertension: A cohort study. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, **10 (1)**, Art.nr. 92.
- Vallet, M., Gagneux, J.-M., Blanchet, V., Favre, B. & Labiale, G. (1983).** Long term sleep disturbance due to traffic noise. *Journal of Sound and Vibration*, **90**, 173-191.
- Van Kempen, E. & Babisch, W. (2012).** The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: A meta-analysis. *Journal of Hypertension*, **30**, 1075-1086.
- WHO (2009).** Night noise guidelines (NNGL) for Europe.
- WHO (2011).** Burden of Disease from Environmental Noise - Quantification of healthy life years lost in Europe.
- WHO (2012).** Environmental Health Inequalities in Europe. Assessment report.
- www.Miljostatus.no. 2012.

Vedlegg

Måle/beregningsparametere for støy

| | |
|----------------|--|
| $L_{p,A,T}$ | A-veid tidsmidlet lydtrykknivå (L_p) over en bestemt tidsperiode T, for eksempel 1/2 time, 8 timer, 24 timer. For å beskrive miljøstøy har $L_{p,A,24h}$ vært mye benyttet, hvor 3 dB fasaderefleksjon er inkludert i beregningene. Det er vanlig å benytte A-veiefilter da dette imiterer ørets følsomhet for ulike frekvenser, derav $L_{p,A,T}$ |
| L_{den} | A-veid tidsmidlet lydnivå for dag-kveld-natt (day-evening-night) med 5 dB / 10 dB ekstra tillegg på kveld/natt. Tidspunktene for de ulike periodene er: dag: 07-19, kveld: 19-23 og natt: 23-07. L_{den} er nærmere definert i EUs rammedirektiv for støy (2002/49/EC), og periodeinndelingene i norsk regelverk er i tråd med anbefalingene her. L_{den} skal i kartlegging etter direktivet beregnes som årsmiddelverdi, det vil si som gjennomsnittlig støybelastning over et år. Beregnes som frittfelt lydnivå. |
| $L_{day,16h}$ | A-veid tidsmidlet lydnivå for dag og kveld, 07.00-23.00. Benyttet i forbindelse med studier av virkninger av støy på hjerte-karsykdom. |
| L_{night} | A-veid tidsmidlet lydnivå for 8 timers nattperiode fra 23.00-07.00 som er definert i EUs rammedirektiv for støy (2002/49/EC). L_{night} skal i kartlegging etter direktivet beregnes som årsmiddelverdi, det vil si som gjennomsnittlig støybelastning over et år. Beregnes som frittfelt lydnivå. (L_n i NS 8175:2012) |
| $L_{p,A,max}$ | A-veid maksimalt lydtrykknivå – et mål på den eller de vanlig høyeste støytoppene. Det finnes flere ulike definisjoner av $L_{p,A,max}$ som benyttes til forskjellige formål. De viktigste forskjellene går på hvor korte støytopper som måles gjennom valg av tidskonstant. Se mer presise definisjoner nedenfor: |
| $L_{p,AI,max}$ | A-veid maksimalt lydtrykknivå målt med tidskonstant "Impulse" på 35 ms. |
| $L_{p,AF,max}$ | A-veid maksimal lydnivå målt med tidskonstant "Fast" på 125 ms. |
| $L_{p,AS,max}$ | A-veid maksimalt lydnivå målt med tidskonstant "Slow" på 1 s (1000 ms). |
| L_{5AF} | A-veid lydnivå målt med tidskonstant "Fast" (F) på 125 ms som overskrides av 5 % av hendelsene i løpet av en nærmere angitt periode, dvs. en statistisk maksimalverdi i forhold til antall hendelser. Benyttet i T-1442/2012. Tilsvarende $L_{p,AF,max,95}$ i NS 8175:2012. |
| L_{5AS} | A-veid lydnivå målt med tidskonstant "Slow" (S) på 1 s som overskrides av 5 % av hendelsene i løpet av en nærmere angitt periode, dvs. en statistisk maksimalverdi i forhold til antall hendelser. Benyttet i T-1442/2012. Tilsvarende $L_{p,AS,max,95}$ i NS 8175:2012. |
| L_{A1} | A-veid lyd nivå uttrykt som det lydnivået som overskrides i 1 % av tiden. Dette kan brukes i stedet for L_{5AF} eller L_{5AS} i situasjoner der hendelser med høye lydnivåer forårsaker av mange typer kilder, og antall hendelser ikke er entydige eller grupperbare. |
| L_{AE} | A-veid lydeksponeringsnivå for en enkelthendelse, hvor den totale lydenergien for hendelsen er midlet over 1 sekund. |

| | |
|---------------------------------|---|
| <p>Impulslyd</p> | <p>Impulslyd er kortvarige, støtvide lydtrykk med varighet på under 1 sekund. Definisjonen av impulslyd i retningslinjen er i tråd med definisjonene i ISO 1996-1:2003. Det er her tre underkategorier av impulslyd:</p> <ul style="list-style-type: none"> -"high-energy impulsive sound": skyting med tunge våpen, sprengninger og lignende -"highly impulsive sound": for eksempel skudd fra lette våpen, hammerslag, bruk av fallhammer til spunting og pæling, pigging, bruk av presslufthammer/-bor, metallstøt fra skifting av jernbanemateriell og lignende, eller andre lyder med tilsvarende karakteristikk og påtrengende karakter. -"regular impulsive sound", eksemplifisert ved slaglyd fra ballspill (fotball, basketball osv.), smell fra bildører, lyd fra kirkeklokker og lignende. <p>Ved mer detaljert vurdering etter ISO 1996-1:2003 og Nordtestmetode NT ACOU 112 bør all impulslyd tas i betraktning.</p> |
| <p>Frittfelt lydnivå</p> | <p>Med frittfelt eller direktefelt menes når lydbølgene brer seg fra kilden uten å reflekteres. Frittfeltverdi er lydnivå når det kun tas hensyn til direktelydnivået, og ser bort fra refleksjon fra fasaden på den aktuelle bygning. Refleksjon fra andre flater skal imidlertid regnes med.</p> |

