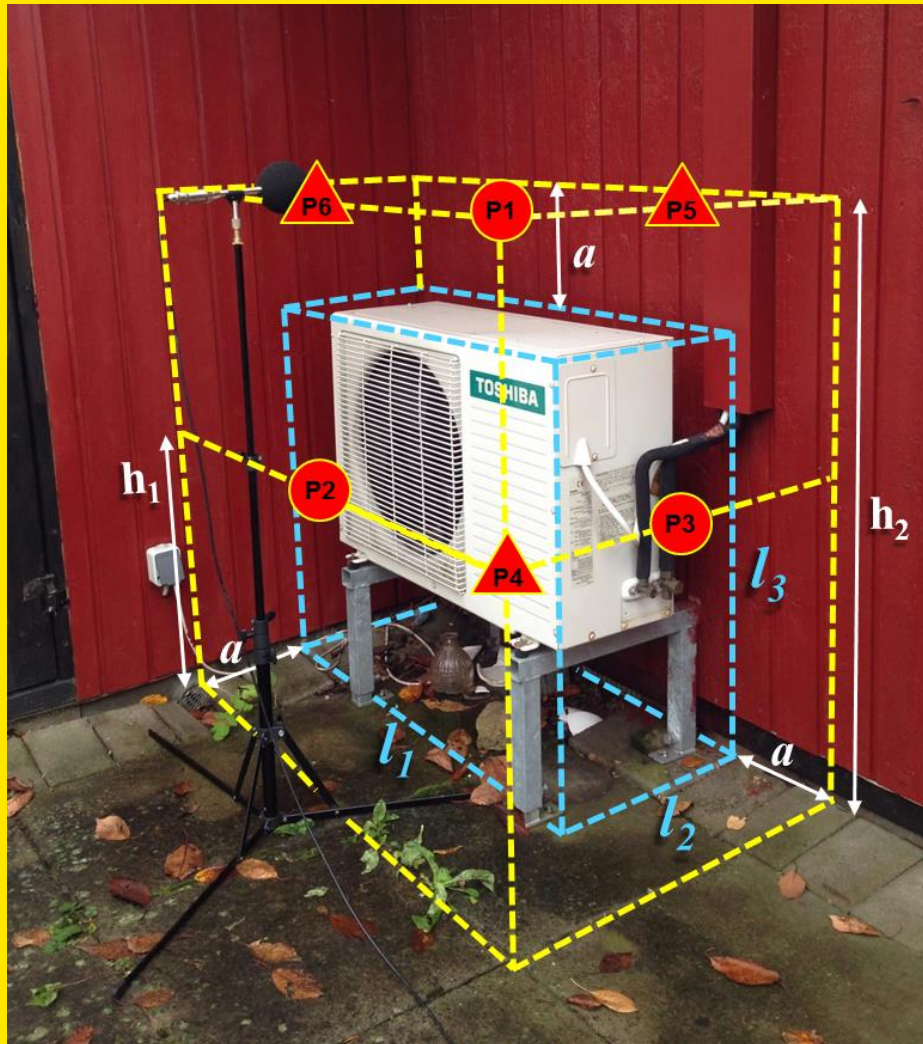


21. sammenlignende støjmåling



Rapport nr. 27

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger

DELTA

21. sammenlignende støjmåling

Rapport nr. 27

**Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger
DELTA**

DELTA
Venlighedsvej 4
2970 Hørsholm
Telefon: +45 72 19 40 00
reflab@delta.dk
www.referencelaboratoriet.dk

Titel 21. sammenlignende støjmåling
Vores ref. JEL/CB/ilk
Rekvirent Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

Resumé

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger afholdt fra december 2013 til marts 2014 den 21. sammenlignende støjmåling. Denne sammenlignende måling var dels to analyseopgaver med støj fra en varmepumpe og dels en beregningsopgave om vejtrafikstøj.

I alt indkom der 40 forskellige besvarelser fra 43 tilmeldte deltagere. Deltagelse er obligatorisk for laboratorier, der er akkrediterede, og for personer der er certificerede til ”Miljømåling - ekstern støj” og/eller ”Miljømåling - trafikstøj”. 27 forskellige laboratorier / firmaer deltog.

I den første opgave skulle deltagerne analysere 6 lydfiler, som indeholdt optagelser af støjen fra en luft-til-luft varmepumpes udendørs køleenhed optaget i 6 punkter i et netværk omkring køleenheden. Deltagerne skulle dels tage stilling til forskellige forhold omkring udførelsen af kassemetoden og dels beregne kildestyrken vha. kassemetoden. I den anden opgave skulle en lydoptagelse af varmepumpestøjen, som var foretaget ved naboen, analyseres for indholdet af tydeligt hørbare toner. Den tredje opgave var stilet til deltagere, som var certificeret eller akkrediteret til beregning af vejtrafikstøj og omhandlede beregning af støjudbredelsen fra en 2 km lang landevejsstrækning. Støjen skulle beregnes i et punkt 200 m fra vejen som en års-middelværdi over hele asfaltens levetid.

Opgavesættet blev udsendt den 12. december 2013. Der kom ikke spørgsmål til opgavesættet, som kunne have generel interesse for de øvrige deltagere.

Analyse- og beregningsresultater skulle afleveres elektronisk i et excel-regneark, som var udsendt til deltagerne sammen med invitationen. Resultaterne skulle afleveres senest 28. marts 2014.

Den første opgavebesvarelse blev modtaget den 3. marts 2014, og resten af besvarelserne indløb i ugen op til deadline. To af deltagerne fik en kort udsættelse med aflevering af opgaven, og én fik en længere udsættelse på grund af problemer med måle- og softwareudstyr. Én deltager undlod at indsendte en opgavebesvarelse. Karaktervurderingerne blev udsendt den 22. april 2014.

I Opgave A (kildestyrke for varmepumpe) bestod 98 % af de 40 deltagerne, hvoraf 36 deltagere fik karakteren 5. Resultaterne fra opgave A viser, at de fleste af deltagerne kan analysere L_{Aeq} med stor præcision.

I Opgave B (toneanalyse af støjen fra varmepumpen) bestod 80 % af de 40 deltagerne, hvoraf 28 deltagere fik karakteren 5. Resultaterne fra opgave B viser overordnet, at toneanalysen volder noget besvær.

I Opgave C (vejtrafikstøjen) bestod 25 ud af 27 deltagere (93 %) og 21 fik karakteren 5. Resultaterne fra opgave B viser, at deltagene generelt mestrer Nord2000-beregningerne af vejtrafikstøj.

I den samlede bedømmelse opnåede 39 ud af 42 deltagere (93 %) karakterer større end 3. Heraf fik 25 deltagere topkarakteren 5. Godkendte laboratorier/certificerede personer bør opnå en samlet karakter, der er større end 3 (på en skala fra 1 til 5). Tre af deltagerne bestod derfor ikke denne sammenlignende støjmåling.

De samlede resultater vil blive gennemgået og diskuteret på Referencelaboratoriets Store Støjdag den 6. oktober 2014.

DELTA, september 2014



Jens E. Laursen



Claus Backalarz

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	8
2. Metoden	8
2.1 Generelt	8
2.2 Opgaven	8
2.3 Kvalitetskontrol	9
2.4 Regler for deltagelse	9
2.5 Anonymitet	9
2.6 Karaktergivning	9
2.7 Fastsættelse af sande værdier	9
3. Afvikling	11
3.1 Forløb	11
3.2 Deltagere	11
4. Opgaverne	12
4.1 Opgave A, støj fra en varmepumpe	12
4.2 Opgave B, toner i støjen fra varmepumpen	13
4.3 Opgave C, beregning af vejstøj med Nord2000 (delvis obligatorisk)	13
5. Beregning af sande værdier	14
6. Resultater	14
6.1 Opgave A, støj fra en varmepumpe	14
6.2 Opgave B, toner i støjen fra en varmepumpen	16
6.3 Opgave C, beregning af vejstøj med Nord2000	20
7. Karakterer	21
7.1 Karakterer for Opgave A, støj fra en varmepumpe	21
7.2 Karakterer for Opgave B, toner i støj fra varmepumpen	22
7.3 Karakterer for Opgave C, beregning af vejstøj med Nord2000	23
7.4 Samlede karakterer	24
8. Konklusion	25
Appendix 1 Opgavebeskrivelse - RL 13/13	28
Appendix 2 Udskrift af regneark med resultater (udfyldt med de sande værdier)	35
Appendix 3 Afvigelser og princip for karaktergivning	36
Appendix 4 Deltagerne i den 21. sammenlignende støjmåling	37
Appendix 5 Indsendte resultater, afvigelser og karakterer	39

1. Indledning

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger skal på vegne af Miljøstyrelsen sikre, at kvaliteten af ”Miljømåling - ekstern støj” er tilstrækkelig hos de laboratorier, som er godkendt af Miljøstyrelsen. Som en del af aktiviteterne afholder Referencelaboratoriet sammenlignende støjmålinger.

Det primære formål med de sammenlignende målinger er at give deltagerne mulighed for at dokumentere laboratoriernes kvalifikationer og analysekvalitet. Dette bruges af deltagerne bl.a. til intern kvalitetskontrol og som dokumentation over for de akkrediterende (DANAK, SWEDAC, m.fl.) og personcertificerende (Certificeringsordningen) organer samt af Referencelaboratoriet. Desuden er der et element af software- og instrumentkontrol, oplæring samt evt. træning i nye eller sjældent brugte målemetoder.

De sammenlignende målinger dokumenterer kvaliteten af det arbejde, der udføres af laboratorierne, og de bidrager til en mere ensartet kvalitet af de støjmålinger, der udføres i praksis. Desuden medvirker de sammenlignende målinger til at afklare fortolkningsproblemer i vejledningernes tekst.

Målingerne, der udføres af laboratorierne i forbindelse med de sammenlignende støjmålinger, foregår så vidt muligt efter fælles nordiske metoder. Nordiske laboratorier uden for Danmark kan derfor deltage i målingerne.

2. Metoden

2.1 Generelt

De sammenlignende støjmålinger er generelt udført efter retningslinjerne i:

ISO/IEC 17043:2010: *“Conformity assessment - General requirements for proficiency testing”*
og

RL 20/96: *”Kvalitetskrav til ”Miljømåling - ekstern støj””* [1].

2.2 Opgaven

Den 21. sammenlignende støjmåling bestod af 2 opgaver med støj fra en varmepumpe og én opgave med vejtrafikstøj. I Appendix 1 findes opgavebeskrivelsen.

Optagelsen af lydfilerne til Opgave A var foretaget i 6 punkter i et netværk omkring en varmepumpes udendørs køleenhed. Køleenheden var placeret i et hjørne på en terrasse. Baggrundsstøjen blev målt i ét af punkterne, mens varmepumpen var slukket. Disse optagelser og en optagelse af en kalibreringstone fik deltagerne adgang til som lydfiler på en ftp-server. Opgaven bestod af to dele: Opgave A-1, Placering af målepunkter med Kassemetoden og Opgave A-2, Beregning af kildestyrken for varmepumpen.

I Opgave B skulle deltagerne analysere en lydoptagelse, som var foretaget ved naboen. Optagelsen skulle analyseres for toneindhold.

Opgave C omhandlede beregning af vejtrafikstøj med Nord2000-metoden udelukkende baseret på en beskrivelse af vejens geometri, en trafikmåling og vejens belægning. Støjen skulle be-

regnes i 200 m afstand fra vejmidten i 1,5 m højde over terrænet. Resultatet skulle angives som støjindikatoren L_{den} . Opgave C var delvis obligatorisk.

Beregningsresultaterne skulle afleveres i et regneark, som var udsendt til deltagerne (se eksempel i Appendix 2).

2.3 Kvalitetskontrol

Inden opgaverne blev sendt ud, havde Referencelaboratoriet kontrolleret opgavesættet ved at få forskellige personer til at nærlæse opgaveformuleringen, analysere lydfilerne og foretage støjmodelberegninger.

2.4 Regler for deltagelse

De sammenlignende målinger er ”åbne”, så alle, der tilmelder sig og betaler deltagergebyret, kan deltage. Deltagelse er obligatorisk for personer, som er certificerede (Personcertificeringen, der varetages af DELTA), og for laboratorier som er akkrediteret til ”Miljømåling – Ekstern støj” eller ”Miljømåling – Trafikstøj”.

For laboratorier, der er akkrediteret af DANAK, har DANAK fastsat, at det er tilstrækkeligt, at der indsendes én besvarelse for hvert akkrediteringsnummer uafhængigt af, hvor mange adresser, der er optaget på Miljøstyrelsens liste over godkendte laboratorier fra det aktuelle firma.

Hver certificeret person og hvert akkrediteret laboratorium afleverer én besvarelse. På laboratorier, hvor der er flere certificerede/akkrediterede personer, kan deltagerne vælge enten at indsende en fælles besvarelse eller at indsende individuelle besvarelser. Retningslinjer for fælles besvarelser er angivet i RL 20/96 [1].

2.5 Anonymitet

I takt med, at deltagernes indmeldelsesblanketter indkom til Referencelaboratoriet, fik deltagerne tildelt et nummer. Dette nummer oplyses kun til deltageren selv og til dem, der skal følge op på resultaterne af den sammenlignende støjmåling, dvs. akkrediterende (DANAK, SWEDAC m.fl.) og personcertificerende organer samt Referencelaboratoriets styringsgruppe.

2.6 Karaktergivning

Der blev udarbejdet et regneark, som kunne omregne besvarelsernes afvigelser fra de foreløbigt sande værdier til en karakter, således at der ville kunne gives en tilbagemelding baseret på de sande værdier kort tid efter, at den sidste besvarelse var indkommet. Princippet for karaktergivningen er beskrevet i Appendix 3.

2.7 Fastsættelse af sande værdier

De sande værdier blev - ud fra de indsendte besvarelser - som hovedregel fastlagt efter følgende metode:

- 1) Resultater med metodefejl eller åbenlyst forkerte resultater blev udeladt (resultater, der afveg mere end 2 standardafvigelser fra middelværdien af alle besvarelser, hvilket i denne rapport benævnes: ”Outliers”).
- 2) En middelværdi og standardafvigelsen af de resterende resultater blev beregnet.

- 3) Resultater, der afveg mindre end 1 standardafvigelse fra den ovenfor beregnede middelværdi, blev betragtet som ”gode”.
- 4) Den ”sande værdi” blev fastsat som middelværdien af de ”gode” resultater.

De sande værdier er beregnet med udgangspunkt i de indkomne besvarelser samt Referencelaboratoriets egen besvarelse. I nogle tilfælde har flere personer fra samme laboratorium udarbejdet en fælles besvarelse. Denne besvarelse indgår kun én gang i resultatbehandlingen. I andre tilfælde har de certificerede personer fra ét laboratorium udarbejdet hver sin besvarelse. I disse tilfælde indgår de individuelle besvarelser i resultatbehandlingen hver for sig.

De sande værdier for den 21. sammenlignende støjmåling fremgår af Appendix 2.

3. Afvikling

3.1 Forløb

Den 12. december 2013 blev invitationen, opgavebeskrivelsen og svararket til den 21. sammenlignende støjmåling udsendt til de danske og nordiske laboratorier. Fristen for indsendelse af opgavesvaret var den 28. marts 2014.

Deltagerne fik efter tilmeldingen tilsendt en ftp-server-adresse hos Referencelaboratoriet, hvor de kunne downloade 9 lydfiler, som skulle anvendes til løsning af opgaverne.

Resultaterne skulle indføres i det tilsendte regneark og returneres pr. e-mail til reflab@delta.dk. Besvarelserne blev modtaget rettidigt bortset fra de 3 deltagere, som havde fået forlænget fristen.

Kun få deltagere ringede med spørgsmål til opgavesættet, og ingen af spørgsmålene var af generel interesse for de øvrige deltagere. Karaktervurderingerne blev udsendt den 22. april 2014.

Resultaterne af den 21. sammenlignende støjmåling præsenteres på Referencelaboratoriets Store Støjdag den 6. oktober 2014.

3.2 Deltagere

I alt modtog Referencelaboratoriet 42 besvarelser, hvoraf de 40 var forskellige. De fordelte sig således:

- 4 fra DANAK/SWEDAC-akkrediterede laboratorier
- 23 fra firmaer, der beskæftiger certificerede personer

Et laboratorium defineres som en afdeling, der er (geografisk) adskilt fra andre afdelinger i samme firma, og som for de godkendte laboratoriers vedkommende er optaget under sin egen adresse på Miljøstyrelsens liste over godkendte laboratorier. Deltagerne fremgår af Appendix 4, hvor de er nævnt alfabetisk efter laboratoriets navn.

4. Opgaverne

I Appendix 1 er gengivet opgavebeskrivelsen, som blev fremsendt til deltagerne den 12. december 2014. Opgavefilerne kunne downloades fra DELTA's ftp-server og bestod af 9 lydoptagelser: "Opgave A og B - Kalibrering.wav", 6 filer af typen "Opgave A - Målepunkt PX" for positionerne P1 til P6, "Opgave A - baggrundsstøj.wav" samt filen "Opgave B - Toneanalyse.wav".

Opgave A omhandler støj fra en varmepumpes udendørs køleenhed. I opgavebeskrivelsen angivet de parametre, der var anvendt ved udførelsen af målingerne på kølenheden. Deltagerne skulle besvare 4 spørgsmål om metodens praktiske anvendelse. Lydfilerne fra kassemålingen analyseres, korrigeres for baggrundsstøjen og varmepumpens kildestyrke bestemmes.

Opgave B indeholdte en lydoptagelse af varmepumpens støj foretaget ved naboen. Optagelsen skulle analyseres for indhold af toner.

I Opgave C skulle der opbygges en støjmodel for en 2 km lang vejstrækning med nylagt SRS-asfalt og resultatet angives som støjindikatoren L_{den} .

4.1 Opgave A, støj fra en varmepumpe

Lydfilerne til opgaven er optaget ved et sommerhus i Nordsjælland, hvor en varmepumpe er installeret i et hjørne på husets terrasse. Varmepumpens kildestyrke er målt vha. af kassemetoden beskrevet i [3] ved at måle i 6 positioner i et netværk omkring køleenheden, idet målefladen består af 3 frie sider. Støjen i de seks målepositioner korrigeres for baggrundsstøj i henhold til afsnit 3.3.1 side 21 i [2].

Opgave A-1 Placering af målepunkter

I opgavebeskrivelsen stilles der følgende 4 spørgsmål til den udførte Kassemetode-måling:

a) *Er der målt i den korrekte højde, h_1 ? jf. afsnit 6.3.3 i MST 5/1993.*

Svaret er **nej**. Målehøjden h_1 , som i opgaven er angivet til 0,59 m, er ganske vist udregnet korrekt som $h_1 = (l_3 + a)/2 = (0,88 \text{ m} + 0,3 \text{ m})/2 = 0,59 \text{ m}$. Men der gælder samtidig det krav til målehøjden h_1 , at den skal være mindst 1 m i de tilfælde, hvor måleboksen slutter til mindst én reflekterende flade.

b) *Er der målt i den korrekte højde, h_2 ? jf. afsnit 6.3.3 i MST 5/1993.*

Svaret er **ja**. Målehøjden er $h_2 = l_3 + a = 0,88 \text{ m} + 0,3 \text{ m} = 1,18 \text{ m}$, som angivet i opgavebeskrivelsen. Dermed overholdes også kravet om, at målehøjden skal være mellem 1 og 10 m i de tilfælde, hvor måleboksen slutter til mindst én reflekterende flade.

c) *Burde Støjlaboratoriet have tilføjet supplerende målepunkter udover de ovenævnte 6 målepunkter, jf. afsnit 6.3.4 i [1]?*

Svaret er **ja**. Der skal indsættes supplerende målepunkter på måleboksen, fordi forskellen mellem støjen i 2 vilkårlige punkter (fx punkt P2 og P4) er større end 6 dB OG der samtidig er mere end 2a (0,6 m) vandret afstand mellem nabopunkter.

- d) *Hvor stor er nærfeltkorrektionen E ved anvendelse af de nævnte dimensioner for referenceboks og måleafstand?*

Svaret er **1 dB**. Forholdet mellem referenceboksens og måleboksens areal ligger mellem 0,4 og 0,7m, så nærfeltkorrektionen bliver $E = 1 \text{ dB}$ ($S_{\text{ref}} / S = 1,6956 / 3,3576 = 0,5050$).

Opgave A-2 Kildestyrken L_{WA}

Varmepumpens kildestyrke L_{WA} findes ud fra en analyse af optagelserne af totalstøjen og baggrundsstøjen i 1/3-oktavfrekvensbånd. Lydoptagelserne kalibreres ud fra en optagelse af en kalibreringstone. I opgavebeskrivelsen findes et foto af varmepumpen med angivelse af referencefladen, målefladen, 6 målepunkter og de målte afstande, som Kassemetoden [3] foreskriver.

De 6 målinger af støjen på måleboksen omkring varmepumpen korrigeres alle for baggrundsstøj. Det nævnes i opgaven, at det kan antages, at hele lydoptagelsen af baggrundsstøjen er repræsentativ for den støj, der forekom i området, mens kildestyrkemålingerne stod på. Optagelsen af totalstøjen og af baggrundsstøjen kan derfor analyseres i sin helhed. Målingerne korrigeres for baggrundsstøj i hvert af de 1/3-oktavbånd fra 10-10.000 Hz, hvor totalstøjen overstiger baggrundstøjen med mindst 3 dB, jf. afsnit formel (3.1) i [2]. De øvrige frekvensbånd korrigeres ikke i denne opgavesammenhæng. Herefter midles de 6 baggrundsstøjkorregerede målinger på energibasis, som beskrevet i formel (6.3.1) i [3] og kildestyrken for varmepumpen findes ved at korrigere for målefladens areal og nærfeltfejlen, som beskrevet i formel (6.3.4).

4.2 Opgave B, toner i støjen fra varmepumpen

Lydfilen til denne opgave er optaget ved naboen. Toneindholdet i støjen skulle analyseres i henhold til Miljøstyrelsens vejledning om måling af ekstern støj fra virksomheder [2] og Orientering nr. 47 fra Referencelaboratoriet [6].

Det oplyses i opgavebeskrivelsen om Opgave B, at det kan antages, at støj, baggrundsstøj og toner er konstante i hele optagelsens længde (1 minut og 35 sekunder). Lydklippet kan derfor analyseres i sin helhed. Følgende delparametre skal angives i resultatregnearket: Centerfrekvens for det kritiske bånd, $f_{c,krit}$, toneniveauet, $L_{p, tone}$, middelstøjniveauet, $L_{p, støj, middel}$, den maskerende støj, $L_{p, krit. bånd}$, kriteriestørrelsen, ΔL_{ts} ($= L_{p, tone} - L_{p, krit. bånd}$), kriterieværdien fra kriteriekurven ved $f_{c,krit}$ samt tonetillægget (0 eller 5 dB). Også den valgte effektive analysefrekvensopløsning Δf_{eff} skal angives.

4.3 Opgave C, beregning af vejstøj med Nord2000 (delvis obligatorisk)

Opgaven omhandler beregning af vejtrafikstøj med Nord2000-metoden på basis af en døgntrafiktælling (ÅDT) for en landevej samt en beskrivelse af vejens geometri og belægning. Støjen skulle beregnes i 1,5 m højde over terrænet i 200 m afstand fra vejmidten. Resultatet skulle angives som støjindikatorerne: L_d , L_e , L_n og L_{den} .

I opgavebeskrivelsen henvises til Miljøstyrelsens vejledning om støj fra veje [7], guidelines for Nord2000-beregningsmetoden [8] samt Vejdirektoratets håndbog fra 2013 om Nord2000-beregninger af vejstøj i Danmark: Rapport 434 [9].

I opgavebeskrivelsen oplyses det, at asfalten på den aktuelle landevejsstrækning udskiftes med en standard SRS-asfaltbelægning og der ønskes beregnet årsmiddelværdien af dæk/vejbanestøjen i vejens levetid under gennemsnitlige danske vejrforhold i henhold til Rapport 434. I denne rapport's Tabel 4 angives der korrektionsværdien $\Delta L_{\text{road}} = -1$ dB for støjen fra SRS-asfalten i hele belægningernes levetid. Denne værdi erstatter hele korrektionen givet ved udtrykket: $\Delta L_{\text{road}} = RS + 0,25 \cdot (CS - 11)$. Korrektionsværdierne skal ses i forhold til den referencesituation, som er beskrevet i afsnit 5.1 i Rapport 434. Vejbelægningen i referencesituationen forudsættes at være tør og lufttemperaturen 20°C. Disse parametre skal derfor medtages i indstillingerne i støjberegningsprogrammet.

5. Beregning af sande værdier

Ved beregning af de sande værdier på basis af deltagernes resultater udelukkes først de resultater, der åbenlyst skyldes metodefejl. Derefter beregnes en middelværdi af de resterende resultater. De resultater, der afviger mere end 2 gange standardafvigelsen fra denne middelværdi, kaldes outliers og frasorteres. Dernæst beregnes en ny middelværdi af besvarelsene (uden outliers). Kun de resultater, der ligger inden for 1 gange standardafvigelsen fra den nye middelværdi, medtages i beregningen af de sande værdier.

I Appendix 2 findes de sande værdier beregnet på basis af henholdsvis 38 forskellige besvarelser af Opgave A og B samt og af 27 forskellige besvarelser af Opgave C.

6. Resultater

I det følgende er besvarelsene afbildet som afvigelser fra de sande værdier. Ikke alle delresultater er afbildet, idet kun de vigtigste delresultater er medtaget. I Appendix 5 ses et skema med delresultater fra alle besvarelsene. Deltagerbesvarelse nr. 1 er fra Referencelaboratoriet.

6.1 Opgave A, støj fra en varmepumpe

A-1 Placering af målepunkter

Spørgsmål a) *Er der målt i den korrekte højde, h_1 ?* Her svarede 38 deltagere: Nej, mens 2 deltagere svarede: Ja.

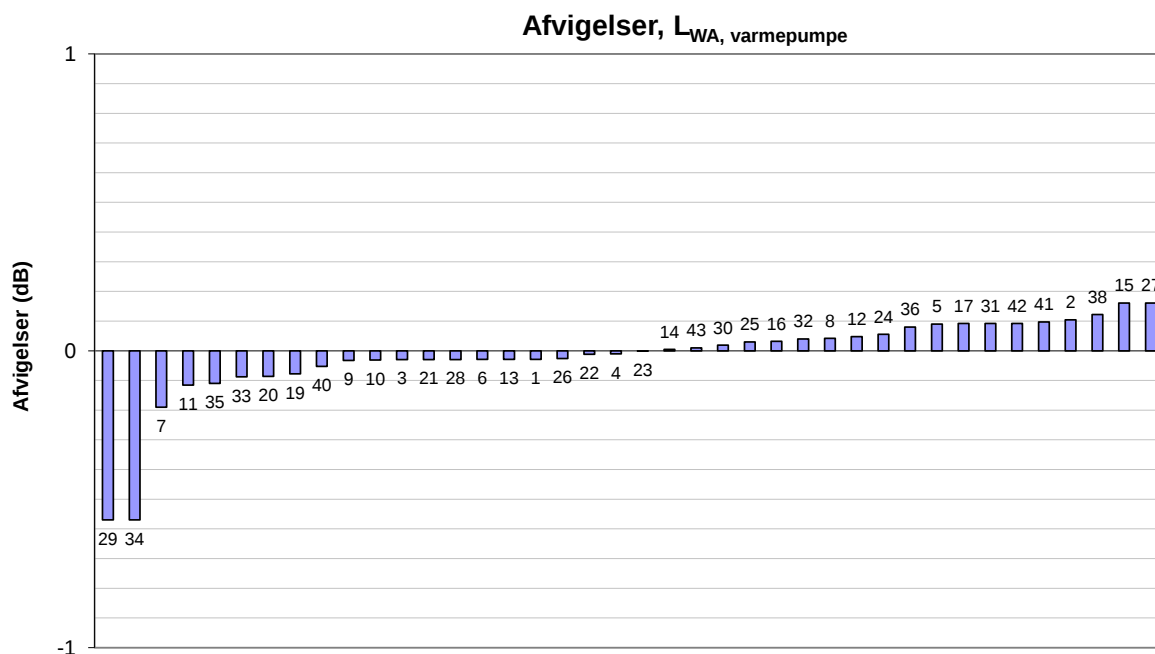
Spørgsmål b) *Er der målt i den korrekte højde, h_2 ?* Her svarede alle 40 deltagere: Ja

Spørgsmål c) *Burde Støjlaboratoriet have tilføjet supplerende målepunkter udover de ovennævnte 6 målepunkter.* Her svarede 39 deltagere: Ja, mens 1 deltager svarede: Nej.

Spørgsmål d) *Hvor stor er nærfeltkorrektionen E ?* Her svarede alle 40 deltagere: 1 dB.

A-2 Kildestyrken L_{WA}

Deltagerne skulle angive resultaterne som 1/3-oktavværdierne i frekvensområdet 10-10.000 Hz tillige med totalværdien. I Figur 1 ses resultatet for totalværdien angivet som afvigelsen fra den sande værdi af kildestyrken: $L_{WA} = 59,86$ dB(A). Standardafvigelsen på de 40 deltageres resultater var 0,08 dB uden outliers (nr. 29 og 34).



Figur 1

Kildestyrken L_{WA} . Besvarelsernes afvigelse fra den sande værdi af varmepumpens kildestyrke: $L_{WA} = 59,86$ dB re 1 pW og standardafvigelsen på deltagernes besvarelser er 0,08 dB uden outliers (nr. 29 og 34). Numrene på figuren er deltagernes numre.

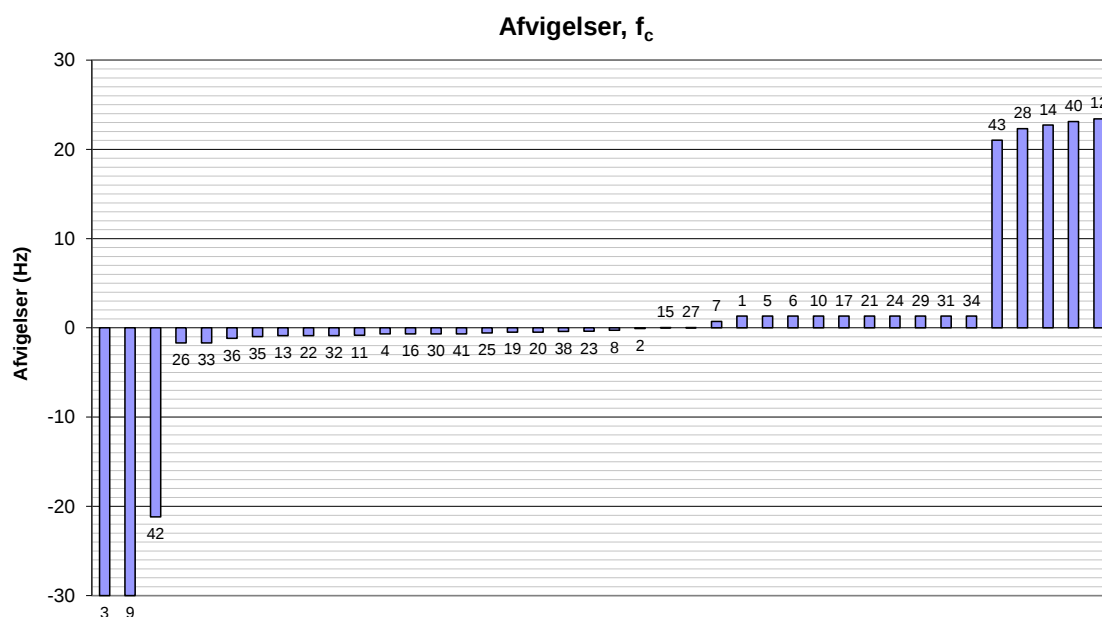
6.2 Opgave B, toner i støjen fra en varmepumpen

Enkelte deltagere analyserede ikke lydklippet i sin helhed (1 minut og 35 sek), men valgte at analysere korte perioder, hvor tonen var mest tydelig. Af denne årsag og muligvis andre årsager fandt 6 ud af 40 deltagere, at tonen var tydeligt hørbar. De øvrige 36 deltagere fandt, at tonen ikke var tydeligt hørbar.

$f_{c,krit}$ - centerfrekvens for det kritiske bånd

33 af de 40 deltagere fandt, at det mest dominerende kritiske bånd havde en centerfrekvens på $f_{c,krit} = 809$ Hz. Deltagerne nr. 3 og 9 fandt centerfrekvensen for det mest dominerende kritiske bånd ved henholdsvis 162 og 196 Hz, mens de øvrige 5 deltagere fandt en centerfrekvens ved 831 Hz.

Der er hverken udregnet nogen "sand værdi" eller givet karakter for parameteren $f_{c,krit}$, fordi den ikke er helt så afgørende for tildelingen af tonetillægget som toneniveauet $L_{p, tone}$ og den maskerende støj $L_{p, krit. bånd}$.



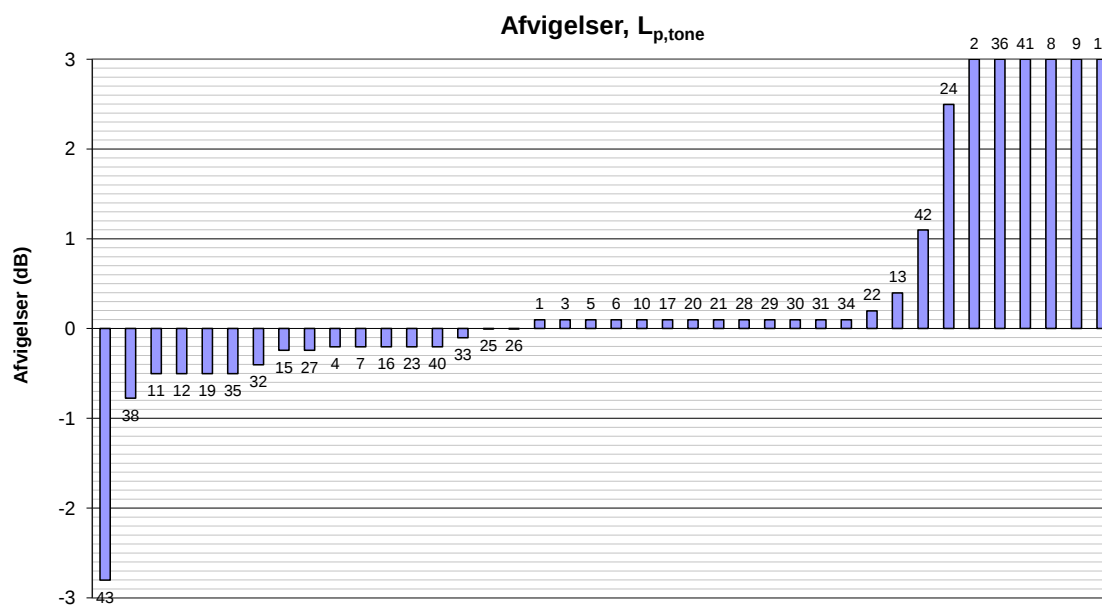
Figur 2

Centerfrekvens $f_{c,krit}$. Fordeling af besvarelsernes afvigelse fra 809 Hz, som de fleste deltagere var enige om. Numrene på figuren er deltagernes numre. Deltager nr. 3 og 9 fandt centerfrekvensen for det mest dominerende kritiske bånd ved henholdsvis 162 og 196 Hz.

Der er ikke givet karakter for denne parameter.

$L_{p, \text{tone}}$ - toneniveauet

Resultaterne for $L_{p, \text{tone}}$ ses i Figur 3 som afvigelsen fra den sande værdi af toneniveauet $L_{p, \text{tone}} = 30,80 \text{ dB re } 20 \mu\text{Pa}$. Den største afvigelse er 25 dB, hvilket sandsynligvis skyldes, at toneanalysen ikke var justeret med -20 dB i forhold til kalibreringstonen. Standardafvigelsen på resultaterne er 0,35 dB ekskl. outliers (nr. 2, 8, 9, 14, 24, 36, 41 og 43).

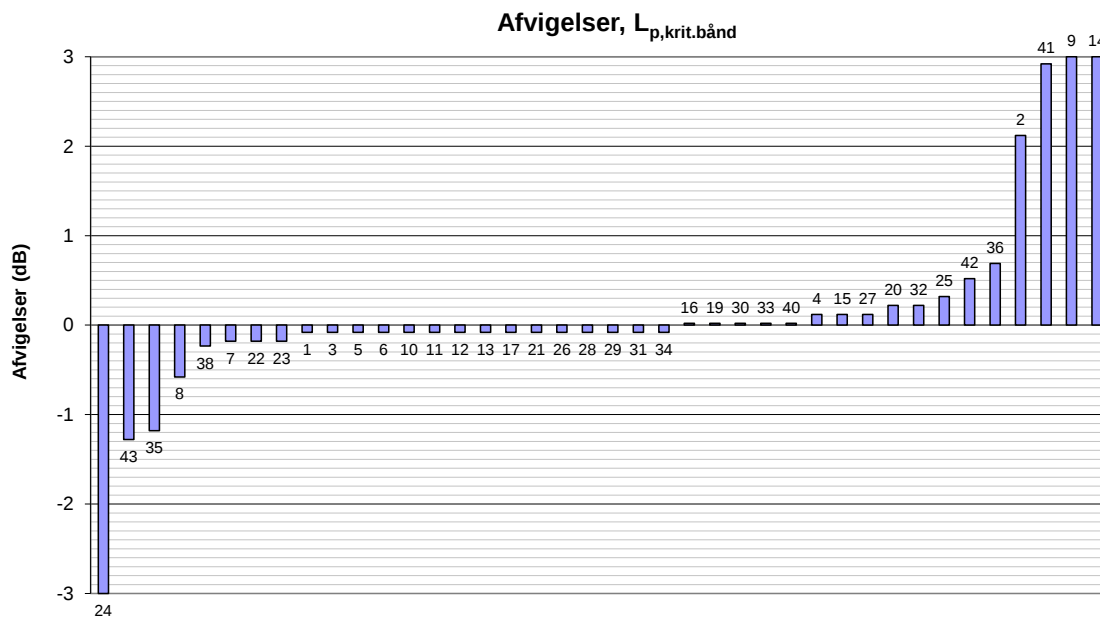


Figur 3

Toneniveauet $L_{p, \text{tone}}$. Besvarelsernes afvigelse fra den sande værdi, som er beregnet til $L_{p, \text{tone}} = 30,80 \text{ dB re } 20 \mu\text{Pa}$. Numrene på figuren er deltagernes numre. Standardafvigelsen er 0,35 dB ekskl. outliers (nr. 2, 8, 9, 14, 24, 36, 41 og 43).

$L_{p,krit.bånd}$, den maskerende støj

Resultaterne for den maskerende støj ses i Figur 4 angivet som afvigelsen fra den sande værdi af $L_{p,krit.bånd} = 27,94 \text{ dB re } 20 \mu\text{Pa}$. I to af besvarelserne (nr. 9 og 14) er afvigelse større end 9 dB. Standardafvigelsen er 0,37 dB ekskl. outliers (nr. 2, 9, 14, 24 og 41).

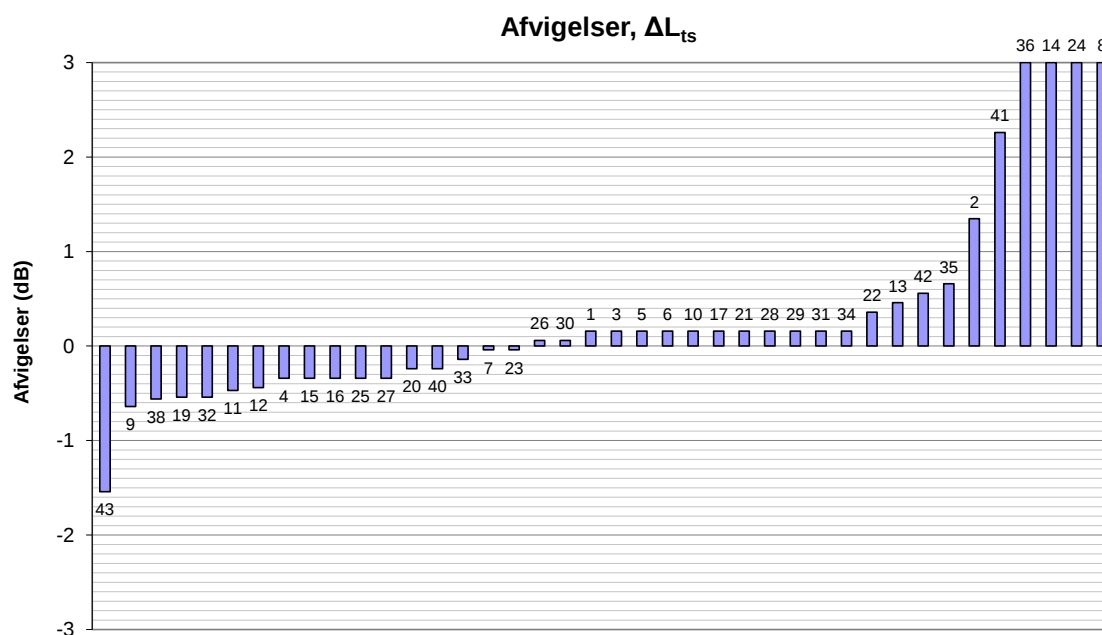


Figur 4

$L_{p,krit.bånd}$, den maskerende støj. Besvarelsernes afvigelse fra den sande værdi, som er beregnet til $L_{p,krit.bånd} = 27,94 \text{ dB re } 20 \mu\text{Pa}$. Numrene på figuren er deltagernes numre. Standardafvigelsen er 0,37 dB ekskl. outliers (nr. 2, 9, 14, 24 og 41).

ΔL_{ts} , kriteriestørrelsen

Resultaterne for kriteriestørrelsen ses i Figur 5 angivet som afvigelsen fra den sande værdi af $\Delta L_{ts} = 2,84 \text{ dB re } 20 \mu\text{Pa}$. I to af besvarelsenerne (nr. 8 og 14) er afvigelse større end 6 dB. Standardafvigelsen er 0,42 dB ekskl. outliers (nr. 8, 14, 24, 36, 41 og 43).



Figur 5

ΔL_{ts} , kriteriestørrelsen. Besvarelsernes afvigelse fra den sande værdi, som er beregnet til $\Delta L_{ts} = 2,84 \text{ dB re } 20 \mu\text{Pa}$. Numrene på figuren er deltagernes numre. Standardafvigelsen er 0,42 dB ekskl. outliers (nr. 8, 14, 24, 36, 41 og 43).

Kriterieværdien fra kriteriekurven ved frekvensen $f_{c,krit}$

Den sande værdi for kriterieværdien er 3,9 dB og standardafvigelsen er 0,03 dB ekskl. outlier (nr. 9).

Tonetillægget

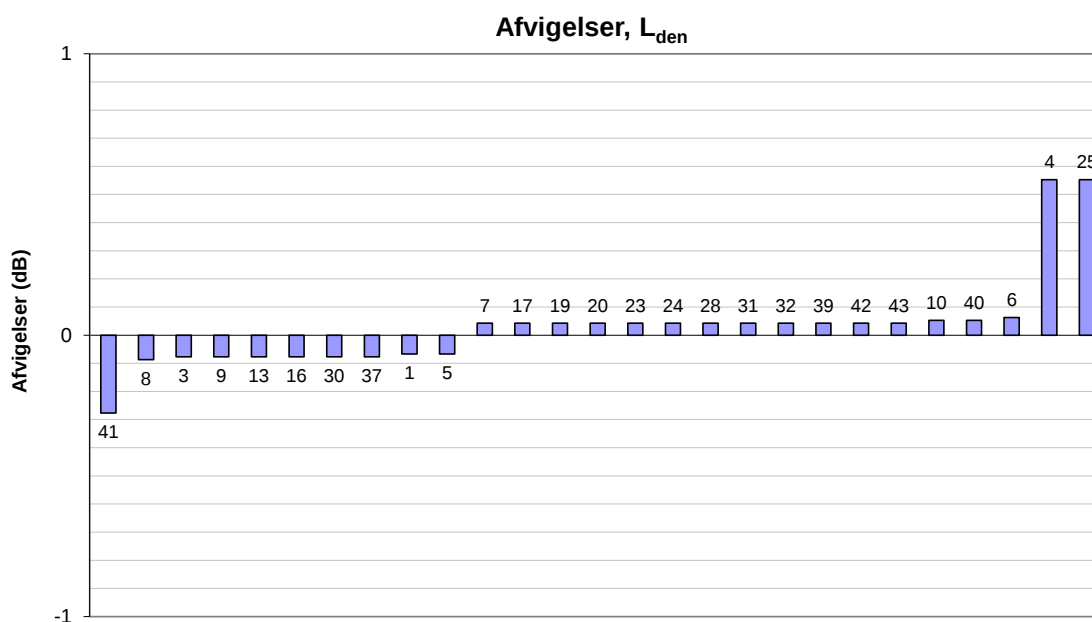
34 deltagere fandt tonetillægget til 0 dB, mens 6 deltagere fandt det til 5 dB.

6.3 Opgave C, beregning af vejstøj med Nord2000

27 deltagere indsendte besvarelser til Opgave C om vejstøj beregnet med Nord2000-metoden. Baseret på en beskrivelse af vejens geometri, en måling af døgntrafikken og oplysninger om vejens belægning, skulle støjen beregnes i 1,5 m højde over terrænet i 200 m afstand fra vejmidten. Resultatet skulle angives som støjindikatorerne: L_d , L_e , L_n og L_{den} .

De sande værdier for L_d , L_e , L_n og L_{den} var henholdsvis: 55,38 dB, 50,97 dB, 50,78 dB og 58,25 dB. Uden outliers var standardafvigelsen for de 4 parametre henholdsvis 0,06 dB, 0,15 dB, 0,12 dB og 0,08 dB.

Et eksempel på afvigelserne fra den sande værdi af parameteren L_{den} er vist i Figur 6.



Figur 6

L_{den} . Besvarelsernes afvigelse fra den sande værdi, som er beregnet til $L_{den} = 58,25$ dB re 20 μ Pa. Numrene på figuren er deltagernes numre. Standardafvigelsen for de 27 besvarelser er 0,08 dB uden outliers (nr. 4 og 25).

7. Karakterer

I Appendix 5 ses karakterer for totalværdien af hver enkelt parameter for hver opgave og en samlet karakter for alle opgaverne. Den samlede karakter er fremkommet som et vægtet gennemsnit af de enkelte opgaver på en sådan måde, at et enkelt dårligt resultat trækker forholdsvis meget ned. Princippet for denne vægtning er beskrevet nærmere i Appendix 3.

Godkendte laboratorier eller certificerede personer bør opnå en samlet karakter, der er større end eller lig med 3 (på en skala fra 1 til 5). Ved vurderingen af om en opgave er bestået, anvendes de afrundede hele værdier for karakteren.

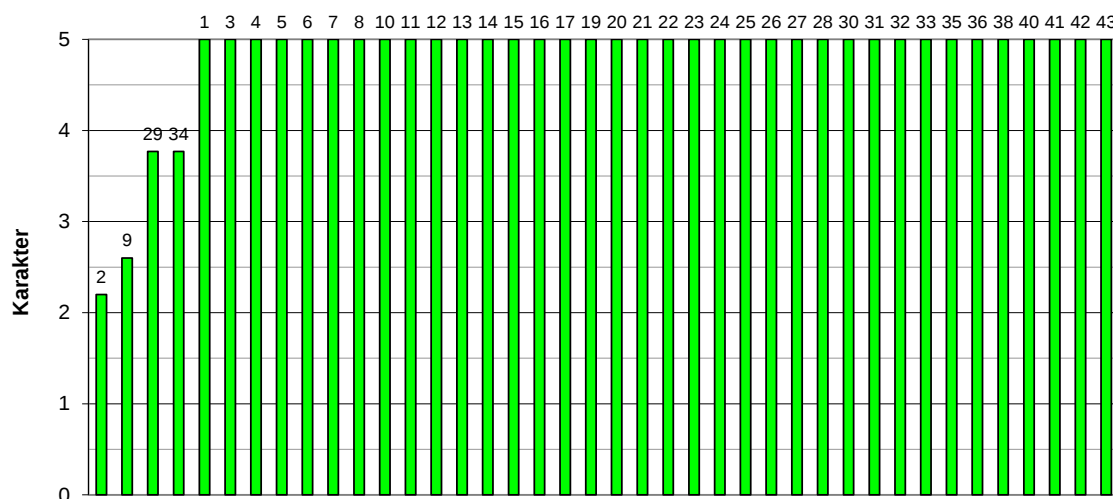
I det følgende er karaktererne vist for Opgave A-2, Opgave B og Opgave C. Numrene på figurerne er deltagernes numre.

7.1 Karakterer for Opgave A, støj fra en varmepumpe

Der var 40 deltagere, som indsendte besvarelser til Opgave A, og karaktererne er angivet i Appendix 5.

For de fire spørgsmål i opgave A-1 (Placering af målepunkter) gives der enten karakteren 1 eller 5 for henholdsvis forkerte og korrekte svar.

Den samlede karakter for delopgave A-1 (Placering af målepunkter) og A-2 (kildestyrken L_{WA}) er afbildet for alle deltagere i Figur 7.



Figur 7
Karakterer for opgave A - Støj fra varmepumpe.

Det ses af Figur 7, at 39 ud af 40 deltagere (98 %) har bestået Opgave A, dvs. opnået en karakter på mindst 3, som angiver grænsen for en tilfredsstillende opgaveløsning. 36 besvarelser fik topkarakteren 5 (90 %).

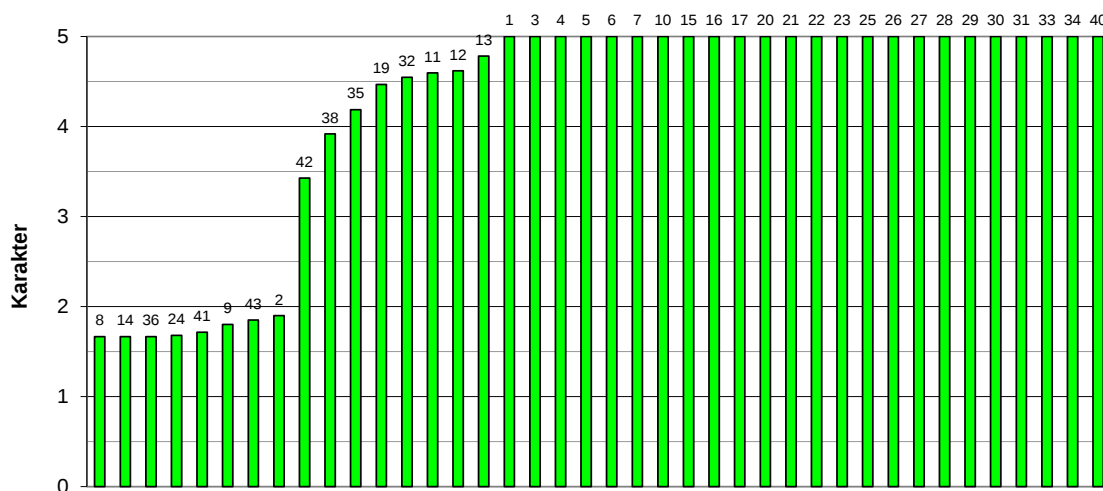
7.2 Karakterer for Opgave B, toner i støj fra varmepumpen

Der var 40 deltagere som indsendte besvarelser til Opgave B og karaktererne herfor er angivet i Appendix 5.

Der blev givet karakterer for følgende 5 parametre: $L_{p, \text{tone}}$, $L_{p, \text{krit. bånd}}$, ΔL_{ts} , kriterieværdien fra kriteriekurven ved $f_{c, \text{krit}}$ samt for tonetillægget (0 eller 5 dB). Karaktererne for de enkelte parametre fremgår af Appendix 5.

Der blev ikke givet karakter for parametrene: Δf_{eff} , $f_{c, \text{krit}}$ og $L_{p, \text{støj, middel}}$.

De samlede karakterer for Opgave B er vist i Figur 8.



Figur 8

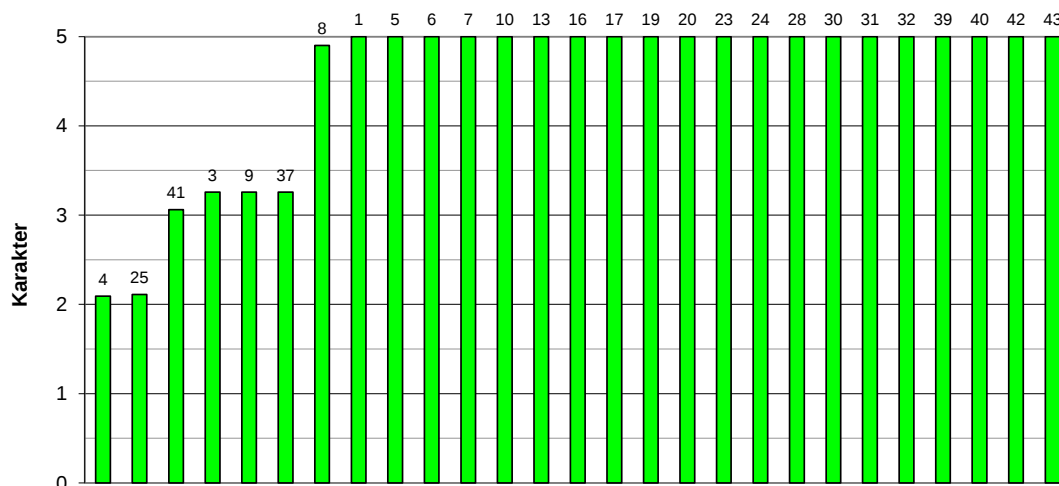
Karakterer for opgave B - Toner i støj fra varmepumpen.

Det ses af Figur 8, at 32 ud af 40 deltagere (80 %) har bestået Opgave B, dvs. opnået en karakter på mindst 3, som angiver grænsen for en tilfredsstillende opgaveløsning. 28 af besvarelserne fik topkarakteren 5 (70 %).

7.3 Karakterer for Opgave C, beregning af vejstøj med Nord2000

Der var 27 deltagere, som indsendte besvarelser til Opgave C og karaktererne for de enkelte delparametre (L_d , L_e , L_n og L_{den}) er angivet i Appendix 5.

Den samlede karakter for de 4 delparametre i Opgave C er afbildet i Figur 9.



Figur 9

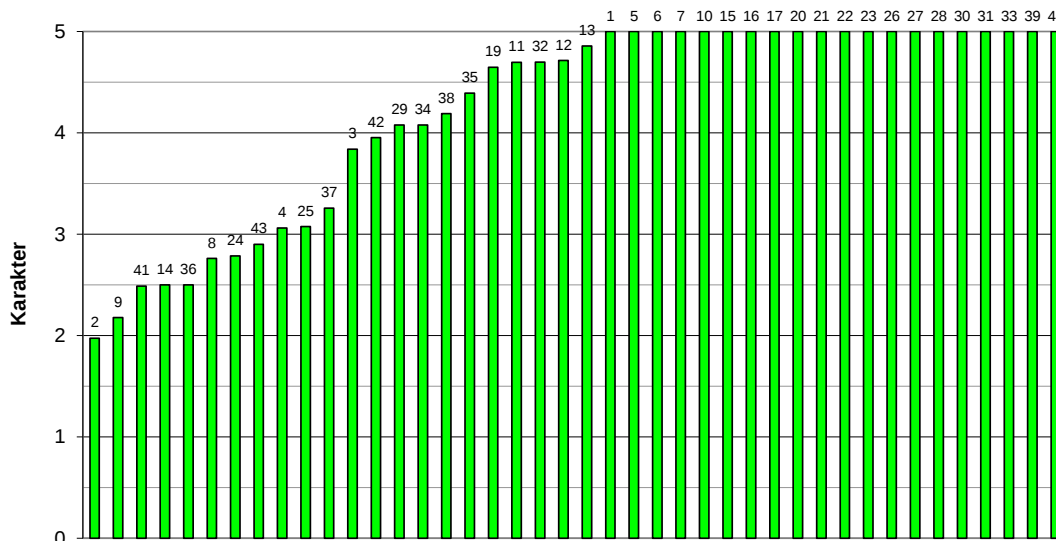
Karakterer for opgave C - Beregning af vejstøj med Nord2000.

Det ses af Figur 9, at 25 ud af 27 besvarelser (93 %) har bestået opgave C, dvs. opnået en karakter større end 3 som angiver grænsen for en tilfredsstillende opgaveløsning. 21 besvarelser fik topkarakteren 5 (78 %).

7.4 Samlede karakterer

Der var 42 deltagere som indsendte besvarelser til opgaverne, og alle karaktererne herfor er angivet i Appendix 5.

De samlede karakterer er fundet som et vægtet gennemsnit af karaktererne for opgave A, B og C. Vægtningemetoden er beskrevet i Appendix 3.



Figur 10

De samlede karakterer for den 21. sammenlignende støjmåling fundet som et vægtet gennemsnit af karaktererne for opgave A, B og C, som beskrevet i Appendix 3.

De samlede karakterer for den 21. sammenlignende støjmåling fremgår af Figur 10. Af de 42 deltagere bestod 39 deltagere (93 %) den samlede opgave. Heraf fik 25 deltagere topkarakteren 5 (60 %).

8. Konklusion

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger afholdt i december 2013 til marts 2014 den 21. sammenlignende støjmåling. Denne sammenlignende støjmåling var A) Støj fra en varmepumpe, opdelt som spørgsmål til udførelsen af kassemetoden samt en efterfølgende analyse og beregning af kildestyrken, B) Toner i støjen fra varmepumpen og C) Beregning af vejstøj med Nord2000 (delvis obligatorisk).

I alt indkom der 40 forskellige besvarelser fra 42 deltagere.

I den samlede bedømmelse opnåede 39 ud af 42 deltagere (93 %) karakterer på 3 eller derover. Heraf fik 25 af besvarelserne topkarakteren 5 (60 %). Godkendte laboratorier eller certificerede personer bør opnå en samlet karakter, der afrundet er større end eller lig med 3 (på en skala fra 1 til 5). Tre af deltagerne bestod derfor ikke den samlede sammenlignende støjmåling.

Opgave A-1 omhandlede støj fra en varmepumpe, og formålet var at undersøge målebetingelserne ved udførelsen af Kassemetoden [3] anvendt på en forholdsvis lille støjkilde. I Spørgsmål A-1a om målehøjden h_1 svarede kun 1 deltager forkert vedr. den tilladte minimumshøjde på 1 m for kassemålinger. I Spørgsmål A-1c om supplerende målepunkter svarede kun to deltagere ud af 40 deltagere forkert på spørgsmålet om, hvorvidt der burde have været inkluderet supplerende målepunkter i den udførte kassemåling. Supplerende målepunkter kan være aktuelt at indføre, når støjkilden er lille, når støjkilden har en udpræget retningsbestemt udstråling eller når baggrundstøjen er så høj, at måleteknikeren er tvunget til at måle helt tæt på kilden for at minimere baggrundstøjens indflydelse. I den aktuelle kildestyrkemåling, som blev foretaget tæt på tre reflekterende flader, burde der have været indlagt 8 supplerende målepunkter jævnt fordelt mellem de 6 allerede udpegede punkter.

Opgave A-2 omhandlede beregning af kildestyrken for varmepumpen på basis af støjen målt i 6 positioner. Den samlede analysenøjagtighed for totalstøjen, baggrundstøj, baggrundstøjkorrektionen og kildestyrkeberegningen af L_{WA} var god (0,08 dB ekskl. to outliers). Sammenlignet med maksimumkravet til den instrumentbetingede unøjagtighed, som er angivet til $\sigma_i = 0,25-0,5$ dB i Miljøstyrelsen vejledning nr. 6/1984 [2], er præcisionen stor.

Opgave B omhandlede analyser af toneindholdet i støjen fra varmepumpen. Til forskel fra tidligere toneanalyser i de sammenlignende støjmålinger var tonen ikke så markant, at den udløste et tonetillæg på 5 dB. 6 ud af 40 af deltagere mente dog, at der var tonetillæg, hvilket kan skyldes flere forhold. Flere af deltagerne udvalgte og analyserede de korte perioder af lydklippet, hvor tonen var mest tydelig. I enkelte af de resultater, som viste et tonetillæg, var der anvendt en frekvensopløsning (effektiv analysebåndbredde), der var mindre end $\Delta f_{\text{eff}} = 4,5$ Hz, som er anbefalet i [5] og [6]). Et tredje forhold der spiller ind er, at kriteriestørrelsen ΔL_{ts} lå ret tæt på kriterieværdien - ca. 1 dB under denne.

I bedømmelsen af Opgave B opnåede 32 ud af 40 deltagere (80 %) karakterer på 3 eller derover. Heraf fik 28 af besvarelserne topkarakteren 5 (70 %).

Præcisionen af toneanalyser for sammenlignende støjmålinger er forbedret en del gennem årene. Resultaterne fra opgave B viser dog, at toneanalysen stadig volder nogen besvær. I forhold til tidligere sammenlignende støjmålinger er der dog en større andel af deltagerne, som får topkarakteren 5.

Opgave C omhandlede støj fra en landevejsstrækning. Opgaven var delvist obligatorisk, idet den var stilet til de deltagere, som er certificeret eller akkrediteret til beregning af vejstøj.

Formålet med Opgave C var at gøre deltagerne bekendt med den nye rapport 434/2013: ”Håndbog, Nord2000, Beregning af vejstøj i Danmark” [9].

I Rapport 434 introduceres et nyt begreb: Korrektion for forskellige typer vejbelægninger i hele vejens levetid. Flere deltagere fandt det svært at se sammenhængen mellem disse korrektioner og den referencesituation, som er basis for korrektionerne. Dette indvirkede tilsyneladende ikke på deltagernes resultater: Af de 27 deltagere bestod 25 opgaven (93 %). Heraf fik 21 topkarakteren 5 (78 %). Standardafvigelsen på alle besvarelser (ekskl. outliers) lå i området 0,04-0,15 dB for de 4 delparametre (L_d , L_e , L_n og L_{den}). Til sammenligning var standardafvigelsen i den 19. sammenlignende støjmåling: 0,35-0,41 dB. Dengang handlede det om en vej med et 0,8 m højt absorberende autoværn, hvilket formodentlig bidrog til, at spredningen mellem resultaterne blev større. En anden årsag til den mindre spredning på resultaterne i vejstøjsberegningen i den 21. sammenlignende støjmåling er, at deltagerne her skulle aflevere resultaterne med 2 decimaler, mens deltagerne i den 19. sammenlignende støjmåling kun skulle angive 1 decimal.

Referencer

- [1] *"Kvalitetskrav til "Miljømåling - ekstern støj""*
Udredning fra Referencelaboratoriet, RL 20/96, december 1996, opdateret november 2010.
- [2] *"Måling af ekstern støj fra virksomheder"*, Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1984.
- [3] *"Beregning af ekstern støj fra virksomheder"*, Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993.
- [4] *"Måling af hørbare toner i støj"*, Orientering nr. 13 fra Referencelaboratoriet, maj 1991.
- [5] *"Forslag til revideret objektiv metode til bestemmelse af tydeligheden af toner i støj"*,
Orientering nr. 31 fra Referencelaboratoriet, februar 2001.
- [6] *"Toneanalyse – den danske metode"*, Orientering nr. 47 fra Referencelaboratoriet,
september 2013.
- [7] *"Støj fra veje"*, Miljøstyrelsens vejledning nr. 4/2007.
- [8] *"User's guide Nord2000 Road"*, DELTA maj 2006.
- [9] *"Håndbog Nord2000, Beregning af vejstøj i Danmark, Rapport 434 - 2013"*,
Vejdirektoratet og Miljøstyrelsen 2013.

Alle dokumenterne kan downloades fra www.referencelaboratoriet.dk.

Appendix 1

Opgavebeskrivelse - RL 13/13

21. sammenlignende støjmåling

Opgavebeskrivelse

Den 21. sammenlignende støjmåling består af 3 opgaver:

- A) Analyse af en lydoptagelse af støjen fra en varmepumpe og beregning af varmepumpens kildestyrke.
- B) Toneanalyse af en lydoptagelse af støjen fra varmepumpen foretaget ved en nabo.
- C) Beregning af vejstøj med Nord2000 (delvis obligatorisk).

Tilmelding og aflevering af resultater

Tilmelding foretages ved at indsende vedhæftede tilmeldingsblanket til Referencelaboratoriet (reflab@delta.dk).

Efter tilmelding får deltagerne tilsendt en FTP-adresse, hvorfra de kan hente de filer, der hører til opgaverne.

Resultaterne skal afleveres ved udfyldelse af vedhæftede regneark:
”Resultater 21saml.xls”.

Besvarelserne (regnearket) sendes til reflab@delta.dk og skal være Referencelaboratoriet i hænde senest fredag den 28. marts 2014. Resultaterne af den 21. sammenlignende støjmåling bliver gennemgået af Referencelaboratoriet på Store Støjdag i efteråret 2014.

Spørgsmål til opgaverne

Spørgsmål om tolkning af opgaverne skal stilles senest 14 dage før afleveringsfristen, enten pr. e-mail til reflab@delta.dk eller telefonisk til Jens E. Laursen, tlf.: 72 19 46 01. Svar af generel interesse vil blive meddelt alle deltagere pr. e-mail senest 7 dage efter modtagelsen af spørgsmålet.

Lydoptagelserne

Der hører 9 lydfiler til opgavesættet, som vist i Tabel 1. Alle lydoptagelser er foretaget lineært, dvs. uden frekvensvægtning.

Lydfilen: *Opgave A og B - Kalibrering.wav* indeholder en 1000 Hz tone med niveauet 94,0 dB. Tonen anvendes til at kalibrere de øvrige lydoptagelser.

De 6 lydfiler: *Opgave A - Målepunkt P1* til *Opgave A - Målepunkt P6* er lydoptagelser foretaget i 6 positioner omkring varmepumpen (se Figur 1).

Lydfilen: *Opgave A og B - Baggrundsstøj.wav* er optaget i én af de seks målepositioner og benyttes til at korrigere lydoptagelserne for baggrundsstøj i alle seks positioner. Optagelsen er forstærket 20 dB i forhold til kalibreringstonen i lydfilen: *Opgave A og B - Kalibrering.wav*.

Lydfilen ”*Opgave B - Toneanalyse.wav*” er optaget i skel til naboen. Optagelsen er forstærket 20 dB i forhold til kalibreringstonen.

Lydfil, navn	Indhold	Gain [dB]	Start [m:s]	Slut [m:s]
Opgave A og B - Kalibrering.wav	Kalibreringstone 94,0 dB	0	0:00	1:00
Opgave A - Målepunkt PX.wav	Totalstøj i 6 punkter omkring pumpe (6 lydfiler á 1 minut)	0	0:00	1:00
Opgave A - Baggrundsstøj.wav	Baggrundsstøj ved pumpe	20	0:00	2:00
Opgave B - Toneanalyse.wav	Totalstøj optaget i skel ved nabo	20	0:00	1:35

Tabel 1

Oversigt over de 9 lydfiler, der benyttes til løsning af Opgave A og B.

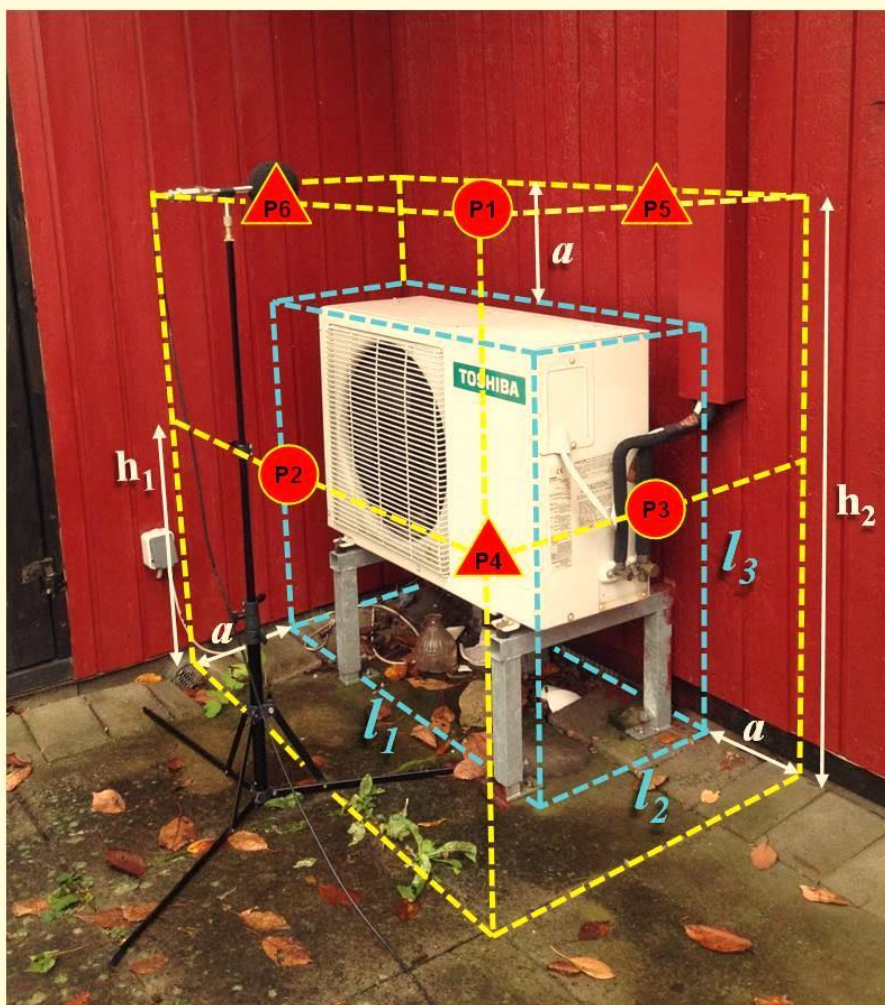
A. Støj fra en varmepumpe

”Støjlaboratoriet” har målt støjen fra en varmepumpe ved hjælp af Kassemetoden, som er beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993 (MST 5/1993). Varmepumpen er opstillet på en terrasse nær et hjørne, hvor to vægge og terrassens gulv udgør tre reflekterende flader. Måleopstillingen er vist på Figur 1. Referenceboksen er vist med stiplede blå linjer på Figur 1 og har dimensionerne: $l_1 = 1,02\text{ m}$, $l_2 = 0,42\text{ m}$ og $l_3 = 0,88\text{ m}$, jf. de betegnelser der er anvendt på side 58 i MST 5/1993. Der er - pga. af indretningen af terrassen - anvendt en forholdsvis kort måleafstand på $a = 0,3\text{ m}$.

På Figur 1 er med gule stiplede linjer indtegnet målefladen (måleboksen), hvorpå de primære målepunkter er markeret med røde cirkler (P1-P3). Da måleafstanden (a) er mindre end $\frac{1}{2} \cdot l_1$ er der tilføjet tre yderligere målepunkter, som er vist med røde trekantsymboler på målefladen (P4-P6). Støjlaboratoriet har valgt følgende mikrofonhøjder: $h_1 = 0,59\text{ m}$ og $h_2 = 1,18\text{ m}$.

Baggrundsstøjen blev målt i ét af målepunkterne og skal benyttes til at korrigere støjen i alle seks målepositioner. Det kan antages, at hele lydoptagelsen af baggrundsstøjen er repræsentativ for den støj, der forekom i området, mens kildestyrkemålingerne stod på.

Miljøstyrelsens vejledning kan downloades fra www.referencelaboratoriet.dk.



Figur 1
Måleobjekt (varmepumpe) placeret ved et hjørne. Med stiplede linjer er angivet henholdsvis referenceboksen (lyseblå linjer) og måleboksen (gule linjer). Værdierne for de viste parametre: l_1 , l_2 , l_3 , a , h_1 og h_2 er angivet i teksten overfor. Mikrofonplaceringerne på måleboksen er angivet som henholdsvis røde cirkler (primære målepunkter) og trekanter (yderligere målepunkter).

Opgave A-1, Placering af målepunkter

Følgende spørgsmål om Støjlaboratoriets anvendelse af Kassemetoden skal besvares:

- Er der målt i den korrekte højde, h_1 ? jf. afsnit 6.3.3 i MST 5/1993
- Er der målt i den korrekte højde, h_2 ? jf. afsnit 6.3.3 i MST 5/1993
- Burde Støjlaboratoriet have tilføjet *supplerende* målepunkter udover de ovennævnte 6 målepunkter, jf. afsnit 6.3.4 i [1]? (Bemærk, at Figur 6.3.2 hører til afsnit 6.3.3 *Primære målepunkter* i MST 5/1993).
- Hvor stor er nærfeltkorrektionen E ved anvendelse af de nævnte dimensioner for referenceboks og måleafstand?

Opgave A-2, kildestyrken L_{WA}

Målingerne af støjen fra varmepumpen skal analyseres og korrigeres for baggrundsstøj på 1/3-oktavbasis i de frekvensbånd, hvor totalstøjen overstiger baggrundstøjen med mindst 3 dB, jf. Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1984. De øvrige frekvensbånd korrigeres ikke.

Kildestyrken for varmepumpen skal beregnes på grundlag af de overfor angivne data for måleboksen l_1 , l_2 , l_3 , a , h_1 og h_2 , og resultatet skal angives A-vægtet i 1/3-oktavfrekvensbåndene 10-10.000 Hz samt som A-vægtet totalniveau. Resultaterne angives med 2 decimaler.

B. Toner i støjen fra varmepumpen

Støjen fra varmepumpen er målt i skellet til naboen. Afstanden fra pumpen til målepunktet i skel er mindre end 25 meter. Lydoptagelsen af totalstøjen i skel, *Opgave B - Støj ved nabo.wav*, varer 95 sekunder. Støj, baggrundstøj og toner antages at være konstante i hele optagelsens længde, som derfor skal regnes for repræsentativ for støjen på målestedet.

Filen med kalibreringstonen, *Opgave A og B - Kalibrering.wav*, benyttes til niveaukalibrering af lydfilen, *Opgave B - Støj ved nabo.wav*. Lydoptagelsen i naboskellet er forstærket 20 dB i forhold til kalibreringstonen.

Der skal udføres toneanalyser i henhold til den danske toneanalysemetode beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 6/1984 samt i Orientering nr. 47: "Toneanalyser - den danske metode" fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger. Der skal analyseres følgende 7 parametre for det mest dominerende kritiske bånd:

- centerfrekvens for det kritiske bånd, $f_{c,krit}$
- toneniveauet, $L_{p, tone}$
- middelstøjniveauet, $L_{p, støj, middel}$
- den maskerende støj, $L_{p, krit, bånd}$
- kriteriestørrelsen, ΔL_{ts} ($= L_{p, tone} - L_{p, krit, bånd}$)
- kriterieværdien fra kriteriekurven ved $f_{c,krit}$
- tonetillægget (0 eller 5 dB)

Den anvendte effektive analysebåndbredde, Δf_{eff} , af analysen skal opgives.

C. Trafikstøj, Nord2000 (delvis obligatorisk)

Støjen fra trafikken på en landevej skal beregnes på basis af en trafiktælling ved hjælp af beregningsmetoden Nord2000 Road Traffic Noise. Opgaven skal udføres af alle laboratorier, som er godkendt til at beregne vejtrafikstøj. Den er frivillig for de øvrige laboratorier.

Der benyttes i denne opgave støjindikatoren L_{den} . Støjen fra landevejen - som er øst-vestgående - skal beregnes i 1,5 m højde i et immissionspunkt beliggende 200 m nord for landevejen. Der regnes kun på et 2 km langt stykke af landevejen, og immissionspunktet ligger på midt-normalen af denne strækning. Der er ingen skærmende objekter mellem vejen og immissionspunktet - kun den bare mark med impedansklasse D og ruhedsklasse N (Roughness Class). Definitionen af terræntyper er beskrevet i "User's Guide Nord2000 Road".

Der er foretaget målinger af trafikfordelingen på en landevej time for time over et døgn. Tallene er omregnet til årsmiddeldøgn og findes angivet i Bilag 1. Fordelingen af køretøjskategorierne (længdeklasser) er ikke målt, men fordelingen findes i Appendiks 1 i den nye Rapport 434/2013: "Håndbog, Nord2000, Beregning af vejstøj i Danmark" fra Vejdirektoratet og Miljøstyrelsen. Heri findes fordelingstabeller, som er baseret på trafikmålinger i 2010, og disse tabeller bør derfor anvendes frem for trafikmængdetabellerne i Miljøstyrelsens vejledning nr. 4/2006 og "User's Guide Nord2000 Road". Landevejen kan karakteriseres som "Statslig landevej uden for by", som den benævnes i Appendiks 1 i Rapport 434. Trafikhastigheden på landevejen kendes ikke, men kan antages at følge de gennemsnitshastigheder, der er angivet for vejtype C i "User's Guide Nord2000 Road". Trafikken kan regnes jævn og uden acceleration/deceleration. Køretøjerne har ikke pigdæk.

Terrænet i området er plant og landevejen er to-sporet med midterlinje (ingen midterrabat). De to kørespor er 3,5 m brede. Kantbanen er 0,5 m, og yderrabatten er 1,5 m bred. Den samlede bredde af det asfalterede areal er 8 m, hvilket regnes akustisk reflekterende (impedansklasse G), mens det øvrige terræn inkl. yderrabatten regnes porøst (impedansklasse D) med ruhedsklassen (Roughness Class) N.

Asfalten udskiftes til en Standard SRS-belægning. Der ønskes beregnet årsmiddelværdien af dæk/vejbanestøjen i vejens levetid under gennemsnitlige danske vejrforhold i henhold til Rapport 434.

Der regnes med 4 vejklasser (vejen er som nævnt øst-vestgående).

Resultatet af beregningerne skal angives som parametrene L_d , L_e , L_n og L_{den} angivet med 2 decimaler.

Vigtigt vedr. beregningssoftware:

Det anbefales, at deltagerne anvender den seneste versionsopdatering af støjberegningsprogrammet. Det frarådes, at indstillingerne af beregningsparametrene i softwaren optimeres af hensyn til beregningstidsforbruget, selv om det ofte kan være nødvendigt i andre sammenhænge. Men for at undgå, at deltagerne bruger uforholdsmæssig lang tid på at undersøge beregningsnøjagtigheden for forskellige kombinationer af beregningsindstillingerne i støjberegningsprogrammet, anbefales det - for programmet SoundPLAN - at anvende følgende indstillinger:

SoundPLAN, version 6.5: Angle increment = 0,1, Reflection order = 5, Reflection depth = 5, Max search radius = 5000 m, Tolerance = 0,01.

SoundPLAN, version 7.0 og senere versioner: Reflection order = 3, Max. search radius = 5000 m, Max. reflection distance (receiver) = 300 m, Max. reflection distance (source) = 300 m, Allowed tolerance = 0,001. Distance to diameter factor (for vej-linjekilden) = 16.

Dokumentation

Referencelaboratoriet tilsender deltagerne et regneark, "Resultater 21 saml.xls", hvori beregningsresultaterne skal indsættes (se eksempel i Tabel 2).

Evalueringsskema		21. sammenlignende støjmåling																																																																	
Deltager(n):		Lab. navn:																																																																	
Adresse:																																																																			
Opgave A-1, målepunkter i klassedato a) Er der anvendt den korrekte målemåte for h _h 7 (ja/nej) b) Er der anvendt den korrekte målemåte for h _h 7 (ja/nej) c) Bunde der tilføjes supplerende målepunkter 7 (ja/nej) d) Hvor stor er refleksionskoefficienten, E.T.O. (højst 0,5)		Uddybende kommentar (frivillig): _____ _____ _____																																																																	
Opgave A-2, frekvens:		<table border="1"> <tr> <td>10</td><td>125</td><td>160</td><td>20</td><td>25</td><td>31,5</td><td>40</td><td>50</td><td>63</td><td>80</td><td>100</td><td>125</td><td>160</td><td>200</td><td>250</td><td>315</td><td>400</td><td>500</td><td>630</td><td>800</td><td>1000</td><td>1250</td><td>1600</td><td>2000</td><td>2500</td><td>3150</td><td>4000</td><td>5000</td><td>6300</td><td>8000</td><td>10000</td><td>Bem</td> </tr> <tr> <td colspan="32">dB-værdier angives med to decimaler</td> </tr> </table>		10	125	160	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	Bem	dB-værdier angives med to decimaler																															
10	125	160	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	Bem																																				
dB-værdier angives med to decimaler																																																																			
Opgave B, toneanalyse		<table border="1"> <tr> <th>Δf</th><th>f_{cent}</th><th>f_{max}</th><th>f_{min}</th><th>f_{max} (dB)</th><th>f_{min} (dB)</th><th>Δf_g</th><th>Korrektur</th><th>Tilleg</th> </tr> <tr> <th>Hz</th><th>Hz</th><th>Hz</th><th>dB</th><th>dB</th><th>dB</th><th>dB</th><th>dB</th><th>dB</th> </tr> <tr> <td colspan="9">Højheds og dB-værdier angives med to decimaler</td> </tr> </table>		Δf	f _{cent}	f _{max}	f _{min}	f _{max} (dB)	f _{min} (dB)	Δf _g	Korrektur	Tilleg	Hz	Hz	Hz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	Højheds og dB-værdier angives med to decimaler																																													
Δf	f _{cent}	f _{max}	f _{min}	f _{max} (dB)	f _{min} (dB)	Δf _g	Korrektur	Tilleg																																																											
Hz	Hz	Hz	dB	dB	dB	dB	dB	dB																																																											
Højheds og dB-værdier angives med to decimaler																																																																			
Opgave C, værdier (sevis udførelse)		<table border="1"> <tr> <th>L_{eq}</th><th>L_{max}</th><th>L_{min}</th><th>L_{avg}</th> </tr> <tr> <td colspan="4">dB-værdier angives med to decimaler</td> </tr> </table>		L _{eq}	L _{max}	L _{min}	L _{avg}	dB-værdier angives med to decimaler																																																											
L _{eq}	L _{max}	L _{min}	L _{avg}																																																																
dB-værdier angives med to decimaler																																																																			
Anvendt udstyr (hardware og software) til analyse		<table border="1"> <tr> <td>Udstyr</td><td></td> </tr> <tr> <td>Software</td><td></td> </tr> <tr> <td>Toneanalyse</td><td></td> </tr> <tr> <td>Norm2000-beregninger</td><td></td> </tr> <tr> <td>Software-version og dato</td><td></td> </tr> </table>		Udstyr		Software		Toneanalyse		Norm2000-beregninger		Software-version og dato																																																							
Udstyr																																																																			
Software																																																																			
Toneanalyse																																																																			
Norm2000-beregninger																																																																			
Software-version og dato																																																																			

Tabel 2

Resultatskema (eksempel) tilsendes deltagerne som regneark: "Resultater 21 saml.xls".

Evaluering og karaktergivning

Ved evaluering af laboratoriernes besvarelser vil ikke alle delresultater (dB- og Hz-værdierne) fra det indsendte resultatskema indgå i karaktervurderingerne. Referencelaboratoriet beregner dog "sande" værdier for alle delresultaterne, således at opgaven og de resulterende "sande" værdier fremover vil kunne anvendes som referenceeksempler, fx til dokumentation af software- eller instrumenteringsopdatering.

Bilag 1

Trafikdata til brug for løsning af Opgave C

Opgave C. Tabel med antallet af køretøjer opdelt på døgnet 24 timer (Årsdøgnsmiddeltrafik)

Tidsperiode	Antal køretøjer
00-01	43
01-02	34
02-03	52
03-04	53
04-05	102
05-06	522
06-07	1.385
07-08	1.659
08-09	1.380
09-10	984
10-11	881
11-12	863
12-13	884
13-14	1.010
14-15	1.319
15-16	1.789
16-17	1.674
17-18	1.288
18-19	821
19-20	518
20-21	407
21-22	316
22-23	244
23-24	186

Appendix 2
Udskrift af regneark med resultater (udfyldt med de sande værdier)

Svarskema

21. sammenlignende støjmåling - sande værdier

Deltager(e):

42 besvædere (heraf er 4 besvædere påvirkede)

Lab. navn:

Adresse:

Opgave A-1, målepunkter i kassemetode

a) Er der anvendt den korrekte målehøjde for h₁? (ja/nej)

nej

b) Er der anvendt den korrekte målehøjde for h₂? (ja/nej)

ja

c) Burde der tilføjes supplerende målepunkter? (ja/nej)

ja

d) Hvor stor er nærhedskorrektionen, E? (i hele dB)

1

Opgave A-2

frekvens : 10 12,5 16,5 20 25 31,5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 630 800 1000 1250 1600 2000 2500 3150 4000 5000 6300 8000 10000

Sum

Kildestyrke L_{WA}

-3,33 16,55 21,85 37,52 25,12 26,84 41,33 36,34 42,91 41,17 43,02 45,28 48,86 51,20 50,88 54,99 48,73 47,76 45,19 44,33 40,24 37,75 35,68 30,94 29,36 28,80 23,39

59,86

Opgave B, toneanalyse

Δf

Hz

4,5

f_{center}

Hz

808,2

L_{p, tone}

dB

30,8

L_{p, støjniveau}

dB

-

L_{p, kriteri}

dB

27,9

ΔL_{ns}

dB

2,84

Kriterieværdi

dB

3,90

Tillæg

0/5 dB

0

Opgave C, vejstøj

(dels obligatorisk)

L_{day}

55,38

L_{evening}

50,97

L_{night}

50,78

L_{den}

58,25

Rapport 27

35

Appendix 3

Afvielser og princip for karaktergivning

Sammenhængen mellem karakterer og afvielser fra de sande værdier afhænger ifølge angivelserne i RL 20/96 [1] af eksemplernes sværhedsgrad. For denne sammenlignende måling er sammenhængen angivet i nedenstående tabel.

Karakter	L_{Aeq}	L_{pt} og ΔL_{ts}	L_{den}
5	0,0-0,2	0,0-0,4	0,0-0,2
4	0,3-0,4	0,5-0,7	0,3-0,4
3	0,5-0,7	0,8-1,2	0,5-0,7
2	0,8-1,1	1,3-2,0	0,8-1,1
1	> 1,1	> 2,0	> 1,1

Tabel 1

Sammenhængen mellem enkeltkarakterer og afvielser fra de sande værdier i den 21. sammenlignende støjmåling [dB].

Den mindste, acceptable karakter er ifølge RL 20/96 karakteren 3.

Den samlede bedømmelse for målingerne beregnes af:

$$\text{Samlet karakter} = 0,5 \times \text{gennemsnitskarakter} + 0,5 \times \text{laveste karakter}$$

Denne måde at beregne den samlede karakter på bevirker, at et enkelt dårligt resultat trækker forholdsvis meget ned. Dette skal ses i lyset af, at godkendte laboratorier, hvis måleresultater kan have store konsekvenser for samfundsinteresser og virksomheders økonomi, ikke kan tillade sig at lave fejl, heller ikke på enkeltresultater, som i visse tilfælde kan være afgørende.

Appendix 4

Deltagerne i den 21. sammenlignende støjmåling

Deltagerne er nævnt i alfabetisk rækkefølge efter laboratoriets navn. Rækkefølgen er ikke den samme som ved resultatbehandlingen, hvor hver deltager har fået et nummer.

103 ApS	René Hansen	Østerbro 4	5690 Tommerup
AkustikNet	Palle Voss	Lejrvej 17	3500 Værløse
Alectia	Christoffer Andreas Weitze	Teknikerbyen 34	2830 Virum
Arbejdsmiljøeksperten ApS	Henrik Gliese	Auktionsgade 3	6700 Esbjerg
Arbejdsmiljøeksperten ApS	Bo Plet	Auktionsgade 3	6700 Esbjerg
BP Støjmåling	Bjørn Petersen	Søndermarken 2	7400 Herning
COWI A/S	Thomas G. Lotzfeldt	Visionsvej 53	9000 Aalborg
COWI A/S	Hans Torben Foged	Vestre Stationsvej 7	5000 Odense C
COWI A/S	Lars Find Larsen	Vestre Stationsvej 7	5000 Odense C
COWI A/S	Anders Keld Rasmussen	Vestre Stationsvej 7	5000 Odense C
COWI A/S	Jørgen Vasehus Madsen	Parallelvej 15	2800 Kgs. Lyngby
cp test a/s	Morten B. Christensen	Grønlandsvej 96	7100 Vejle
Dansk Akustik Rådgivning	Gustav Bruun	Vedbysøndervej 13	4200 Slagelse
DELTA	Jens E. Laursen	Venlighedsvej 4	2970 Hørsholm
DELTA	Erik Thysell	Venlighedsvej 4	2970 Hørsholm
DELTA	Lars S. Søndergaard	Agro Food Park 13	8200 Aarhus N
dk-akustik aps	Peter Just	Gedevasevej 41	3520 Farum
Eurofins Miljø A/S	Per Andersen	Ørnebjergvej 1	2600 Glostrup
Grontmij A/S, Acoustica	Peter Henningsen	Sofiendalsvej 94	9200 Aalborg SV
Lloyd's Register Consulting – Energy A/S	Rene Smidt Lützen	Strandvejen 104A	2900 Hellerup

Midtconsult p/s	John Michael Jørgensen	Silkeborgvej 620	8220 Brabrand
Midtconsult p/s	Martin Leerbæk Pedersen	Silkeborgvej 620	8220 Brabrand
Moe & Brødsgaard A/S	Anne Lin Enggaard	Buddingevej 272	2860 Søborg
Motorsportens Akustik-laboratorium	Otto Dyrnum	Idrættens Hus	2605 Brøndby
NIRAS A/S	Jesper Konnerup	Åboulevarden 80	8100 Aarhus C
NIRAS A/S	Jesper Hagedorn	Sortemosevej 19	3450 Allerød
NIRAS A/S	Carsten Villsen	Åboulevarden 80	8100 Aarhus C
NIRAS A/S	Hans Kristian Drejer	Åboulevarden 80	8100 Aarhus C
NIRAS A/S	Mark Aarup Mikaelson	Åboulevarden 80	8100 Aarhus C
NNE Pharmaplan	Casper Villesholt Malis	Nybrovej 80	2820 Gentofte
RAMBØLL Danmark A/S	Jens Duch	Englandsgade 25	5100 Odense C
RAMBØLL Danmark A/S	Ole Funk Knudsen	Englandsgade 25	5100 Odense C
RAMBØLL Danmark A/S	Karl Grove Sørensen	Englandsgade 25	5100 Odense C
RAMBØLL Danmark A/S	Jacob Storm Jørgensen	Englandsgade 25	5100 Odense C
RAMBØLL Danmark A/S	Henrik Sperling	Kolding Åpark 11	6000 Kolding
SH Akustik	Stig Martin Hansen	Rosenvænget 57	4690 Haslev
Tornhøj Måleteknik	Jørgen Tornhøj Christensen	Axel Juels Allé 90	2750 Ballerup
Via Trafik	Rune Appelt Rasmussen	Søvej 13B	3460 Birkerød
VM acoustics aps	Ole Jacob Veiergang	Skovgårdgade 8	8000 Aarhus C
WH - Rådgivende Ingeniører FRI	Hans Anker Pedersen	Danmarksvej 8	8660 Skanderborg
ÅF - Hansen & Henneberg	Sigurd Thomsen	Lyskær 3F	2730 Herlev
Aarhus Kommune, Natur & Miljø	Carsten S. Ryom Petersen	Valdemarsgade 16	8100 Aarhus C

Indsendte data, Opgave B og C

21. sammenlignende støjmåling

Nr.	Opgave B toner fra varmepumpe							
	Δf	$f_{c,krit}$	$L_{p, tone}$	$L_{p, støj, middel}$	$L_{p, krit, bånd}$	ΔL_{is}	Kriterieværdi	Tillæg
1	4,5	810,0	30,9	12,3	27,9	3,0	3,9	0
2	4,4	808,6	34,3	14,4	30,1	4,2	3,9	5
3	4,5	162,0	30,9	14,4	27,9	3,0	3,9	0
4	4,7	808,0	30,6	12,7	28,1	2,5	3,9	0
5	4,5	810,0	30,9	12,3	27,9	3,0	3,9	0
6	4,5	810,0	30,9	12,2	27,9	3,0	3,9	0
7	4,7	809,4	30,6	12,4	27,8	2,8	3,9	0
8	2,3	808,4	38,0	9,0	27,4	10,6	3,9	5
9	1,5	196,0	39,3	18,9	37,1	2,2	4,5	0
10	4,5	810,0	30,9	12,3	27,9	3,0	3,9	0
11	3,1	807,9	30,3	10,8	27,9	2,4	3,9	0
12	4,6	832,1	30,3	12,4	27,9	2,4	3,8	0
13	4,7	807,8	31,2	12,5	27,9	3,3	3,9	0
14	16,2	831,4	56,3	38,6	48,7	7,6	3,8	5
15	4,6	808,7	30,6	12,6	28,1	2,5	3,9	0
16	4,6	808,0	30,6	12,6	28,0	2,5	3,9	0
17	4,5	810,0	30,9	12,3	27,9	3,0	3,9	0
18								
19	2,5	808,2	30,3	11,7	28,0	2,3	3,9	0
20	4,7	808,2	30,9	12,8	28,2	2,6	3,9	0
21	4,5	810,0	30,9	12,5	27,9	3,0	3,9	0
22	4,7	807,8	31,0	12,4	27,8	3,2	3,9	0
23	4,7	808,3	30,6	12,4	27,8	2,8	3,9	0
24	4,0	810,0	33,3	8,0	24,0	9,3	3,9	5
25	4,7	808,1	30,8	12,7	28,3	2,5	3,9	0
26	4,5	807,0	30,8	12,2	27,9	2,9	3,9	0
27	4,6	808,7	30,6	12,6	28,1	2,5	3,9	0
28	4,5	831,0	30,9	12,2	27,9	3,0	3,8	0
29	4,5	810,0	30,9	12,5	27,9	3,0	3,9	0
30	4,5	808,0	30,9	12,4	28,0	2,9	3,9	0
31	4,5	810,0	30,9	12,3	27,9	3,0	3,9	0
32	4,7	807,8	30,4	12,8	28,2	2,3	3,9	0
33	3,1	807,0	30,7	12,6	28,0	2,7	3,9	0
34	4,5	810,0	30,9	12,5	27,9	3,0	3,9	0
35	4,4	807,7	30,3	11,2	26,8	3,5	3,9	0
36	3,7	807,5	34,7	12,3	28,7	6,0	3,9	5
37								
38	2,5	808,3	30,0	11,4	27,7	2,3	3,9	0
39								
40	4,6	831,8	30,6	12,4	28,0	2,6	3,8	0
41	3,0	808,0	36,0	13,6	30,9	5,1	3,9	5
42	4,4	787,5	31,9	13,0	28,5	3,4	3,9	0
43	4,7	829,7	28,0	11,2	26,7	1,3	3,8	0

Besvarelse nr. 15 og 27 samt 29 og 34 er parvist identiske, idet deltagerne var fra samme firma og var fælles om besværelsen.

Opgave C Støj fra vej			
L_{day}	$L_{evening}$	L_{night}	L_{den}
55,30	50,93	50,69	58,18
55,51	51,41	50,53	58,17
55,91	51,56	51,31	58,80
55,30	50,93	50,69	58,18
55,39	51,00	50,84	58,31
55,38	50,99	50,82	58,29
55,30	50,91	50,66	58,16
55,51	51,41	50,53	58,17
55,39	51,00	50,83	58,30
55,29	50,92	50,68	58,17
55,29	50,92	50,68	58,17
55,38	50,99	50,82	58,29
55,38	50,99	50,82	58,29
55,38	50,99	50,82	58,29
55,38	50,99	50,82	58,29
55,51	51,41	50,53	58,17
55,38	50,99	50,82	58,29
55,38	50,99	50,82	58,30
55,02	51,22	50,45	57,97
55,38	50,99	50,82	58,29
55,38	50,99	50,82	58,29

Afvigelser fra sande værdier

21. sammenlignende støjmåling

Afvigelser, Opgave A

Nr.	Opgave A1		Opgave A-2		Kildestyrke for varmepumpe		Frekvens (1/3-oktav)		Målepunkter i kassemetode	
	A-1a	A-1b	A-1c	A-1d	A-1a	A-1b	A-1c	A-1d	A-1a	A-1b
1	0	0	0	0	-0.09	0.17	0.00	0.01	0.43	0.20
2	x	0	x	0	-0.05	0.39	1.62	0.43	0.01	0.19
3	0	0	0	0	-0.09	0.17	-0.04	-0.06	-0.04	-0.08
4	0	0	0	0	-0.10	-0.08	-0.12	-0.13	-0.15	1.87
5	0	0	0	0	0.16	0.00	0.63	0.57	0.75	0.64
6	0	0	0	0	-0.09	0.17	-0.04	-0.06	-0.04	-0.08
7	0	0	0	0	1.09	0.78	0.09	0.01	-0.05	-0.20
8	0	0	0	0	-0.07	-0.16	0.33	0.26	0.08	0.07
9	x	0	0	0	7.61	4.63	3.03	1.47	0.65	0.14
10	0	0	0	0	-0.09	0.17	-0.04	-0.06	-0.04	-0.08
11	0	0	0	0	7.54	4.95	3.29	1.37	0.66	0.03
12	0	0	0	0	-	0.11	-0.22	-0.20	-0.19	-0.05
13	0	0	0	0	3.14	0.23	-0.07	0.30	-0.15	-0.15
14	0	0	0	0	0.36	-0.41	-0.21	-0.23	-0.16	-0.10
15	0	0	0	0	0.03	-0.15	0.36	0.30	0.32	0.19
16	0	0	0	0	-0.22	-0.31	0.09	0.13	0.01	0.10
17	0	0	0	0	0.15	0.00	0.62	0.57	0.75	0.63
18	0	0	0	0	-0.43	0.02	-0.30	-0.31	-0.26	-0.17
19	0	0	0	0	-1.32	-1.33	-1.02	-0.68	-0.51	-0.41
20	0	0	0	0	-0.09	0.17	-0.03	-0.06	-0.04	-0.08
21	0	0	0	0	1.39	-0.04	-0.10	-0.06	-0.04	0.07
22	0	0	0	0	-0.16	0.32	0.20	0.18	0.31	0.37
23	0	0	0	0	-0.28	-0.56	0.39	0.09	-0.23	0.00
24	0	0	0	0	-0.14	-0.23	-0.03	-0.14	-0.01	-0.09
25	0	0	0	0	-0.09	0.17	-0.03	-0.05	-0.04	-0.08
26	0	0	0	0	0.03	-0.15	0.36	0.30	0.32	0.19
27	0	0	0	0	-0.09	0.17	-0.03	-0.06	-0.04	-0.08
28	0	0	0	0	-0.63	-0.38	-0.57	-0.59	-0.57	-0.63
29	0	0	0	0	-0.09	0.18	-0.02	-0.02	0.06	0.01
30	0	0	0	0	0.15	0.00	0.62	0.57	0.75	0.63
31	0	0	0	0	-0.26	-0.09	-0.21	-0.22	-0.17	-0.14
32	0	0	0	0	0.45	-0.27	-0.50	-0.48	-0.43	-0.39
33	0	0	0	0	-0.63	-0.38	-0.57	-0.59	-0.57	-0.63
34	0	0	0	0	-	-0.03	-0.79	-0.89	0.50	0.51
35	0	0	0	0	0.26	0.02	0.74	0.51	0.30	0.22
36	0	0	0	0	-0.16	-0.25	0.25	0.21	0.16	0.26
37										
38	0	0	0	0	0.56	0.12	-0.11	-0.22	0.17	-0.34
39	0	0	0	0	0.08	-0.26	0.90	0.38	0.21	0.36
40	0	0	0	0	0.15	0.00	0.62	0.57	0.75	0.63
41	0	0	0	0	0.37	-0.15	-0.10	0.00	-0.11	0.06
42	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
43	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-

Besvarelse nr. 15 og 27 samt 29 og 34 er påvirket af rumstøj, idet deltagere var fra samme firma og var fælles om besværet.

Afvigelser, Opgave B og C

21. sammenlignende støjmåling

Nr.	Opgave B toner fra varmepumpe							
	Δf	$f_{c,krit}$	$L_{p, tone}$	$L_{p, støj, middel}$	$L_{p, krit, bånd}$	ΔL_{is}	Kriterieværdi	Tillæg
1	0,0	1,8	0,1	12,3	0,0	0,2	0,0	0
2	-0,1	0,4	3,5	14,4	2,2	1,3	0,0	5
3	0,0	-646,2	0,1	14,4	0,0	0,2	0,0	0
4	0,2	-0,2	-0,2	12,7	0,2	-0,3	0,0	0
5	0,0	1,8	0,1	12,3	0,0	0,2	0,0	0
6	0,0	1,8	0,1	12,2	0,0	0,2	0,0	0
7	0,2	1,2	-0,2	12,4	-0,1	0,0	0,0	0
8	-2,2	0,2	7,2	9,0	-0,5	7,8	0,0	5
9	-3,0	-612,2	8,5	18,9	9,2	-0,6	0,6	0
10	0,0	1,8	0,1	12,3	0,0	0,2	0,0	0
11	-1,4	-0,3	-0,5	10,8	0,0	-0,5	0,0	0
12	0,1	23,9	-0,5	12,4	0,0	-0,4	-0,1	0
13	0,2	-0,4	0,4	12,5	0,0	0,5	0,0	0
14	11,7	23,2	25,5	38,6	20,8	4,8	-0,1	5
15	0,1	0,5	-0,2	12,6	0,2	-0,3	0,0	0
16	0,1	-0,2	-0,2	12,6	0,1	-0,3	0,0	0
17	0,0	1,8	0,1	12,3	0,0	0,2	0,0	0
18								
19	-2,0	0,0	-0,5	11,7	0,1	-0,5	0,0	0
20	0,2	0,0	0,1	12,8	0,3	-0,2	0,0	0
21	0,0	1,8	0,1	12,5	0,0	0,2	0,0	0
22	0,2	-0,4	0,2	12,4	-0,1	0,4	0,0	0
23	0,2	0,1	-0,2	12,4	-0,1	0,0	0,0	0
24	-0,5	1,8	2,5	8,0	-3,9	6,5	0,0	5
25	0,2	-0,1	0,0	12,7	0,4	-0,3	0,0	0
26	0,0	-1,2	0,0	12,2	0,0	0,1	0,0	0
27	0,1	0,5	-0,2	12,6	0,2	-0,3	0,0	0
28	0,0	22,8	0,1	12,2	0,0	0,2	-0,1	0
29	0,0	1,8	0,1	12,5	0,0	0,2	0,0	0
30	0,0	-0,2	0,1	12,4	0,1	0,1	0,0	0
31	0,0	1,8	0,1	12,3	0,0	0,2	0,0	0
32	0,2	-0,4	-0,4	12,8	0,3	-0,5	0,0	0
33	-1,4	-1,2	-0,1	12,6	0,1	-0,1	0,0	0
34	0,0	1,8	0,1	12,5	0,0	0,2	0,0	0
35	-0,1	-0,5	-0,5	11,2	-1,1	0,7	0,0	0
36	-0,8	-0,7	3,9	12,3	0,7	3,2	0,0	5
37								
38	-2,0	0,1	-0,8	11,4	-0,2	-0,6	0,0	0
39								
40	0,1	23,6	-0,2	12,4	0,1	-0,2	-0,1	0
41	-1,5	-0,2	5,2	13,6	3,0	2,3	0,0	5
42	-0,1	-20,7	1,1	13,0	0,6	0,6	0,0	0
43	0,2	21,5	-2,8	11,2	-1,2	-1,5	-0,1	0

Besvarelse nr. 15 og 27 samt 29 og 34 er parvist identiske, idet deltagerne var fra samme firma og var fælles om besværelsen.

Opgave C Støj fra vej			
L_{day}	$L_{evening}$	L_{night}	L_{den}
-0,08	-0,04	-0,09	-0,07
0,13	0,44	-0,25	-0,08
0,53	0,59	0,53	0,55
-0,08	-0,04	-0,09	-0,07
0,01	0,03	0,06	0,06
0,00	0,02	0,04	0,04
-0,08	-0,06	-0,12	-0,09
0,13	0,44	-0,25	-0,08
0,01	0,03	0,05	0,05
-0,09	-0,05	-0,10	-0,08
-0,09	-0,05	-0,10	-0,08
0,00	0,02	0,04	0,04
0,00	0,02	0,04	0,04
0,00	0,02	0,04	0,04
0,00	0,02	0,04	0,04
0,00	0,02	0,04	0,04
0,53	0,58	0,53	0,55
0,00	0,02	0,04	0,04
-0,09	-0,05	-0,10	-0,08
0,00	0,02	0,04	0,04
0,00	0,02	0,04	0,04
0,13	0,44	-0,25	-0,08
0,00	0,02	0,04	0,04
0,00	0,02	0,04	0,05
-0,36	0,25	-0,33	-0,28
0,00	0,02	0,04	0,04
0,00	0,02	0,04	0,04

Karakterer

Karakterer, Opgave A

Opgave A1		Opgave A-2 Kildestyrke for varmpumpe																																		
Målepunkter i kassemetode		Frekvens (1/3-oktaf)																																		
Nr.	A-1a	A-1b	A-1c	A-1d	10	12,5	16,5	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	Sum
1	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
2	1	5	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
3	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
4	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
5	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
6	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
7	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
8	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
9	1	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
10	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
11	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
12	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
13	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
14	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
15	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
16	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
17	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
19	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
20	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
21	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
22	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
23	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
24	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
25	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
26	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
27	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
28	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
29	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
30	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
31	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
32	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
33	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
34	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
35	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
36	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
38	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
40	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
41	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
42	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
43	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	

Besvarelse nr. 15 og 27 samt 29 og 34 er påvist identiske, idet deltagerne var fra samme firma og var tælles om besværelsen.

Karakterer, Opgave B og C

Nr.	Opgave B Toner fra varmepumpe							
	Δf	$f_{c,krit}$	$L_{p, tone}$	$L_{p, støj, middel}$	$L_{p, krit, bånd}$	ΔL_{ts}	Kriterieværdi	Tillæg
1	-	-	5	-	5	5	5	5
2	-	-	1	-	1	2	5	1
3	-	-	5	-	5	5	5	5
4	-	-	5	-	5	5	5	5
5	-	-	5	-	5	5	5	5
6	-	-	5	-	5	5	5	5
7	-	-	5	-	5	5	5	5
8	-	-	1	-	4	1	5	1
9	-	-	1	-	1	4	3	5
10	-	-	5	-	5	5	5	5
11	-	-	4	-	5	5	5	5
12	-	-	4	-	5	5	5	5
13	-	-	5	-	5	5	5	5
14	-	-	1	-	1	1	5	1
15	-	-	5	-	5	5	5	5
16	-	-	5	-	5	5	5	5
17	-	-	5	-	5	5	5	5
18	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	4	-	5	4	5	5
20	-	-	5	-	5	5	5	5
21	-	-	5	-	5	5	5	5
22	-	-	5	-	5	5	5	5
23	-	-	5	-	5	5	5	5
24	-	-	1	-	1	1	5	1
25	-	-	5	-	5	5	5	5
26	-	-	5	-	5	5	5	5
27	-	-	5	-	5	5	5	5
28	-	-	5	-	5	5	5	5
29	-	-	5	-	5	5	5	5
30	-	-	5	-	5	5	5	5
31	-	-	5	-	5	5	5	5
32	-	-	5	-	5	4	5	5
33	-	-	5	-	5	5	5	5
34	-	-	5	-	5	5	5	5
35	-	-	4	-	3	4	5	5
36	-	-	1	-	4	1	5	1
37	-	-	-	-	-	-	-	-
38	-	-	4	-	5	4	5	5
39	-	-	-	-	-	-	-	-
40	-	-	5	-	5	5	5	5
41	-	-	1	-	1	1	5	1
42	-	-	3	-	4	4	5	5
43	-	-	1	-	3	2	5	5

Besvarelse nr. 15 og 27 samt 29 og 34 er parvist identiske, idet deltagerne var fra samme firma og var fælles om besvarelsen.

Opgave C Støj fra vej			
L _{day}	L _{evening}	L _{night}	L _{den}
5	5	5	5
-	-	-	-
5	3	4	5
2	2	2	2
5	5	5	5
5	5	5	5
5	5	5	5
5	5	5	5
5	3	4	5
5	5	5	5
-	-	-	-
-	-	-	-
5	5	5	5
-	-	-	-
-	-	-	-
5	5	5	5
5	5	5	5
5	5	5	5
5	5	5	5
5	5	5	5
-	-	-	-
-	-	-	-
5	5	5	5
5	5	5	5
2	2	2	2
-	-	-	-
-	-	-	-
5	5	5	5
-	-	-	-
5	5	5	5
5	5	5	5
5	5	5	5
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
5	3	4	5
-	-	-	-
5	5	5	5
5	5	5	5
5	5	5	5
5	5	5	5
3	4	3	3
5	5	5	5
5	5	5	5