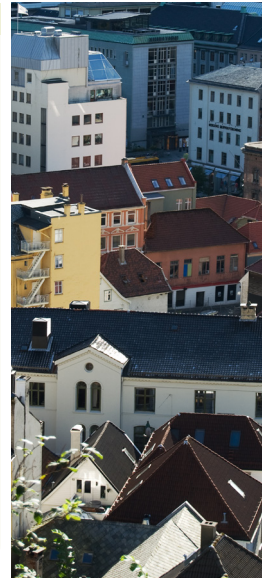
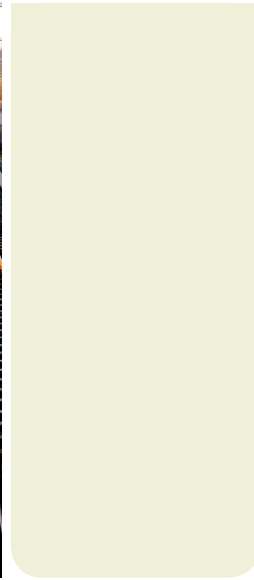
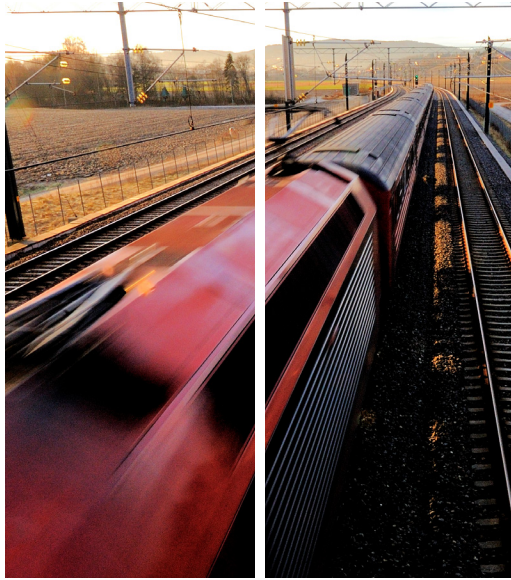


2011



# Støyplage og søvnforstyrrelser fra togstøy

Gunn Marit Aasvang  
Ronny Klæboe



# Støyplage og søvnforstyrrelser fra togstøy

Gunn Marit Aasvang  
Ronny Klæboe

Utgitt av Nasjonalt folkehelseinstitutt  
Divisjon for miljømedisin  
Avdeling for luftforurensning og støy  
Mars 2011

**Tittel:**

Støyplage og søvnforstyrrelser fra togstøy

**Forfattere:**

Gunn Marit Aasvang  
Ronny Klæboe

**Bestilling:**

Rapporten kan lastes ned som pdf  
på Folkehelseinstituttets nettsider: [www.fhi.no](http://www.fhi.no)

Rapporten kan også bestilles fra  
Nasjonalt folkehelseinstitutt  
Postboks 4404 Nydalen  
NO-0403 Oslo  
[publikasjon@fhi.no](mailto:publikasjon@fhi.no)  
Telefon: 21 07 82 00  
Telefaks: 21 07 81 05

**Design omslag:**

Per Kristian Svendsen og Unni Harsten

**Opplag:** 50

**Foto omslag:**

Jernbaneverket  
Colourbox

ISBN trykt versjon 978-82-8082-453-0

ISBN elektronisk versjon 978-82-8082-454-7

## Forord

Dette arbeidet er gjennomført av Nasjonalt folkehelseinstitutt og Transportøkonomisk institutt (TØI). Forsker Gunn Marit Aasvang ved Nasjonalt folkehelseinstitutt har vært prosjektleder og ansvarlig for datainnsamling og analyser av sammenheng mellom støyeksponering og søvnforstyrrelser, mens forskningsleder Ronny Klæboe ved TØI har gjort analyser av sammenhengen mellom støynivå og støyplage. Miljøakustikk as ved Eyjolf Osmundsen og Gaute Birkeli er ansvarlig for støyeksponeringsberegningene. Bo Engdahl ved Brekke og Strand akustikk as og Iris Turunen-Rindel ved Standard Norge har stått for kvalitetssikring av rapporten. Rapporten er utarbeidet for og finansiert av Jernbaneverket.

Folkehelseinstituttet mars 2011



## Innhold

<b>1</b>	<b>Sammendrag</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Metode</b> .....	<b>8</b>
3.1	Utvalg/områder .....	8
3.2	Datainnsamling .....	8
3.3	Uttesting av spørreskjema .....	9
3.4	Godkjenninger .....	9
3.5	Beregning av støyeksponering .....	9
3.6	Statistiske analyser .....	11
<b>4</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>12</b>
4.1	Utvalg .....	12
4.2	Støyeksponering .....	12
4.3	Støyplage.....	15
4.3.1	Støyplage i forhold til støy nivå beregnet innendørs .....	15
4.3.2	Støyplage som funksjon av utendørs støy nivå .....	16
4.3.3	Beregning av konfidensintervall .....	17
4.4	Analyse av modifierende variable .....	18
4.5	Selvrapporterte søvnforstyrrelser .....	20
<b>5</b>	<b>Diskusjon og konklusjon</b> .....	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>27</b>

## 1. Sammendrag

Blant spurte personer utsatt for togstøy langs jernbanelinjer i Oslo og Akershus ble det funnet at bortimot 30 % var mye eller ekstremt plaget av jernbanestøy når innendørs døgnekvivalent støynivå beregnet som  $L_{den}$  var på 40 dB. Hver fjerde person oppga søvnproblemer som skyldes støy når støynivå fra tog om natten var 30 dB ( $L_{p,A,eq,natt}$ ) eller mer i soverom.

Rapporten presenterer enkle eksponering-responskurver samt statistiske analyser av sammenhenger mellom støy og virkning hvor mulige samvirkende og motvirkende faktorer er inkludert. For støyplage hadde alder og støysensitivitet betydning, men medførte likevel ikke vesentlig endring i den etablerte sammenhengen mellom støynivå og plagegrad. Andel personer som rapporterte søvnforstyrrelser på grunn av støy økte gradvis, både i forhold til ekvivalent støynivå og maksimalt støynivå på natt. Det var imidlertid en sterk korrelasjon mellom disse to støyparameterne slik at det er vanskelig å anslå hvilken av disse indikatorene som er viktigst. Viktige modifierende faktorer for støyinduserte søvnforstyrrelser var støysensitivitet og antall togpasseringer på natt.

Resultatene er basert på en undersøkelse gjennomført av Nasjonalt folkehelseinstitutt høsten 2000. Hensikten med undersøkelsen den gang var å se nærmere på negative virkninger av transportstøy, inkludert jernbanestøy. Hovedfokuset var støyinduserte søvnforstyrrelser, men data på støyplage fra ulike kilder ble også innhentet. Støynivåer ble beregnet for alle adresser, i første omgang utenfor soverom og i soverom. I forbindelse med dette oppdraget for Jernbaneverket ble det gjort tilleggsberegninger både utenfor og innenfor mest eksponerte fasade for også å undersøke støyeksponering i forhold til generell støyplage.

For beregninger av støynivå innendørs ble det tatt utgangspunkt i opplysninger fra spørreskjema om type boligfasade, vindustype og etasje og om soverom ligger ut mot jernbane, veg, eller hage/bakgård. På bakgrunn av disse data var det mulig å gjennomføre analyser av sammenheng mellom ulike støyparametere beregnet innendørs og plage/søvnforstyrrelser som skyldes jernbanestøy.



## 2. Innledning

De langt fleste undersøkelser av negative virkninger av trafikkstøy er gjennomført for vegtrafikk- og flystøy. Selv om det etter hvert også er publisert flere undersøkelser som ser på effekter av eksponering for togstøy er kunnskapen om virkninger fremdeles mangelfull. Dette gjelder spesielt virkninger på søvnkvalitet.

I Norge har det tidligere vært gjennomført sosio-akustiske undersøkelser for flytrafikk og vegtrafikkstøy, men ikke for jernbanestøy. Det er utviklet eksponering-responskurver for fly- og vegtrafikkstøy på bakgrunn av resultatene fra disse undersøkelsene (Klæboe m.fl., 2004, Kolbenstvedt m.fl., 1990), mens en har manglet tilsvarende norske virkningskurver for togstøy. Det har derfor vært ønskelig å utvikle nasjonale eksponering-responskurver også for jernbanestøy.

Det mest vanlige både nasjonalt og i andre land har vært å undersøke sammenhengen mellom støyplage og støyeksponering beregnet utenfor mest eksponerte fasade. I en rekke retningslinjer og anbefalinger oppgis grenseverdier for støy utenfor bolig. Miljøverndepartementet fastsatte i 2005 en ny retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging<sup>1</sup>. Retningslinjen gjelder utendørs støyforhold ved planlegging knyttet til de viktigste støykildene i ytre miljø og arealbruken i støyutsatte områder. Retningslinjen gir anbefalte utendørs støygrenser ved etablering av nye boliger og annen støyfølsom bebyggelse. Likeledes gis det anbefalte utendørs støygrenser ved etablering av nye støykilder, som for eksempel veganlegg, næringsvirksomhet og skytebaner. Grenseverdier for støynivå utendørs oppgis i form av  $L_{den}$  som er et A-veiet ekvivalent årsmidlet lydtryknivå for dag, kveld og natt med en tidsveiefaktor på 5 dB for kveld og 10 dB på natt etter EUs rammedirektiv for støy<sup>2</sup>, mens krav og anbefalinger til lydtryknivå innendørs fremdeles gis som et ukorrigert ekvivalent lydtryknivå over hele døgnet,  $L_{p,A,eq,24h}$ .

For innendørs støy viser retningslinjen til kravene i teknisk forskrift til plan- og bygningsloven<sup>3</sup> og Norsk Standard 8175<sup>4</sup>. For eksisterende boliger gjelder forskrift om begrensning av forurensning, kap. 5 om støy, hvor anleggseier har en plikt til å gjennomføre støyreduserende tiltak hvis et anlegg bidrar vesentlig til at det gjennomsnittlige lydtryknivået innendørs over døgnet overskrider  $L_{p,A,eq,24h} = 42$  dB.

Det er mangel på kunnskap om støyplage og søvnforstyrrelser ved ulike støynivåer innendørs. For innendørs støyplager, bl.a. søvnforstyrrelser, vil beregninger ved mest utsatte fasade ha varierende prediksjonsverdi, avhengig av type boligfasade, vindustype samt hvor rommene og bruken av disse er plassert i forhold til støykilden. Det har vært uttrykt et ønske fra Jernbaneverket om å få undersøkt sammenhenger mellom støyplage og togstøy beregnet innendørs. Denne rapporten omhandler støyplage og støyinduserte søvnforstyrrelser med hovedfokus på hvordan virkningene er relatert til beregnede lydtryknivåer innendørs.

I arbeidet som presenteres her har vi kun hatt beregninger av innendørs støynivå beskrevet som  $L_{den}$  og  $L_{night}$ . Beregning av  $L_{p,A,eq,24h}$  har dessverre ikke vært mulig innenfor rammene av dette prosjektet.

<sup>1</sup> Retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging, T-1442. Miljøverndepartementet, 2005.

<sup>2</sup> Direktiv 2002/49/EF. (EUs rammedirektiv for støy)

<sup>3</sup> Ren veiledning til Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk. Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven nr. 33, 1997.

<sup>4</sup> NS 8175, 2008:Lydforhold i bygninger – Lydklasser for ulike bygningstyper

### 3. Metode

Analysen og resultatene i denne rapporten er basert på en spørreundersøkelse som ble gjennomført ved Nasjonalt folkehelseinstitutt høsten 2000 (Aasvang m.fl., 2008). Analysemetode for eksponering-responsammenheng mellom støy og plage er utviklet ved Transportøkonomisk institutt.

#### 3.1 Utvalg/områder

Det ble innhentet adresseopplysninger fra Jernbaneverket for husstander hvor beregnede støynivåer forelå eller ville fremskaffes som følge av kartlegging etter Forurensningsloven. Det ble valgt ut områder langs jernbanelinjer i Oslo og Akershus (Østfoldbanen, Drammensbanen, Gjøvikbanen samt Hovedbanen sør og Hovedbanen nord). Det endelige utvalget besto av 2193 personer fra områder som hovedsakelig er eksponert for jernbanestøy.

Blant disse respondentene var det ingen som bor på adresser som samtidig ble kartlagt for vegtrafikkstøy eller flystøy etter Forurensningsloven. Dette innebærer at man hovedsakelig kan utelukke at respondentene i undersøkelsen er utsatt for samtidig høye støynivåer fra andre transportkilder enn jernbane.

#### 3.2 Datainnsamling

Et spørreskjema for å studere støyplage, støyinduserte søvnforstyrrelser, søvnkvalitet og helse ble utarbeidet med basis i tidligere undersøkelser. Dette spørreskjemaet består av fem deler:

1. Personlige opplysninger som alder, kjønn, inntekt og utdanning.
2. Arbeid og arbeidsforhold.
3. Bolig og boligforhold (inkludert spørsmål om generell støyplage fra ulike kilder).
4. Søvn og søvnkvalitet.
5. Helse.
6. Støysensitivitet

I utarbeidelsen av spørreskjemaet er det, så langt det har latt seg gjøre, søkt å benytte allerede utprøvde skjemaer. Spørsmålene om støyplage var i tråd med hva som ble brukt i andre undersøkelser av subjektiv opplevelse av støy samt i forhold til arbeidet med den internasjonale standardiseringen av støyplagespørsmål til bruk i vitenskapelige undersøkelser (Fields m.fl., 2001).

En fempunkts responskala uten filterspørsmål ble benyttet for å måle støyplage. Spørreskjemaet ble utviklet i 1999/2000 og derfor før det som endelig ble bestemt å være den norske plageresponskalaen. Plageresponskalaen som ble benyttet i 2000 avvek fra dette med hensyn til navn på 3. og 5. responskategori; ”ganske” ble brukt istedenfor ”middels” plaget og ”ekstremt” istedenfor ”voldsomt” plaget.

Tidsrommet som respondentene skulle vurdere støyplage var de siste 3 måneder og ikke 12 måneder, som er anbefalt<sup>5</sup>. På dette punktet er det imidlertid muligheter for valg av andre tidsrom avhengig av hensikten med undersøkelsen. Av hensyn til at undersøkelsen i 2000 primært var rettet mot støyinduserte søvnforstyrrelser, hvor respondentene på spørsmål om søvnkvalitet skulle svare for de 3 siste månedene, ble dette tidsrommet også benyttet i spørsmålene om støyplage.

---

<sup>5</sup> ISO/TS 15666:2003 Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys.

Søvnspørsmålene ble utarbeidet med utgangspunkt i ”*Basic Nordic Sleep Questionnaire*” (Partinen & Gislason, 1995) og inkluderte spørsmål om søvnkvalitet, antall oppvåkninger i løpet av natten, tretthet på morgenen og i løpet av dagen, forsinket innsøvning og for tidlig oppvåkning.

Det ble også stilt direkte spørsmål om mulige årsaker til søvnproblemer, både innsøvningsproblemer og oppvåkninger i løpet av natten, hvor et av svaralternativene var transportstøy. Det er respondentenes svar på disse to spørsmålene som danner grunnlaget for analysene av sammenheng mellom togstøyeksposering og søvnforstyrrelser i denne rapporten. Det ble også spurt om hvor ofte man sov med soveromsvinduet åpent og hvorvidt soverommet var plassert ut mot trafikkert veg, jernbane, hage eller bakgård.

Et spørsmål på støysensitivitet ble stilt helt til slutt, med utgangspunkt i Weinstens skjema for støyfølsomhet fra 1978 (Weinstein, 1978). I dette spørsmålet skulle man svare på en 6 punkts skala fra helt enig til helt uenig i om man ser på seg selv som støysensitiv.

Det ble utarbeidet et følgebrev hvor det ble gitt informasjon om at dette var en generell undersøkelse om helse og trivsel i nærmiljøet. Det blir betraktet som viktig at den egentlige hensikten med undersøkelsen, i dette tilfellet negative virkninger av støy, er maskert for respondentene. Dette prinsippet følges i de langt fleste undersøkelser av lignende type.

For å øke svarprosenten ble det sendt ut en purring til de som ikke hadde svart tre uker etter førstegangsutsendelse.

### 3.3 Uttesting av spørreskjema

Etter at førsteutkast av spørreskjema med følgebrev var utarbeidet i samråd med to av medlemmene i referansegruppen<sup>6</sup> (Reidun Ursin, Universitetet i Bergen og Evy Öhrström, Universitetet i Göteborg), ble det i første omgang testet ut på ca. 10 kolleger og venner. Et mindre revidert utkast sammen med følgebrev ble sendt til 70 personer tilfeldig trukket fra telefonkatalogen for Oslo. Dette pilotutvalget ble trukket slik at det var 35 kvinner og 35 menn, men alder var ukjent. Svarprosenten var 48,6 % uten purring. Svarene ble gjennomgått for å avdekke eventuelle misforståelser. Respondentene hadde også mulighet til å kommentere spørreskjemaet på siste side, og flere nyttige kommentarer kom. Det endelige skjemaet inneholdt noen mindre endringer i forhold til pilotskjemaet.

### 3.4 Godkjenninger

Studien er lagt frem for de Regionale komiteer for medisinsk forskningsetikk og er godkjent av Datatilsynet.

### 3.5 Beregning av støyeksposering

For jernbane er det beregnet A-veiet lydtrykknivå utenfor soveromsfasade og inne i soverom, samt for mest eksponerte fasade og innenfor mest eksponerte fasade. Beregningene er gjennomført etter Nordisk metode for beregning av jernbanestøy (Nordisk Ministerråd, 1996) med beregningsverktøyet Cadna A (DataKustik, 2004). Som underlag for beregningene er det brukt digitale kart og trafikkdata innhentet fra Jernbaneverket for høsten 2000.

Trafikkdataene skulle danne grunnlag for beregninger som gjenspeilet støyeksposering i en 3 måneders tid forut for utsendelse av spørreskjemaene i undersøkelsen, og er derfor ikke basert på et årsgjennomsnitt. Kartene inneholder ikke adresseinformasjon. Dette innebar at de aktuelle

<sup>6</sup> Referansegruppe for prosjektet ”Transportstøy og søvnforstyrrelser - kvantifisering av støybelastning og effekt på subjektive og fysiologiske søvnparametre” ved Nasjonalt folkehelseinstitutt.

bygningene måtte identifiseres og påføres en adresseinformasjon i kartet før beregninger ble gjennomført. Dette er gjort manuelt ved å slå opp den enkelte adresse i eksternt kartverk.

Beregningspunkter er satt i forskjellig høyde, avhengig av hvilken etasje som er oppgitt fra den enkelte respondent i spørreskjemaet. Første etasje er satt til å ligge 2,6 m over bakken, og hver etasje er antatt å være 2,6 m høy. Dersom etasje ikke er oppgitt, er første etasje brukt. Alle beregningspunktene er satt 5 cm fra fasade og støynivået er beregnet uten refleksjonsbidrag fra fasaden.

For beregning av innendørs støynivå er metoden beskrevet i håndbok 47 (Norges byggforskningsinstitutt, 1999). Det er benyttet informasjon fra spørreskjemaene om type boligfasade og type vindu, soveromsetasje og -beliggenhet i forhold til jernbanelinjen. Siden Folkehelseinstituttets undersøkelse primært var rettet mot støyinduserte søvnforstyrrelser, er det informasjon om type vindu på soverom som danner grunnlaget for beregning av støynivå innendørs.

For beregning av lydnivå innenfor mest eksponerte fasade, er en forutsetning om at vindustypene er den samme som på soveromssiden lagt inn i beregningene. I spørreskjemaene er det ikke bedt om detaljerte opplysninger om romdimensjoner som er nødvendig for beregningene. Det er derfor tatt utgangspunkt i et rom med standard størrelse og dimensjoner (tabell 3.1).

**Tabell 3.1. Tabell med standard størrelse og dimensjoner lagt til grunn for beregning av støynivå innendørs.**

Rom grunnflate	15 m <sup>2</sup>
Romvolum	36 m <sup>3</sup>
Etterklangstid	0,5 s
Yttervegg delflate	10 m <sup>2</sup>
Vindusflate	1,5 m <sup>2</sup>
Ventil	stengt/ingen

Støyen fra de ulike togtypene dempes ulikt av bygningsfasader målt med A-veiet lydnivå fordi støyen fra togene har ulike frekvenssammensetning. På baner hvor det går godstog eller høyhastighetstog er disse togtypene dimensjonerende for innendørs støynivå. Av den grunn er det i disse beregningene på de aktuelle banestrekningene brukt støyspekter C1 for godstog fra håndbok 47 som grunnlag for beregnet fasadeisolering.

For beregning av lydnivå innendørs ble det valgt å lage to alternative vindusdempinger. Verdiene for gode vinduer gjelder "gode tette åpningsbare vinduer", mens verdiene for dårlige vinduer gjelder "vinduer med dårlig tetting". Innenfor prosjektet har det ikke foreligget tilstrekkelige ressurser til å vurdere hver enkelt bolig, og vi har heller ikke informasjon om alder på bolig og vinduer.

Derfor er det i første omgang valgt å benytte verdiene for dårlige vinduer, da de fleste sannsynligvis har vinduer som ikke er spesielt vedlikeholdt siden de ble satt inn, med mulige lydlekkasjer på grunn av mangelfulle tettelisten osv. Forskjellen mellom innendørs støynivå ( $L_{p,A,eq,natt}$ ) for gode og dårlige vinduer varierte fra 0-10 dB, med en gjennomsnittlig forskjell på 2,8 dB. Støyberegningene er gjennomført av Miljøakustikk as.

Det er gjort beregninger av følgende parametre:  $L_{den}$ ,  $L_{p,A,maks,natt}$  og  $L_{p,A,eq,natt}$ .  $L_{den}$  er et A-veiet ekvivalent støynivå for dag-kveld-natt (day-evening-night) med 5dB/10dB vektning for kveld/natt. I denne undersøkelsen er dag definert fra kl. 07.00 til 18.00, kveld definert fra kl. 18.00 til 23.00 og

natt definert fra kl. 23.00 til 07.00. Dette avviker noe fra definisjonene i EUs rammedirektiv for støy hvor dag er definert til kl. 19.00 og kveld fra kl. 19.00, mens nattperioden er lik. I forhold til NS 8175 er det også et avvik hvor dag er definert fra kl. 06.00 til 18.00, kveld fra 18.00-22.00 og natt fra 22.00 til 06.00.

I forhold til EU-direktivet vil valg av definisjonene på dag og kveld ha begrenset betydning for  $L_{den}$ . Virkningen på beregnet  $L_{den}$  er at togpasseringer mellom kl 18.00 og 19.00 skulle ha vært vektlagt med en faktor + 5 dB høyere, og på den måten gitt en litt høyere  $L_{den}$ . Forskjellen vil imidlertid være minimal. Hvis en regner med at alle timene i døgnet gir samme bidrag til  $L_{den}$ , vil en omdefinisjon av 1 time på dagtid til kveldstid øke  $L_{den}$  med i underkant av 0,4 dB.

$L_{p,A,maks,natt}$  er den høyeste verdien av  $L_{p,A,maksM}$  beregnet for hver respondent for nattperioden (kl. 23.00 – 07.00).  $L_{p,A,maksM}$ , ”middelmaksnivå” er et energimidlet A-veiet maksimalt lydtryknivå, hvor midlingstiden er tiden for togpasseringen. Sammenlignet med den mer vanlige  $L_{p,A,Fmaks}$  antyder målinger at forskjellen mellom  $L_{p,A,Fmaks}$  og  $L_{p,A,maksM}$  avhenger av to faktorer: avstand til jernbanelinjen og togtype (elektrisk eller dieseldrevet). Dersom avstanden til jernbanelinjen er mer enn 100 meter antas  $L_{p,A,maksM}$  å være lik  $L_{p,A,Fmaks}$ . (for flere detaljer se Nordisk Ministerråd, 1996). Ifølge oversikt fra Jernbaneverket over togtyper og trafikkdata var det svært få dieseldrevne tog på de strekningene som var inkludert i vår undersøkelse.

$L_{p,A,eq,natt}$  er A-veiet ekvivalent lydtryknivå midlet over en 8-timers nattperiode (kl. 23.00-07.00).

### 3.6 Statistiske analyser

Sammenhengene mellom støyeksposering og støyplage er beregnet ved bruk av ordinale logitmodeller. Dette er en moderne metodikk som er benyttet for å beregne eksponering–responssammenhenger for vegtrafikk (Klæboe m.fl., 2004), vibrasjoner (Klæboe m.fl., 2003) og strukturstøy (Aasvang m.fl., 2007). Metoden er beskrevet i McKelvey og Zavoina (1975), (se også Agresti, 1990 og Long, 1997). Metoden gjør mindre strenge antagelser enn de som legges til grunn i tidligere studier (Groothuis-Oudshoorn og Miedema, 2006; Miedema og Oudshoorn, 2001), og har vist seg velegnet til formålet.

For å gjøre resultatene mer brukervennlige, er parameterestimaterne lagt inn i regneark, og benyttet til å beregne virkningskurver som visualiserer de estimerte sammenhengene. Dette er også gjort med hensyn til beregningene av konfidensintervallene, slik at det er mulig å gjøre seg opp en mening om presisjonen. Konfidensintervallene framtrer som fargelagte bånd som angir usikkerheten til hver enkelt av virkningskurvene.

For sammenheng mellom togstøyeksposering og støyinduserte søvnforstyrrelser er det benyttet logistisk regresjonsanalyse. En slik analyse er vanlig når effektvariabelen er en kategorivariabel med kun to kategorier; som i dette tilfellet hvor respondentene enten opplever søvnforstyrrelser på grunn av støy (1) eller *ikke* opplever søvnproblemer på grunn av støy (0). Ved hjelp av denne modellen kan man predikere sannsynligheten (odds ratio) for støyinduserte søvnforstyrrelser ved ulike støynivåer i forhold til et referansestøynivå, samtidig som man kan undersøke hvordan andre faktorer som for eksempel alder, kjønn og støysensitivitet kan påvirke denne sammenhengen.

## 4. Resultater

### 4.1 Utvalg

Totalt 1396 personer sendte inn utfylt skjema. Dette ga en svarprosent på 63,6%. Til sammen 47 av respondentene oppga en annen adresse på svarslippen enn den vi hadde registrert, og derfor trolig flyttet, eller adressen kunne ikke verifiseres. Disse ble derfor ikke inkludert i analysene. Det totale analyseutvalget hvor jernbanestøy er hovedkilde er på 1349 personer (61,5 %). Respondentene var i alderen 18-96 med en gjennomsnittsalder på 49 år ( $\pm 16$  år) og besto av 51,3 % menn og 48,7 % kvinner.

På bakgrunn av informasjon om alder, kjønn og et grovt estimat på ekvivalent lydtryknivå fra jernbane ( $L_{p,A,eq,24h} = 35-42$  dB eller mer enn 42 dB), ble det gjort en sammenligning av den gruppen som har svart og den gruppen som ikke har svart på spørreskjemaet for å få et inntrykk av skjevfordeling i forhold til utgangsutvalget. Ingen forskjell med hensyn til lydtryknivå fra jernbane ble funnet mellom de som besvarte skjemaet og de som ikke er inkludert, men andelen menn og andelen av de yngste ( $< 38$  år) og eldste ( $< 78$  år) var noe underrepresentert i forhold til utgangsutvalget.

Omlag 70 % er gift eller samboer, 13 % er ugifte/ikke samboende, 9 % er separert/skilt 7 % er enke/enkemann og 0,4 % oppga ikke sivilstatus. Med hensyn til *høyeste* fullførte allmennutdanning oppga 0,6 % ufullstendig folkeskole, 6 % har folkeskole/grunnskole, 26 % realskole/ungdomsskole og 65 % har fullført gymnas/videregående skole. (1,2 % oppga ikke type allmennutdanning).

Når det gjelder utdanning utover allmennutdanning oppga 25 % praktisk opplæring, 8 % hadde videre utdanning inntil 1 år, 24 % fra 1-2 år med tilleggsutdanning og 47 % oppga videre utdanning mer enn 3 år. Om lag 74 % arbeidet utenfor hjemmet, 8 % var hjemmearbeidende, 6 % var studenter, 17 % var pensjonister, 3 prosent var uten arbeid, 5 % var uføretrygdet. Regelmessig nattarbeid ble oppgitt av 4 %.

Bortimot 60 % bodde i eneboliger, henholdsvis 9 % og 14 % oppga leilighet og rekkehus og 12 % bodde i tomannsbolig. Terrassehus ble bebodd av 3 %, hybel av 2,5 % (1 % oppga ikke boligtype). Flesteparten oppgir at de bor i trehus (81,5 %) og resten bor i mur (14,3 %) eller en blanding av mur og tre (4,2 %).

I overkant av 70 % har bodd i sin nåværende bolig i mer enn 5 år. Kun 6 % har bodd i sin nåværende bolig kortere enn et år. Bortimot de fleste (94 %) oppga at de trives svært bra eller ganske bra der de bor.

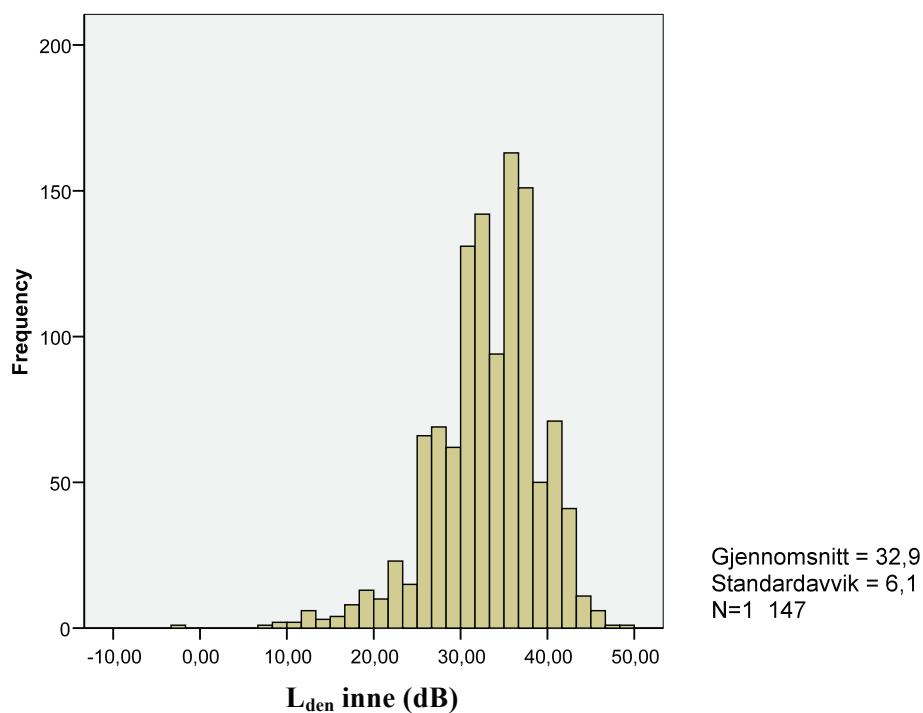
Med hensyn til støysensitivitet svarte 29 % seg helt eller ganske enig i at de er følsomme for støy, 38 % svarte litt uenig/litt enig, mens 33 % svarte ganske eller helt uenig.

### 4.2 Støyeksponering

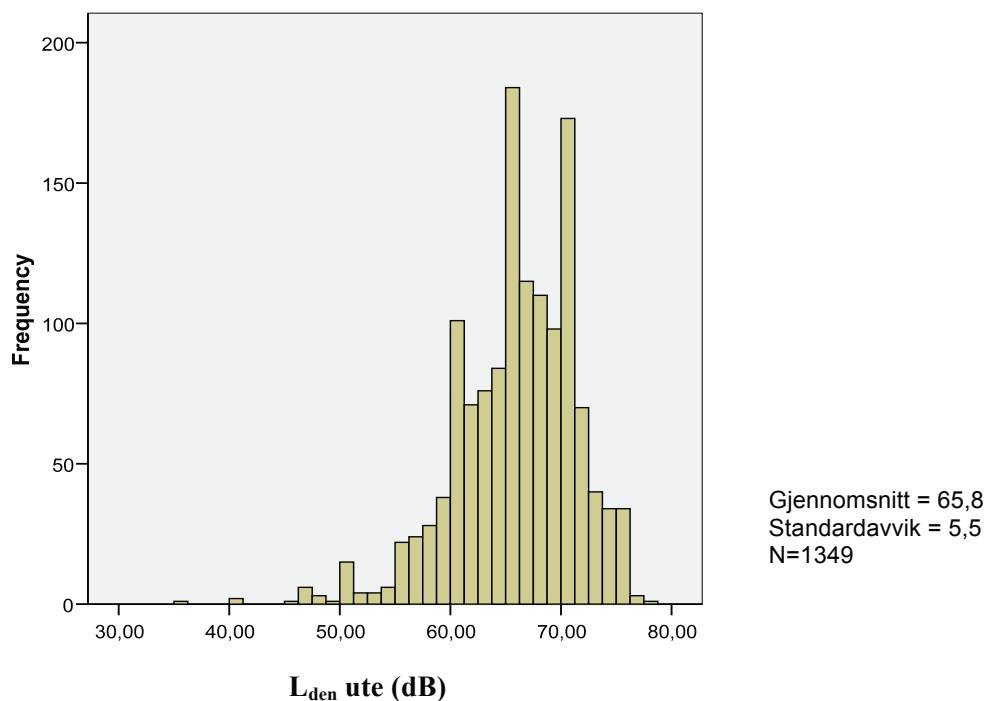
Det er gjennomført beregninger av støy utenfor fasade for samtlige 1349 respondenter. For å beregne støynivå innendørs var det nødvendig med informasjon (fra spørreskjema) om type boligfasade, type soveromsvindu og etasje. Tilstrekkelig informasjon om disse forhold manglet hos til sammen 202 respondenter. Støynivå inne er derfor beregnet for 1147 av respondentene (85 %). Fasadedempning beregnet for "dårlige" vinduer varierte fra 30 dB til 42 dB (gjennomsnittlig 36 dB).

For å undersøke støyeksponering i forhold til støyplage er det valgt å benytte parameteren  $L_{den}$  innenfor mest eksponerte fasade i tillegg til  $L_{den}$  på mest utsatte fasade. Med hensyn til søvnproblemer er det valgt  $L_{p,A,eq,natt}$  og  $L_{p,A,maks,natt}$  inne i soverom. Parameteren  $L_{den}$  korrelerte høyt med de andre beregnede støyparameterene ( $r > 0.9$ ,  $P < 0,01$ ).

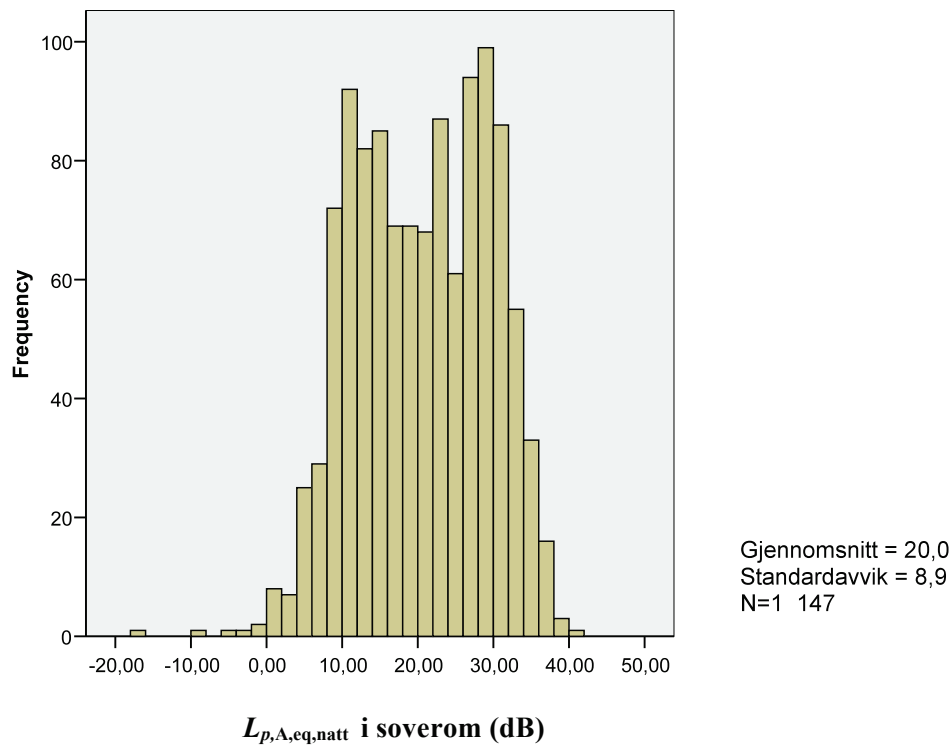
Fordeling av disse støyparametrene er vist i figurene 4.1, 4.2, 4.3 og 4.4 nedenfor.



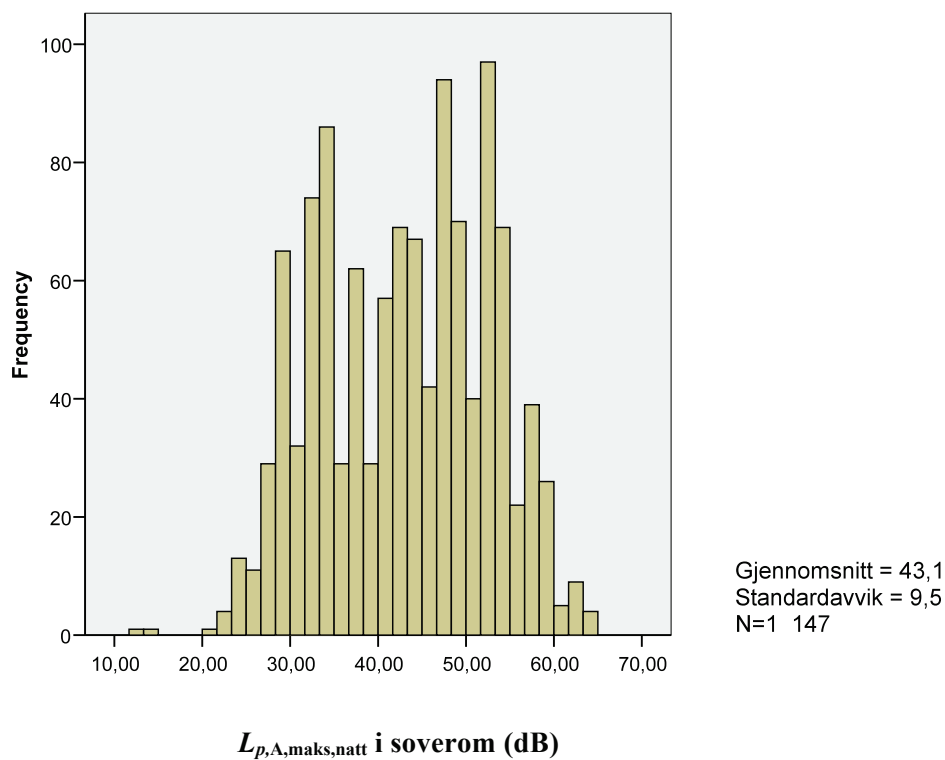
**Fig. 4.1.** Fordeling av antall personer eksponert for ulike støynivåer beregnet som  $L_{den}$  innenfor mest eksponerte fasade.



**Fig. 4.2.** Fordeling av antall personer eksponert for ulike støynivåer beregnet som  $L_{den}$  utenfor mest eksponerte fasade.



**Figur 4.3. Fordeling av antall personer eksponert for ulike støynivåer beregnet som  $L_{p,A,eq,natt}$  i soverom.**



**Figur 4.4. Fordeling av antall personer eksponert for ulike støynivåer beregnet som  $L_{p,A,maks,natt}$  i soverom.**

Antall togpasseringer på natt varierte fra 11 til 136 på de ulike strekningene.



Tabell 4.1 viser antall togpasseringer for ulike togtyper på ulike deler av banenettet som er lagt til grunn for beregningene.

Tabell 4.1. Data på antall togpasseringer på natt.

Strekning	BM-69	BM-70	Npass	BM-71	Ngods	Totalt
Drammensbanen	88	5	5	32	6	136
Drammensbanen	35	5	6	32	8	86
Gjøvikbanen	6		2		3	11
Hovedbanen nord	17		1		19	37
Hovedbanen sør	17		1		10	28
Østfoldbanen	24	2	3		9	38
Østfoldbanen	23	2	3		9	37

## 4.3 Støyplage

### 4.3.1 Støyplage i forhold til støynivå beregnet innendørs

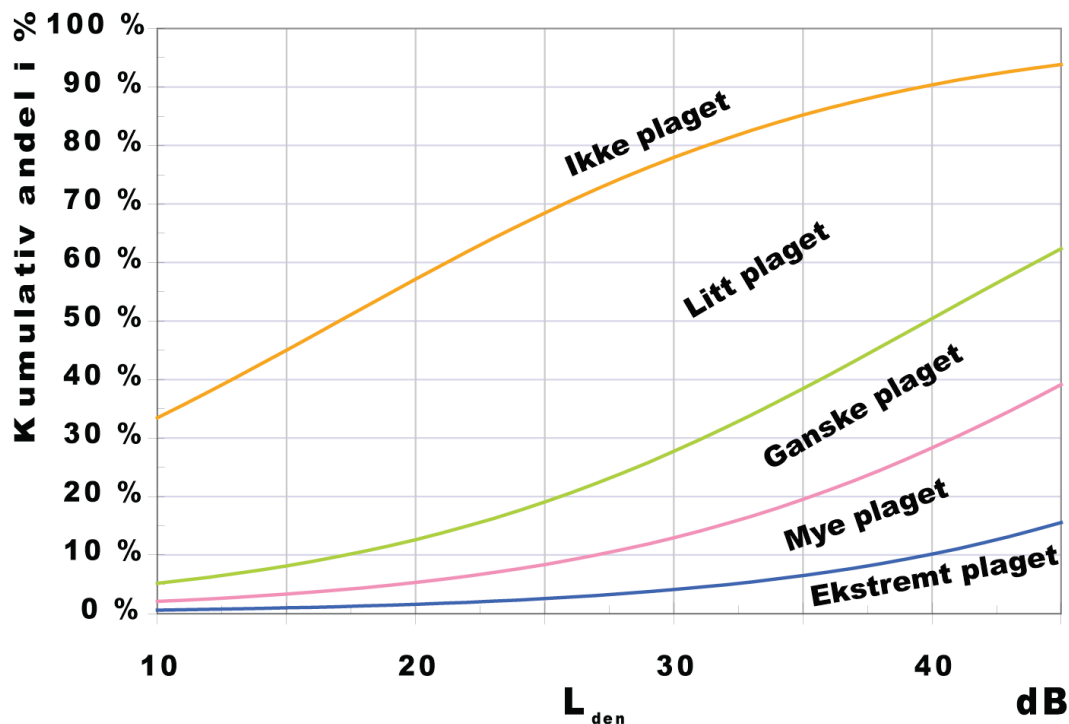
En enkel ordinal logit modell med støyplage som uavhengig variabel og beregnet innendørs eksponering innenfor mest eksponerte fasade som forklaringsvariabel er gjennomført (Tabell 4.2). Dårligste vindustype er lagt inn som forutsetning.

Tabell 4.2. Parameterestimer for grad av plage fra jernbanestøy. N=1145. Jernbanestøyundersøkelsen i Oslo 2000. (Mest eksponerte side – dårlige vinduer).

	Estimat	Std.		
		Avvik	df	Sig.
Litt plaget	1,662	0,313	1	0,00
Ganske plaget	3,884	0,332	1	0,00
Mye plaget	4,830	0,341	1	0,00
Ekstremt plaget	6,079	0,358	1	0,00
$L_{den}$	0,098	0,010	1	0,00

*Innendørs støynivå – dårlige vinduer*

På basis av parameterestimatene er det konstruert virkningskurver som viser hvilken grad av plage en kan forvente ved ulike støyeksponering jf. Figur 4.5.



Figur 4.5. Kumulativ grad av plage fra jernbanestøy etter støybelastning  $L_{den}$  innenfor mest utsatte fasade. (Forutsetning om "dårlige" vinduer). Jernbanestøyundersøkelsen i Oslo 2000. N=1145.

Av kurven ser vi at 10% av befolkningen vil være ekstremt plaget ved et innendørs støynivå innenfor mest eksponerte fasade på 40 dB. Tar vi i tillegg med de som er mye plaget, vil andelen i befolkningen som minst anser seg å være mye plaget være nesten 30%. Ved samme støynivå vil halvparten av befolkningen oppleve å være minst ganske plaget.

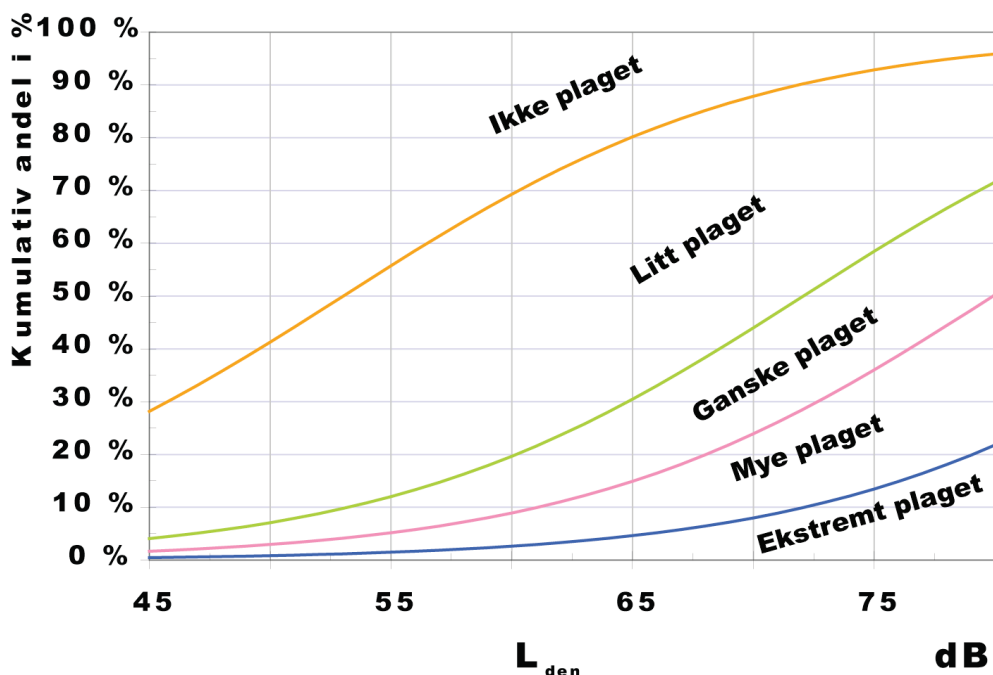
#### 4.3.2. Støyplage som funksjon av utendørs støynivå

Eksposering-responskurver for støyplage i bolig med utgangspunkt i støynivået utenfor mest eksponerte fasade er tilsvarende beregnet (Tabell 4.3 og figur 4.6). Det er virkningskurvene for disse sammenhengene som er mest interessante når en skal sammenligne mot internasjonale resultater.

Tabell 4.3 Parameterestimer for grad av plage i bolig fra jernbanestøy. Jernbanestøyundersøkelsen av 2000. (Støyeksposering på mest eksponerte side). N=1339.

Estimat	Estimat	Std. Avvik	df.	Sig.
Litt plaget	6,182	0,647	1	0,00
Ganske plaget	8,403	0,667	1	0,00
Mye plaget	9,319	0,674	1	0,00
Ekstremt plaget	10,606	0,684	1	0,00
$L_{den}$	0,117	0,010	1	0,00

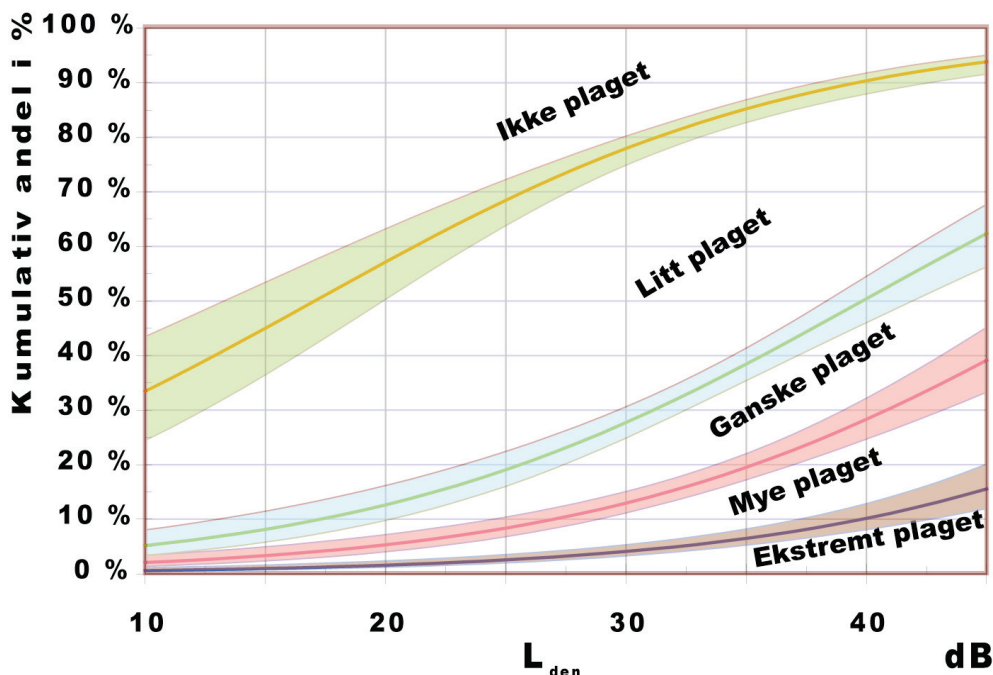
På mest eksponerte fasade



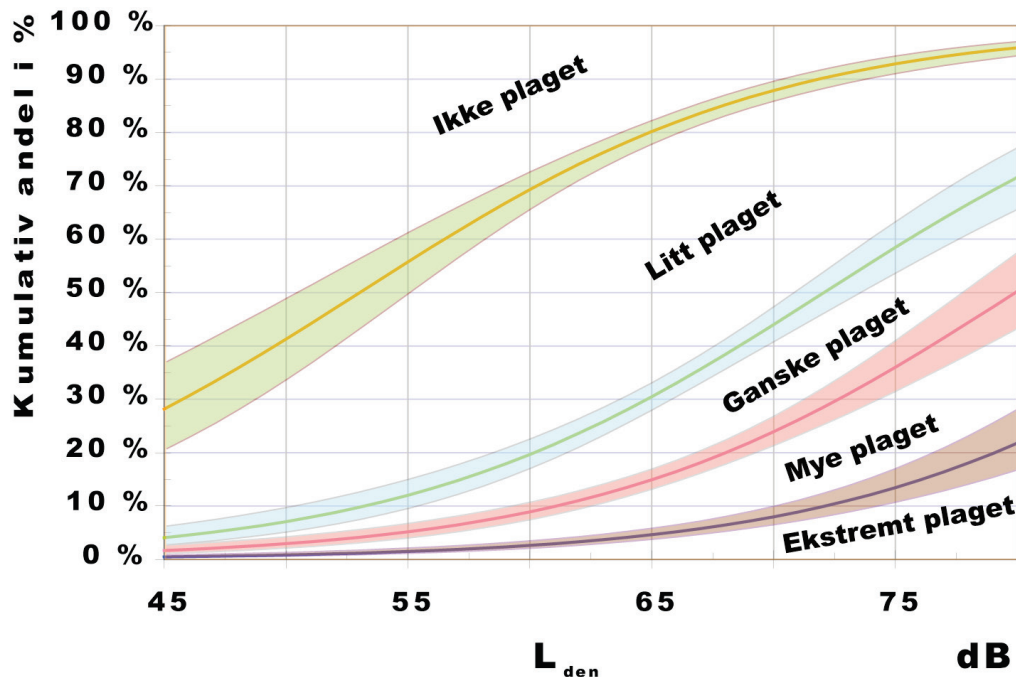
Figur 4.6. Kumulativ grad av plage fra jernbanestøy etter støybelastning  $L_{den}$  på mest utsatte fasade. Jernbanestøyundersøkelsen i Oslo 2000. N=1339.

#### 4.3.3 Beregning av konfidensintervall.

For å kunne anslå hvor "gode" sammenhengene er, lages det gjerne konfidensintervall, dvs. et område som nesten sikkert fanger den "egentlige" sammenhengen. (NB. Konfidensintervallene gjelder for de generelle gjennomsnittlige sammenhengene en har funnet fram til og ikke for den enkelte personen). Slike konfidensintervall kan beregnes ut fra kjennskapet til parameter-estimaterne og kovariansmatrisen. For å gjøre disse beregningene mer brukervennlige er de relevante tallstørrelsene lagt inn i et regneark og visualisert jf. figur 4.7 og figur 4.8.



Figur 4.7. 95-prosent konfidensintervall for kumulativ grad av plage fra jernbanestøy etter støybelastning  $L_{den}$  innenfor mest utsatte fasade. (Forutsetning om "dårlige" vinduer). Jernbanestøyundersøkelsen i Oslo 2000. N=1145.



Figur 4.8. 95-prosent konfidensintervall for kumulativ grad av plage fra jernbanestøy etter støybelastning  $L_{den}$  på mest utsatte fasade. Jernbanestøyundersøkelsen i Oslo 2000. N=1339.

Det framgår av figuren at konfidensintervallene er relativt smale, og følgelig at de gjennomsnittlige sammenhengene som er beregnet holder god kvalitet og at kurvene med rimelig sikkerhet angir hvor store andeler i befolkningen som vil reagere med ulik plage ved ulike eksponeringsverdier. Kvaliteten anses å være på samme nivå som for vegtrafikkstøy (Klæboe m fl., 2004).

#### 4. 4 Analyse av modifierende variable

Det er kjent fra en rekke undersøkelser at andre, ikke-akustiske, faktorer kan virke inn på hvor plaget man blir av støy (Fields, 1993; Job, 1988). De mest vanlige av slike undersøkte faktorer er alder, kjønn, utdanning, inntekt, støysensitivitet og holdninger til støykilden. I strategisk støykartlegging kjenner man vanligvis ikke til slike egenskaper ved de støyeksponerte. Når en skal beregne hvor stor andel personer som vil bli plaget ved et gitt støynivå, er det derfor vanlig å ta utgangspunkt i helt generelle sammenhenger, uten å kontrollere for personlige kjennetegn selv om man vet at disse har betydning.

Imidlertid foreligger det en risiko for at en eller flere kjennetegn som har betydning kan være korrelert med støynivået. I slike tilfeller kan de generelle sammenhengene bli misvisende. Vi har derfor regnet ut sammenhengen mellom støyplage og utendørs støy med kontroll for en rekke mulige modifierende variable. Vi ser av parameterestimatet for utendørs støyeksponering ( $L_{den}$ ), at den i liten grad endrer verdi (tabell 4.4). Vi kan derfor konkludere med at de etablerte sammenhengene gjelder også når vi tar hensyn til modifierende variable.

Tabell 4.4 Parameterestimer for grad av plage i bolig fra jernbanestøy med kontroll for mulige modifierende variable. Jernbanestøyundersøkelsen av 2000. (Støyeksponering på mest eksponerte side). N=1339.

		Estimat	Std. Avvik	df	Sig.
<b>Kuttpunkt</b>	litt plaget	7,440	,696	1	,000
	ganske plaget	9,814	,722	1	,000
	mye plaget	10,749	,731	1	,000
	ekstremt plaget	12,088	,743	1	,000
<b>L<sub>den</sub></b>	dB	,118	,010	1	,000
<b>Kjønn</b>	Kvinne	,008	,106	1	,936
	Mann	Referanse	.	0	.
<b>Alder</b>	< 35	1,190	,195	1	,000
	35-49	,952	,169	1	,000
	50-64	,688	,173	1	,000
	>65	Referanse	.	0	.
<b>Utdanning</b>	ufullstendig folkeskole	-2,197	,843	1	,009
	folkeskole/ grunnskole	,276	,248	1	,266
	ungdomsskole/realskole	,086	,126	1	,494
	gymnas/ videregående skole	Referanse	.	0	.
<b>Støysensitiv</b>	helt enig	1,034	,207	1	,000
	ganske enig	,763	,193	1	,000
	litt enig	,517	,174	1	,003
	litt uenig	,646	,217	1	,003
	ganske uenig	,344	,188	1	,067
	helt uenig	Referanse	.	0	.

Link function: Logit.

Vi ser videre av tabellen at kjønn ikke er signifikant. Dette er i samsvar med det som tidligere er funnet internasjonalt. Aldersgruppen under 35 år rapporterer at de er mest plaget. Dette avviker litt fra det en har funnet i undersøkelser der en bruker en finere aldersfordeling. Da har en ofte funnet at både de aller yngste og de eldste er noe mindre plaget enn de mellomste aldersgrupper (Miedema og Vos, 1999). Dette gjelder imidlertid ikke her, støyreaksjonene i den yngste aldersgruppen er bare litt lavere enn i nest yngste aldersgruppe, selv når vi bruker 10 års intervaller.

Mellom eldste og yngste kategori skiller det 10 dB. Med andre ord må støyen øke med 10 dB i gjennomsnitt for at en eldre person skal rapportere like høy plagegrad som en ung. Utdanning betyr lite (kategorien som er signifikant er for liten til å ha betydning).

Når det gjelder støysensitivitet så er de som er helt enig i at de er støysensitive tilsvarende plaget som de som ikke er sensitive som er utsatt for 10 dB mer. Siden gjennomsnittet ligger på ca. 5 dB tillegg, så kan en kanskje si at støysensiviteten kan bety 5 dB fra eller til i forhold til gjennomsnittet.

Resultater av tilsvarende modell men som funksjon av støynivået innendørs gir eksakt samme bilde: Korreksjon for modifierende faktorer betyr ikke noe for størrelsen av støyparameteren.

Betydningen av en dB-økning er den samme om vi kontrollerer for modifierende faktorer eller ei. Resultatene stemmer således med det vi på forhånd ville forvente fra andre undersøkelser (Miedema og Vos, 1999). Alder og støysensitivitet har betydning.

#### 4.5 Selvrapporterte søvnforstyrrelser

Innsøvningsproblemer og oppvåkninger på grunn av støy ble rapportert av henholdsvis 6,2 % og 8,4 % (tabell 4.5 og 4.6). Svært mange av de som våkner på grunn av støy rapporterte også innsøvningsproblemer på grunn av støy, så totalt 10,7 % rapporterer støyinduserte søvnproblemer (innsøvningsproblemer og/eller oppvåkninger). 12,4 % oppgir at de ikke har åpent soveromsvindu så ofte som de ønsker på grunn av transportstøy generelt.

I analysene av sammenhenger mellom støy og søvnforstyrrelser er støyeksponering inndelt i 5 dB støynivåintervaller samt mindre enn den laveste og større enn den høyeste eksponeringskategorien. For valg av laveste og høyeste støyeksponeringskategori er det tatt hensyn til at disse kategoriene ikke skal ha for få respondenter, dette med tanke på videre statistiske analyser. I tabellene 4.5 og 4.6 er det vist antall personer innenfor de ulike støyeksponeringskategoriene samt antall og andel som rapporterer innsøvningsproblemer og oppvåkninger som skyldes transportstøy, beregnet som hhv.  $L_{p,A,eq,natt}$  og  $L_{p,A,maks,natt}$ .

**Tabell 4.5. Innsøvningsproblemer og oppvåkninger som skyldes støy i forhold til  $L_{p,A,eq,natt}$  beregnet i soverom (natt: 23.00-07.00).**

$L_{p,A,eq,natt}$ (dB)	Totalt		Innsøvningsproblemer		Oppvåkninger		Innsøvningsproblemer og/eller oppvåkninger	
	Antall	Antall	%	Antall	%	Antall	%	
<10	147	4	2,7	5	3,4	8	5,4	
10-14	215	5	2,3	9	4,2	10	4,7	
15-19	182	6	3,3	7	3,8	9	4,9	
20-24	185	9	4,9	12	6,5	16	8,6	
25-29	224	18	8,0	23	10,3	31	13,8	
≥30	194	29	14,9	40	20,6	49	25,3	
<b>Totalt</b>	<b>1147</b>	<b>71</b>	<b>6,2</b>	<b>96</b>	<b>8,4</b>	<b>123</b>	<b>10,7</b>	

**Tabell 4.6. Innsøvningsproblemer og oppvåkninger som skyldes støy i forhold til  $L_{p,A,maks,natt}$  beregnet i soverom (natt: 23.00-07.00).**

$L_{p,A,maks,natt}$ (dB)	Totalt		Innsøvningsproblemer		Oppvåkninger		Innsøvningsproblemer og/eller oppvåkninger	
	Antall	Antall	%	Antall	%	Antall	%	
< 30	81	1	1,2	1	1,2	2	2,5	
30-34	195	6	3,1	10	5,1	13	6,7	
35-39	161	7	4,3	6	3,7	9	5,6	
40-44	167	6	3,6	8	4,8	11	6,6	
45-49	198	9	4,5	16	8,1	19	9,6	
50-54	204	26	12,7	32	15,7	41	20,1	
>55	141	16	11,3	23	16,3	28	19,9	
<b>Totalt</b>	<b>1147</b>	<b>71</b>	<b>6,2</b>	<b>96</b>	<b>8,4</b>	<b>123</b>	<b>10,7</b>	

Figurene 4.8 og 4.9 nedenfor viser enkle sammenhenger (ikke kontrollert for modifierende faktorer) mellom støynivå og andel (%) selvrapporterte søvnforstyrrelser som skyldes støy. Separate eksponering-respons-sammenhenger for innsovningsproblemer og oppvåkninger er svært overlappende (Aasvang m.fl., 2008) og kurvene er derfor slått sammen, dvs. figurene viser andelen som oppgir enten støyinduserte innsovningsproblemer eller oppvåkninger eller begge deler.

Blant dem som rapporterte støyinduserte oppvåkninger var det 62 % som også oppga å ha innsovningsproblemer på grunn av støy. Sammenhengene viser en klar trend med økende grad av støyinduserte søvnforstyrrelser med økende støynivå både for  $L_{p,A,eq,natt}$  og  $L_{p,A,maks,natt}$ . Det ble imidlertid funnet en høy korrelasjon mellom disse to støyparemetrene ( $r > 0,95$ ,  $P < 0,01$ ). Årsaken til den høye korrelasjonen mellom  $L_{p,A,eq,natt}$  og  $L_{p,A,maks,natt}$  kan tenkes å være at den togtypen som bidrar til maksimalnivået for en strekning også kjører ofte på den togstrekningen som det er gjort beregninger for.

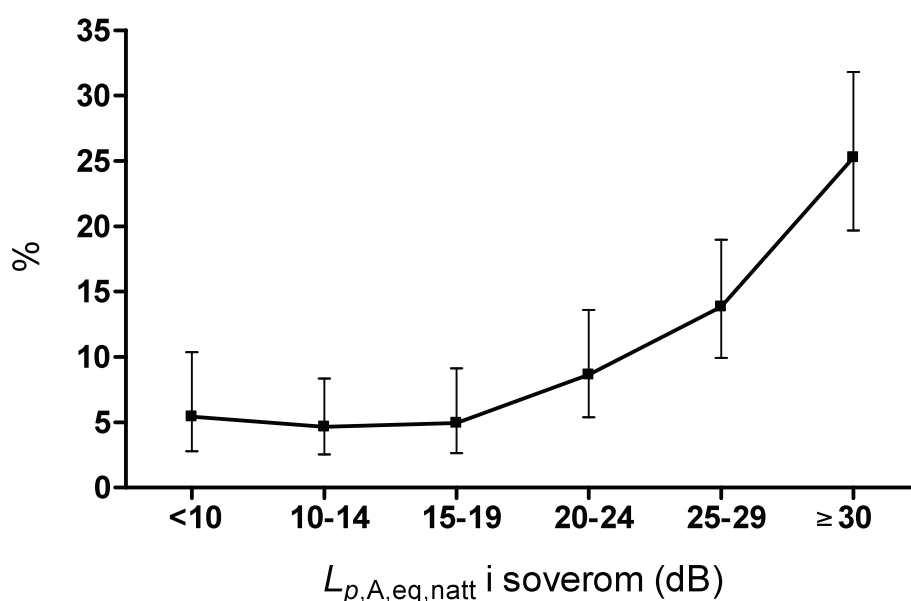
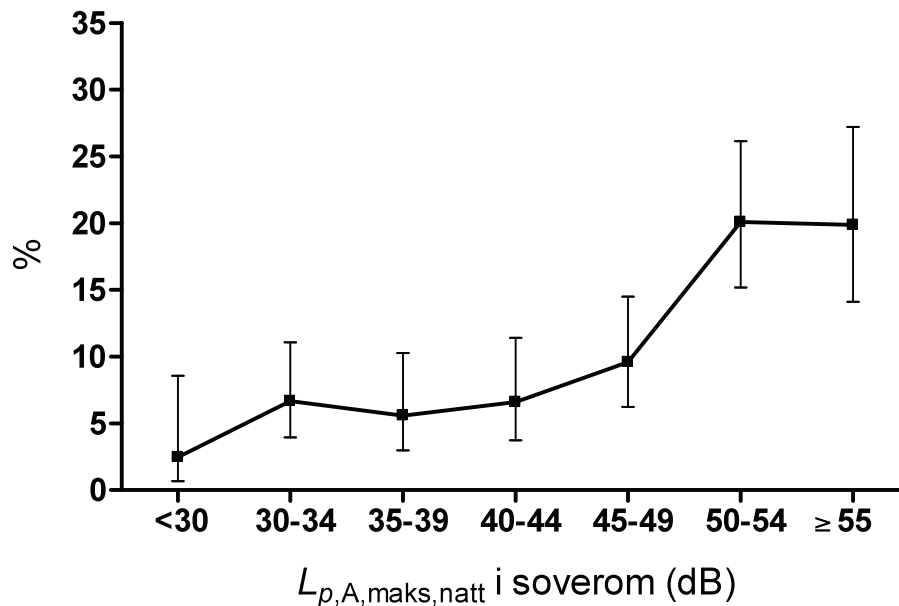


Fig 4.8. Andel som oppgir å ha søvnproblemer (innsovningsproblemer og/eller oppvåkninger) på grunn av trafikkstøy ( $L_{p,A,eq,natt}$  i soverom): andel (■) og estimert 95 % konfidensintervall (I) for hver støyintervallkategori.



**Fig 4.9.** Andel som oppgir å ha søvnproblemer (innsovningsproblemer og/eller oppvåkninger) på grunn av trafikkstøy ( $L_{p,A,maks,natt}$  i soverom): andel (■) og estimert 95 % konfidensintervall (I) for hver støyintervallkategori.

For å se nærmere på sammenhengene mellom støynivå og støyinduserte søvnforstyrrelser, hvor det kontrolleres for mulige samvirkende og motvirkende faktorer, er det gjennomført logistisk regresjonsanalyse. Tabell 4.7 og 4.8 nedenfor viser resultatene hvor henholdsvis innendørs  $L_{p,A,eq,natt}$  og  $L_{p,A,maks,natt}$  er hovedeksponeringsvariabelen. I begge modeller viser alder, kjønn, allmennutdanning, inntekt og bolengde ingen signifikant effekt. Oddsratio (OR) for støyinduserte søvnforstyrrelser er signifikant når  $L_{p,A,eq,natt} \geq 25-29$  dB og  $L_{p,A,maks,natt} \geq 50-54$  dB i soverom sammenlignet med det laveste (referanse)støynivået.

Støysensitivitet er en sterk og signifikant modifierende faktor med en OR > 4.0 for de mest støysensitive. Antall togpasseringer på natt viser ingen signifikant effekt i modellen med  $L_{p,A,eq,natt}$  som eksponeringsvariabel, på tross av ingen korrelasjon mellom  $L_{p,A,eq,natt}$  og antall togpasseringer på natt. Antall togpasseringer på natt har derimot noe å si i modellen hvor  $L_{p,A,maks,natt}$  er benyttet som eksponeringsvariabel, men effekten er litt forskjellig for innsovningsproblemer og oppvåkninger (Tabell 4.8). For innsovningsproblemer synes OR å øke med økende antall støyhendelser på natt, men for oppvåkninger er OR høyest (og signifikant) for den mellomste kategorien (61-90 passeringer per natt), for så å avta igjen når antall togpasseringer er over 90.

Tabellene viser også de ujusterte estimatene, og disse er ikke så forskjellige fra modellestimatene. Dette innebærer at når man justerer for mulige faktorer som kan påvirke sammenheng, endres ikke sammenhengene mellom støyeksponering og respons i særlig grad.



Tabell 4.7. Resultat av logistisk regresjonsanalyse for  $L_{p,A,eq,natt}$  i soverom som eksponeringsvariabel og støyinduserte søvnforstyrrelser som effektvariabel med kontroll for en rekke modifierende variabler. Tabellen viser oddsratio (OR) med 95 % konfidensintervall og signifikansnivå (P) for innsovningsproblemer og oppvåkninger som skyldes støy. Referansekategori er markert med OR=1.0.

Forklaringsvariable	Innsvningsproblemer		Oppvåkninger	
	OR (95% KI)	P	OR (95% KI)	P
$L_{p,A,eq,natt}$ i soverom (dB) (ujusterte estimater)				
< 10 dB	1,0		1,0	
10-14 dB	0,85 (0,23-3,22)	0,81	1,24 (0,41-3,78)	0,70
15-19 dB	1,22 (0,34-4,40)	0,76	1,14 (0,35-3,67)	0,83
20-24 dB	1,82 (0,55-6,06)	0,32	1,97 (0,68-5,72)	0,21
<b>25-29 dB</b>	<b>3,12 (1,04-9,42)</b>	<b>0,04</b>	<b>3,25 (1,21-8,75)</b>	<b>0,02</b>
<b>&gt; 30</b>	<b>6,28 (2,16-18,30)</b>	<b>0,00</b>	<b>7,38 (2,83-19,21)</b>	<b>0,00</b>
$L_{p,A,eq,natt}$ i soverom (dB) (modellestimer)†				
< 10 dB	1,0		1,0	
10-14 dB	0,67 (0,16-2,80)	0,58	1,05 (0,33-3,35)	0,94
15-19 dB	1,24 (0,33-4,63)	0,75	1,13 (0,34-3,73)	0,84
20-24 dB	1,56 (0,43-5,61)	0,50	1,77 (0,58-5,42)	0,32
<b>25-29 dB</b>	<b>3,49 (1,11-11,00)</b>	<b>0,03</b>	<b>3,68 (1,32-10,24)</b>	<b>0,01</b>
<b>&gt; 30</b>	<b>5,79 (1,87-17,92)</b>	<b>0,00</b>	<b>7,50 (2,75-20,48)</b>	<b>0,00</b>
Alder (År)	0,99 (0,97-1,01)	0,42	1,0 (0,98-1,01)	0,61
Kjønn				
Kvinne	1,0		1,0	
Mann	1,31 (0,77-2,22)	0,32	1,03 (0,65-1,63)	0,90
Inntekt				
< 400 000	1,0		1,0	
≥ 400 000	1,10 (0,63-1,94)	0,73	1,06 (0,65-1,74)	0,81
Allmennutdannelse				
Fullført grunnskole/ungdomsskole	1,0		1,0	
Videregående skole	0,78 (0,43-1,42)	0,42	0,97 (0,57-1,66)	0,92
Bolengde				
< 3mnd	1,0		1,0	
1-5 år	1,39 (0,42-4,56)		1,46 (0,50-4,26)	0,49
> 5 år	1,01 (0,30-3,35)		1,26 (0,43-3,67)	0,67
Støysensitivitet				
Ikke sensitiv	1,0		1,0	
Noe sensitiv	1,52 (0,66-3,54)	0,33	1,54 (0,79-2,99)	0,21
<b>Ganske til svært støysensitiv</b>	<b>6,41 (3,00-13,68)</b>	<b>0,00</b>	<b>4,41 (2,37-8,22)</b>	<b>0,00</b>
Antall togpasseringer på natt				
< 30	1,0		1,0	
31-60	1,23 (0,34-4,43)	0,75	0,99 (0,32-3,04)	0,75
61-90	1,73 (0,48-6,22)	0,40	2,05 (0,68-6,17)	0,40
> 90	3,20 (0,57-17,97)	0,19	0,83 (0,13-5,46)	0,19

† Det er kontrollert for alle de andre variablene i modellen (alder, kjønn, inntekt, allmennutd., bolengde, støysensitivitet og antall togpasseringer).

Tabell 4.8. Resultat av logistisk regresjonsanalyse for  $L_{p,A,max,natt}$  i soverom som eksponeringsvariabel og støyinduserte søvnforstyrrelser som effektvariabel med kontroll for en rekke modifierende variabler. Tabellen viser oddsratio (OR) med 95 % konfidensintervall og signifikansnivå (P) for innsovningsproblemer og oppvåkninger som skyldes støy. Referansekategorien er markert med OR=1.0.

Forklaringsvariable	Innsvningsproblemer		Oppvåkninger	
	OR (95% KI)	P	OR (95% KI)	P
$L_{p,A,max,natt}$ i soverom (dB) (ujusterte estimater)				
< 30 dB	1,0		1,0	
30-34 dB	2,54(0,30-21,44)	0,39	4,32 (0,54-34,35)	0,17
35-39 dB	3,64 (0,44-30,07)	0,23	3,10 (0,37-26,17)	0,30
40-44 dB	2,98 (0,35-25,19)	0,32	4,03 (0,50-32,74)	0,19
45-49 dB	3,81 (0,48-30,57)	0,21	7,03 (0,92-53,94)	0,06
<b>50-54</b>	<b>11,69 (1,56-87,62)</b>	<b>0,02</b>	<b>14,89 (2,00-110,85)</b>	<b>0,01</b>
<b>&gt; 55</b>	<b>10,24 (1,33-78,73)</b>	<b>0,03</b>	<b>15,59 (2,06-117,80)</b>	<b>0,01</b>
$L_{p,A,max,natt}$ i soverom (dB) (modellestimater)†				
< 30 dB	1,0		1,0	
30-34 dB	2,02 (0,23-17,59)	0,53	3,41 (0,42-27,58)	0,25
35-39 dB	2,51 (0,29-21,94)	0,41	2,04 (0,23-18,15)	0,52
40-44 dB	1,78 (0,19-16,61)	0,62	2,75 (0,32-23,64)	0,36
45-49 dB	3,56 (0,43-29,60)	0,24	6,82 (0,87-53,28)	0,07
<b>50-54</b>	<b>9,82 (1,27-76,16)</b>	<b>0,03</b>	<b>14,08 (1,85-106,96)</b>	<b>0,01</b>
<b>&gt; 55</b>	<b>9,53 (1,19-76,41)</b>	<b>0,03</b>	<b>14,97 (1,93-116,04)</b>	<b>0,01</b>
Støysensitivitet				
Ikke sensitiv	1,0		1,0	
Noe sensitiv	1,50 (0,64-3,48)	0,35	1,54 (0,79-2,99)	0,20
<b>Ganske til svært støysensitiv</b>	<b>6,55 (3,07-13,96)</b>	<b>0,00</b>	<b>4,64 (2,49-8,64)</b>	<b>0,00</b>
Antall togpasseringer på natt				
< 30	1,0		1,0	
31-60	1,76 (0,50-6,19)	0,38	1,64 (0,55-4,91)	0,38
<b>61-90</b>	<b>2,57 (0,73-9,07)</b>	<b>0,14</b>	<b>3,46 (1,16-10,35)</b>	<b>0,03</b>
> 90	5,25 (0,92-29,8)8	0,06	1,60 (0,25- 10,42)	0,62

†Modellen viser kun signifikante variable. I modellen er det kontrollert for alder, kjønn, inntekt, allmennutd., og bolengde.

## 5. Diskusjon og konklusjon

Ordinal logit modell er benyttet for å undersøke sammenheng mellom jernbanestøy og plage. Eksponering-responskurver er utviklet på bakgrunn av disse analysene. Ut fra disse kurvene kan man se at bortimot 30 % var mye eller ekstremt plaget av jernbanestøy når innendørs  $L_{den}$  var på 40 dB. Om lag halvparten er ganske eller mer enn ganske plaget ved dette støynivået. Internasjonale kurver for støyplage i forhold til støy beregnet innendørs finnes ikke.

For å kunne sammenligne med andre studier er også virkningskurver for støy på mest eksponerte fasade presentert. Disse kurvene kan tyde på at flere er litt plaget og færre er ganske plaget i forhold til hva man kan forvente med tanke på: 1. konsistente funn i europeiske studier av at jernbanestøy er mindre plagsomt enn vegtrafikkstøy ved samme ekvivalente støynivåer og 2. preliminare sammenligninger av virkningskurver for jernbanestøy og vegtrafikkstøy gjennomført ved TØI og Nasjonalt folkehelseinstitutt.

En tolkning kan også være at svaralternativene, spesielt ”ganske plaget”, er tolket annerledes enn ”*moderately annoyed*” som er lagt til grunn i internasjonale studier. Disse forhold skal undersøkes nærmere, og derfor er en direkte sammenligning med virkningskurvene til Miedema og Oudshoorn fra 2001 for tidlig å gjennomføre.

Andel selvrapporterte innsovningsproblemer og oppvåkninger på natt på grunn av støy økte gradvis med økende støynivåer beregnet innendørs i soverom. Enkle eksponering-responskurver ble bekreftet i regresjonsanalyser hvor mulige modifierende faktorer ble inkludert. Med hensyn til  $L_{p,A,eq,natt}$  økte de selvrapporterte søvnproblemene signifikant når støynivået var  $\geq 25-29$  dB i forhold til det laveste beregnede støynivå i soverom ( $< 10$  dB). For  $L_{p,A,maks,natt}$  økte andel rapporterte søvnforstyrrelser signifikant ved støynivåer  $\geq 50-54$  dB i forhold til det laveste beregnede støynivå ( $< 30$  dB). Det ble funnet en sterk korrelasjon mellom de to støyparameterne  $L_{p,A,eq,natt}$  og  $L_{p,A,maks,natt}$  slik at det er vanskelig å anslå hvilken av disse indikatorene som er viktigst.

Viktige modifierende faktorer for støyinduserte søvnforstyrrelser var støysensitivitet og antall togpasseringer på natt. De som var ganske og svært støysensitive viste konsekvent en høyere og signifikant oddsratio (OR) for selvrapporterte søvnforstyrrelser i forhold til de mindre støysensitive.

Antall togpasseringer var en signifikant faktor kun i modellen med  $L_{p,A,maks,natt}$  som eksponeringsvariabel. Antall togpasseringer viste en eksponering-responsammenheng (ikke statistisk signifikant) med innsovningsproblemer, men med hensyn til oppvåkninger var det en signifikant økt OR for de med medium antall passeringer (61-90), hvor OR var redusert når antall passeringer var over 90.

Slike resultater må tolkes med varsomhet fordi antall togpasseringer var såpass ujevnt fordelt blant de undersøkte, men funnene kan indikere en habituering (tilvenning). Habituering med hensyn til støyinduserte oppvåkninger er også funnet i andre studier; sannsynligheten for en oppvåkning (per enkelt støyhendelse) går ned når det blir svært mange støyhendelser (Öhrström, 1995). Vi har ikke målt støyinduserte oppvåkninger direkte (fysiologiske registreringer med polysomnografi), men sannsynligheten for å huske en oppvåkning dagen etter øker med økende antall og varighet på oppvåkningene og vil således øke sannsynligheten for å rapportere dette i en spørreskjemaundersøkelse (Griefahn m.fl., 2000).

Det må presiseres at beregning av støynivå innendørs er beheftet med en del usikkerhet. Det er ikke gjort befaringer av boligene med hensyn til kvalitet på vinduer samt størrelser og dimensjoner på rommene som er av betydning for beregning av fasadedempning. Innenfor prosjektet har det heller ikke vært midler til å gjennomføre kontrollmålinger av støy inne hos deltagerne i undersøkelsen.

Slike kontrollmålinger, hvor man kunne undersøke hvor mye målt fasadedempning avvek fra beregnet fasadedempning ville styrket kvaliteten på undersøkelsen.

Beregningene av støynivå innendørs har også forutsatt lukkede ventiler og vinduer, noe som er en urealistisk situasjon for svært mange. Mer enn halvparten (68 %) oppgir at de sover med soveromsvinduet åpent om natten. De reelle støynivåer innendørs fra jernbane er derfor trolig noe høyere enn de beregnede støynivåer. En slik forutsetning om beregning av støynivå innendørs med lukkede vinduer og ventiler finnes imidlertid også i Forskrift om støy med hjemmel i Forurensningsloven.

## 6. Referanser

- 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. *Journal of the Acoustical Society of America*, 124 (1), 257-68.
- Aasvang, G.M., Engdahl B. and Rothschild K. (2007). Annoyance and self-reported sleep disturbances due to structurally radiated noise from railway tunnels. *Applied Acoustics*, 68, 970-81.
- Agresti, A. (1990). *Categorical Data Analysis*. New York: John Wiley & Sons, 1990.
- DataKustik. (2004). CadnaA. Computer Aided Noise Abatement. Manual ver. 3.4. 2004. Computer Program.
- Fields J.M. (1993). Effects of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. *Journal of the Acoustical Society of America*, 93, 2753-63.
- Fields, J.M., de Jong R.G., Gjestland T., et al., (2001). Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys Research and a recommendation. *Journal of Sound and Vibration*, 242: 641-79.
- Griefahn B., Schuemer-Kohrs A., Schuemer R., Moehler U., and Mehnert P. (2000). Physiological, subjective, and behavioural responses during sleep to noise from rail and road traffic. *Noise & Health*, 3, 59-71.
- Groothuis-Oudshoorn, C.G.M. and Miedema H.M.E. (2006). Multilevel grouped regression for analyzing self-reported health in relation to environmental factors: The model and its application. *Biometrical Journal*, 48, 67-82.
- Job R.F.S. (1988). A review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. *Journal of the Acoustical Society of America*, 83, 991-1001.
- Klæboe, R., Amundsen A., Fyhri A., Solberg S. (2004). Road traffic noise – the relationship between noise exposure and noise annoyance in Norway. *Applied Acoustics*, 65, 893-912.
- Klæboe, R., Turunen-Rise I.H., Hårvik L., and Madshus C. (2003). Vibration in dwellings from road and rail traffic – Part II: Exposure–Effect relationships based on ordinal logit and logistic regression models. *Applied Acoustics*, 64, 89-110.
- Kolbenstvedt, M, Klæboe, R og Kjørstad, K N. (1990). Flytrafikk, bomiljø og helse - resultater fra en intervjuundersøkelse rundt Fornebu 1989. Oslo, Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 65/1990.
- Long, J S. (1997). *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables*. Thousand Oaks, CA: Sage, 1997.
- McKelvey, R.D. and Zavoina W. (1975). A statistical model for the analysis of ordinal level dependent variables. *Journal of mathematical sociology*, 4, 103-20.
- Miedema, H.M.E. and Oudshoorn. C.G.M. (2001). Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*, 109, 409-16.

- Miedema H.M.E., and Vos H. (1999). Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 105, 3336-44.
- Nordisk Ministerråd (1996). Railway noise - the Nordic Prediction Method. TemaNord 1996:524.
- Norges byggforskningsinstitutt (1999). Isolering mot utendørs støy. NBI, Håndbok 47.
- Partinen M., and Gislason T. (1995). Basic Nordic Sleep Questionnaire (BNSQ): a quantitated measure of subjective sleep complaints. *Journal of Sleep Research*, 4, 150-5.
- Weinstein, N.D. (1978). Individual differences in reactions to noise: A longitudinal study in a college dormitory. *Journal of Applied Psychology*, 63, 458-66.
- Öhrström E. (1995). Effects of low levels of road traffic noise during the night: a laboratory study on number of events, maximum noise levels and noise sensitivity. *Journal of Sound and Vibration* 179, 603-15.



[www.fhi.no](http://www.fhi.no)

Utgitt av Nasjonalt folkehelseinstitutt  
Mars 2011  
Postboks 4404 Nydalen  
NO-0403 Oslo  
Telefon: 21 07 70 00  
Rapporten kan lastes ned gratis fra  
Folkehelseinstituttets nettsider [www.fhi.no](http://www.fhi.no)