

TEKNISK NOTAT

Erfaringer fra langtidsmåling af støj fra motorvej E45

Udført for Vejdirektoratet

Sagsnr.: 120-34951

TC-101703

Side 1 af 69

Hørsholm, 15. juni 2021

Akustik, støj og vibrationer

Kvalitetssikret af

Per Finne

Udfærdiget af

Jørgen Kragh og Claus Backalarz

OVERSIGT

Titel	Erfaringer fra langtidsmåling af støj fra motorvej E45
Sagsnr.	120-34951
TC-nr.	TC-101703
Kunde	Vejdirektoratet Carsten Niebuhrs Gade 43, 5. Sal 1577 København V Tlf.: 72443333
Kontaktperson	Lene Nøhr Michelsen E-mail: lmi@vd.dk
Revisioner	Originalrapport
Testlokation	Venlighedsvej 4, 2970 Hørsholm
Vores ref.	JORK/CB/PFI/ilk

Rapporten må kun gengives i sin helhed.

Gengivelse i uddrag kræver skriftlig accept fra FORCE Technology.

Rapporten er kun gyldig med to digitale signaturer fra FORCE Technology. Rapporten forefindes som original i FORCE Technologys database og sendes som elektronisk duplikat til kunden. Den hos FORCE Technology lagrede original har forrang som dokumentation for rapportens indhold og gyldighed.

INDHOLD

1	Baggrund og formål	5
1.1	Afgrænsning	5
2	Fremgangsmåde.....	5
3	Databearbejdning	6
3.1	Ækvivalentniveauer	6
3.2	Lydfiler	6
4	Resultater.....	7
4.1	L_{den} baseret på målingerne	7
4.2	Usikkerhed på L_{den} baseret på målingerne	8
4.3	Højeste og laveste målte værdier af ækvivalentniveauet på timebasis.....	9
4.4	L_{den} beregnet efter Nord2000	10
4.5	Usikkerhed på L_{den} beregnet efter Nord2000.....	10
4.6	Lydfilernes indhold	10
5	Sammenligning af beregnet og målt L_{den}	13
6	Diskussion	13
7	Indsamlede erfaringer	15
7.1	Sammenstilling af beregnet L_{den} med L_{den} fra VVM-redegørelse	15
7.2	Øvrige erfaringer	15
8	Konklusioner	16
9	Referencer.....	17
Bilag 1	Målepositioner.....	18
Bilag 2	Måleresultater – L_{den}	21
B.2.1	Positionerne længst fra vejen.....	21
B.2.2	Positionerne tæt ved vejen	32
Bilag 3	Resultater – Lydfiler.....	41
Bilag 4	Databearbejdning og iagttagelser	52

B.4.1	Oversigt.....	52
B.4.2	Betydningen af normaliseringerne	52
B.4.3	Bidrag til $L_{Aeq,24h}$ og L_{den} fra dag-, aften og natperioderne.....	55
B.4.4	Lydens udbredelse under forskellige vejrforhold	56
B.4.5	CPX-måleresultater og korrektioner for vejbelægningens indflydelse.....	58
B.4.6	Sammenstilling af L_{den} med L_{den} i VVM-redegørelse	59
Bilag 5 Databearbejdning – Dokumentation.....		61
B.5.1	Korrektion af $L_{Aeq,1h}$ for afvigelser i kildedata fra referencesituationen	61
B.5.1.1.	Definition af trafikdata	61
B.5.1.2.	Definition af vejens og køretøjernes geometri.....	61
B.5.1.3.	Beregning af tilnærmet $L_{Aeq,1h}$ -værdi som basis for korrektionen	61
B.5.2	Overordnet databehandling og statistik.....	62
B.5.2.1.	Definitioner	62
B.5.2.2.	Organisering af kildedata, jf. Tabel 23, side 64.....	62
B.5.2.3.	Organisering af udbredelsesdata	63
B.5.2.4.	Kommentarer til beregning af de basale statistikvariable	63
B.5.2.5.	Regnearkseksempel på datastruktur	63
B.5.2.6.	Beregning af overordnet statistik	63
B.5.3	Beregning af L_{den} og S_{den}	66
B.5.3.1.	Trin 1: Beregning af $L_{Aeq,i}$ for dag-, aften- og natperioden	66
B.5.3.2.	Trin 2: Beregning af L_{den} på basis af L_{Aeq} -værdierne	66
B.5.4	Definition og af meteo-klasser og hyppighed af deres forekomst	67
Bilag 6 Mulige fejl i måleresultaterne		68

1 Baggrund og formål

Dette notat redegør for en række sammenlignende støjmålinger og -beregninger udført ved motorvej E45 i 2019. Baggrunden er, at Vejdirektoratet ofte modtager klager over støj fra trafikken på vejene, især ved udvidelse af motorveje. Klagerne handler typisk om, at støjen er beregnet og ikke direkte målt.

Vejdirektoratet har ønsket en undersøgelse af sammenhængen mellem resultater af beregninger udført efter beregningsmetoden Nord2000, som bruges ved vurdering af trafikstøj, og resultater af målinger udført ved motorveje.

Derudover har Vejdirektoratet ønsket at vide, hvilke maksimale og minimale støjniveauer der indgår i fastlæggelsen af de gennemsnitsværdier, som beregnes som grundlag for vurdering af støjbelastningen ved vejens naboer. Herunder ønskedes typiske højeste og laveste værdier fastlagt både af det gennemsnitlige støjniveau over en time og af de højeste "øjebliksværdier" af støjniveauet, når særligt støjende køretøjer passerer, og de laveste niveauer på tidspunkter med meget spredt trafik.

Notatet her gennemgår resultaterne af de udførte målinger og beregninger, dokumenterer den foretagne bearbejdning af data og opsamler erfaringer gjort i forbindelse med de gennemførte langtidsmålinger af trafikstøj.

1.1 Afgrænsning

Målingerne blev udført over to perioder for at få data fra alle vejrforhold repræsenteret: 1) omkring sommer-solhverv 20.-22. juni, og 2) i efteråret omkring efterårsjævndøgn 22.-23. september. Der burde ideelt set også have været målt omkring vintersolhverv og forårsjævndøgn, men det var ikke muligt af praktiske og ressourcemæssige grunde.

2 Fremgangsmåde

Vejdirektoratet har i samråd med Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger udvalgt repræsentative målesteder ved motorvej E45 på steder, hvor motorvejen står foran udvidelse fra fire til seks spor, og fået støjen registreret kontinuert over tidsrum på omkring to måneder dels om sommeren, dels i efteråret 2019. Disse registreringer blev udført af SWECO i positioner tæt ved vejen og i positioner ved naboejendomme mellem 125 og 200 m fra vejen.

FORCE har bearbejdet de registrerede støjniveauer og ud fra disse beregnet årsmiddelværdier af støjindikatoren L_{den} som foreskrevet i ISO 1996-2 (DS/ISO, 2017). Det er første gang denne standard er anvendt ved langtidsmålinger i Danmark.

FORCE har derudover beregnet L_{den} i de udvalgte målepositioner ved brug af beregningsmetoden Nord2000 og sammenlignet med L_{den} fastlagt ud fra måleresultaterne. Af hensyn til sammenligneligheden blev resultaterne normaliseret til en trafikal referencesituation i 2018 (den samme trafik som blev anvendt ved beregningerne i VVM-processen for vejudvidelsen). I beregningerne blev der anvendt korrektioner for vejbelægningsens egenskaber baseret på CPX-målinger¹⁾ udført med Vejdirektoratets støjtrailer, se Afsnit B.4.4 på side 56. Parallelt med langtidsmålingerne har SWECO lavet supplerende lydoptagelser i tidsrum på to timer dels om eftermiddagen, hvor trafikken er tæt, dels om natten, hvor trafikken er spredt. De indsamlede lydfiler blev leveret til FORCE, som har analyseret dem med henblik på at fastlægge, hvilke maksimale og minimale støjniveauer ("øjebliksniveauer"), som indgår i beregningen af middelværdien af støjniveauet.

¹ CPX-målemetoden er en international standardiseret metode til bestemmelse af en vejbelægnings støj-mæssige egenskaber.

3 Databearbejdning

3.1 Ækvivalentniveauer

Støjmålingernes resultater forelå fra SWECO i form af målte værdier af ækvivalentniveauet $L_{Aeq,1h}$ for hver time i tidsrum på to gange 1-2 måneder i hver måleposition, se Bilag 1. FORCE bearbejdede data som beskrevet herunder.

Resultatet for hver time blev på baggrund af vejrdata fra DMI's observationsstationer knyttet til en meteorologisk klasse som defineret i Nord2000 (se [9]) og Afsnit B.5.4 i Bilag 5, side 67. Resultaterne blev derefter sorteret efter meteorologisk klasse, jf. [4] og [9].

Resultaterne blev derudover sorteret i grupper indsamlet henholdsvis om dagen, aftenen og om natten, idet der ved beregningen af L_{den} tillægges 5 dB til resultater fra aftenperioden og 10 dB til resultater fra natperioden.

Desuden blev resultaterne normaliseret på basis af trafikdata registreret af Vejdirektoratet. For hver time blev støjniveauerne normaliseret, så de svarede til årsmiddeltrafikken i 2018. Denne normalisering var baseret på støjniveauerne målt nær ved vejen, som er hjælpestørrelser, der afspejler trafikstøjens varierende (kilde)styrke. Ved hjælp af denne normalisering af resultaterne opnås for hver times måling et estimat af støjniveauet, som det ville have været, hvis trafikken havde været som årsdøgntrafikken i stedet for den aktuelle trafik. Ved normaliseringen blev der taget hensyn til kategorien af køretøj, deres gennemsnitsfart og valg af vognbane.

Middelværdierne af de normaliserede støjniveauer for hver meteorologisk klasse blev beregnet for hhv. dag-, aften- og natperioden. Derefter blev årsmiddelværdien beregnet for hver af de tre perioder af døgnet ved at vægte bidragene fra hver meteorologisk klasse med den hyppighed, hver af vejrklasserne forekommer i løbet af det meteorologiske referenceår, jf. [1] og [2] samt Afsnit B.4.3, side 55.

Endelig blev den resulterende årsmiddelværdi af L_{den} fastlagt ved at vægte middelværdierne for hver periode af døgnet med periodens længde (dag: 12 h; aften: 3 h, nat: 9 h) og med de nævnte tillæg på hhv. 5 dB og 10 dB til niveauerne i aften- og natperioden.

På basis af måleresultaterne blev standardubestemtheden på middelværdien beregnet.

3.2 Lydfiler

FORCE analyserede de indsamlede lydoptagelser leveret af SWECO. For hver optagelse af to timers længde blev for hver 15 minutter²⁾ fastlagt hhv. ækvivalentniveauet³⁾ $L_{Aeq,15min}$, det maksimale støjniveau⁴⁾ $L_{AF-maks,15min}$ og det støjniveau $L_{A95\%,15min}$ ⁵⁾, der blev overskredet i 95 % af tiden.

Derudover blev der udskrevet en kurve, som grafisk viser variationen af støjniveauet med tiden.

De mindste forskelle mellem de højeste og de laveste "øjebliksværdier" findes i resultaterne fra dagperioden, og de største forskelle findes i resultaterne for natperioden. Forskellen mellem de højeste og laveste støjniveauer er omtrent uafhængige af vejret, hvorimod ækvivalentniveauet afhænger af den meteorologiske klasse.

²⁾ Måletidsrummet på 15 minutter blev valgt i stedet for 1 time for at få flere værdier af hhv. de højeste og laveste støjniveauer.

³⁾ Gennemsnitsværdien (på energibasis) af støjniveauerne i måletidsrummet.

⁴⁾ Den højeste "øjebliksværdi" af støjniveauet (med tidsvægtning F, svarende til menneskers lydopfattelse).

⁵⁾ Denne målestørrelse anvendes ofte til at angive typiske laveste "øjebliksværdier" af støjniveauet.

4 Resultater

4.1 L_{den} baseret på målingerne

I Bilag 2, Figur 5 – Figur 14, er resultaterne fra nabo-målepositionerne illustreret dels for måleperioden om sommeren, dels for måleperioden om efteråret. Måleresultaterne fra positionerne tæt ved vejen er vist i Figur 15 – Figur 22.

Figur 1 viser, hvordan hver af disse figurer er udformet. Den vandrette akse angiver dato og klokkeslæt. Hver af figurerne er en grafisk fremstilling af følgende registreringer for måleperioden om sommeren, dvs. omkring sommarsolhverv 20.-22. juni, eller om efteråret omkring efterårsjævndøgn 22.-23. september:

- Den sorte "bølgende" kurve viser de målte gennemsnitlige støjniveauer $L_{Aeq,1h}$ time for time.
- Den grå vandrette linje viser årsmiddelværdien af L_{den} beregnet ud fra måleresultaterne, efter normalisering for trafik- og vejforhold, dvs. den endeligt fastlagte værdi af L_{den} baseret på måleresultaterne.
- Den grønne trappefunktion angiver den meteorologiske klasse time for time, se Tabel 1 og teksten herunder.
- Den vandrette lilla linje viser årsmiddelværdien af L_{den} beregnet med Nord2000.
- Den blå vandrette linje viser L_{den} beregnet ud fra måleresultaterne uden normalisering, en hjælpestørrelse til brug for bedømmelse af betydningen af normaliseringen.
- Den vandrette røde linje viser den værdi af $L_{Aeq,1h}$, der overskrides af 5 % af samtlige værdier målt i dagperioden, $L_{Aeq,1h,5\%}$. Denne værdi er valgt som repræsenterende typisk forekommende maksimale værdier af $L_{Aeq,1h}$.
- Den vandrette grønne linje viser den værdi af $L_{Aeq,1h}$, der overskrides af 95 % af samtlige værdier målt i natperioden, $L_{Aeq,1h,95\%}$. Denne værdi er valgt som repræsenterende typisk forekommende minimale værdier af $L_{Aeq,1h}$.

Hver af de "korte bølger" vist med sort repræsenterer støjen over et døgn: høje niveauer om dagen med tæt trafik, lave niveauer om natten når trafikken er mere spredt. På en del af graferne ses også ugelange "bølger" som følge af, at trafikken er lidt mindre på lørdage og søndage end på hverdage.

Der ses også en tredje type "bølger" i de sorte kurver, bølger som hænger sammen med forskelle i vejret udtrykt ved den meteorologiske klasse (se det følgende) vist med grønt: en høj grøn værdi afspejler sig alt andet lige i en høj sort "bølgetop", en lav grøn værdi i en lav sort "bølgetop". Den meteorologiske klasse afgør, hvor "godt" lyden udbreder sig fra vejen mod målepositionen. Vindens hastighed og retningen fra vej til måleposition er væsentligst, og de kombineres i vindhastighedens komponent vinkelret på vejens retning. Også skydækket, tidspunktet på døgnet/året og dermed solhøjden samt luftens temperatur påvirker lydens udbredelse. I figurerne er den meteorologiske klasse vist for hver time som et støjniveau [dB] som angivet i Tabel 1. Denne afbildningsmåde er valgt for at gøre det muligt direkte at sammenholde den meteorologiske klasse med det målte ækvivalentniveau pr. time, men de grønne kurver viser altså vejrklasser og ikke støjniveauer.

Meteo-klasse nr.	Udbredelse – karakteristisk	Betegnelse i ISO 1996-2	Vindhastigheds-komponent	Støjniveau som viser meteo-klassen [dB]
M24	Meget gunstig	Very favourable	Stærk medvind	89
M18	Gunstig	Favourable	Svag medvind	86
M13	Neutral	Neutral	Ingen vind	83
M8	Ugunstig	Unfavourable	Modvind	80

Tabel 1 Betegnelser af og egenskaber for de meteorologiske klasser anvendt ved støjkortlægning.

Hovedresultaterne baseret på målingerne, nemlig årsmiddelværdierne af L_{den} , er resumeret i Tabel 2 sammen med den statistisk betingede usikkerhed s_{den} på L_{den} -resultaterne. Måleresultaterne fra positionerne tæt ved vejen er resumeret i Tabel 12 på side 32.

Målested	Position	L_{den} [dB]		s_{den} [dB]	
		Sommer	Efterår	Sommer	Efterår
Løsning	1-2	64,7	64,9	0,12	0,09
Skibby	2-2	(61,2) ⁶	(62,7) ⁷	0,06	0,14
Trige	3-2	60,0	62,0	0,05	0,06
	3-3	60,0	60,9	0,07	0,10
Helsted	4-2	63,3	64,3	0,05	0,08

Tabel 2 Årsmiddelværdier af støjniveauet L_{den} og tilhørende statistisk betingede standardubestemtheder s_{den} baseret på målinger udført hhv. sommer og efterår 2019.

4.2 Usikkerhed på L_{den} baseret på målingerne

Usikkerheden på målte niveauer af trafikstøj består af (systematisk) usikkerhed på 1) støjudsendelsen fra køretøjerne, 2) lydens udbredelsesforhold, 3) måleudstyret, herunder eventuelt uhensigtsmæssigt placeret målemikrofon og 4) bidrag fra uvedkommende støjkluder (baggrundsstøj). Hvert af måleresultaterne er fastlagt på grundlag af middelværdier af mange målte, uafhængige værdier af $L_{Aeq,1h}$, og dermed er usikkerheden som følge af statistiske variationer af støjudsendelse og -udbredelse lille, se Tabel 2.

Det samme måleudstyr blev anvendt ved samtlige målinger i en given mikrofonposition, og dermed må der regnes med en systematisk usikkerhed på omkring 0,5 dB fra klasse 1-måleudstyret.

Det vides ikke, i hvilken grad vejbelægningsens egenskaber under målingerne var repræsentative for deres støjmæssige årsmiddelværdi, og heller ikke om vejret på målestederne var helt det samme som registreret ved DMI's målestationer. Desuden forudsætter databearbejdningen, at normaliseringen af måleresultaterne til årssdøgntrafik er retvisende. Vejdirektorats tælleudstyr virkede ikke i alle måletidsrum. Derfor måtte FORCE i nogle tilfælde basere normaliseringen af støjniveauerne på tællerresultater fra nærliggende tællestationer. Disse faktorer medfører mulige systematiske fejl.

Endelig har støj fra uvedkommende kilder påvirket resultaterne i ukendt, men formentlig ringe omfang. Samlet vurderes disse faktorer at bidrage med ca. 0,5 dB til den systematiske usikkerhed.

Ofte ønsker man at sammenligne måleresultaterne med støjgrænser defineret som frit-felts-værdier af støjniveauet, dvs. uden påvirkning af lydrefleksioner fra bygninger og andet i nærheden af målepositionen. Hvis måleresultaterne er påvirket af reflekteret lyd, skal der korrigeres for dette. Resultaterne rapporteret her er fastlagt ved at trække 6 dB fra de målte støjniveauer, se diskussionen i Afsnit 6. Der bør ifølge (DS/ISO, 2017) knyttes en standardubestemthed på 0,4 dB til denne korrektion, dog 2,0 dB når trafikstøjen har "strejfende" indfald på facaden.

På denne baggrund vurderer FORCE, at der på hver årsmiddelværdi af L_{den} fastlagt ud fra måleresultaterne må regnes med en systematisk usikkerhed svarende til en standardubestemthed på ca. 0,8 dB og dermed et 90 % konfidensinterval på ca. 1,3 dB. I position 3-2 og delvist også position 3-3 med strejfende indfald af trafikstøjen på facaden vurderes standardubestemtheden at være ca. 2,1 dB og 90 %-konfidensintervallet dermed ca. 3,5 dB, se Afsnit 6.

⁶ Fejlbehæftet måleresultat.

⁷ Fejlbehæftet måleresultat.

4.3 Højeste og laveste målte værdier af ækvivalentniveauet på timebasis

Det er valgt i dette notat at illustrere de højeste og de laveste værdier af ækvivalentniveauet på timebasis, $L_{Aeq,1h}$, med de målte værdier, som blev overskredet i hhv. 5 % og 95 % af tiden i måleperioderne. Resultaterne er illustreret i graferne i Bilag 2 og gengivet i Tabel 10 og Tabel 11 på side 21. I Tabel 3 og Tabel 4 herunder er resultaterne resumeret. Tabellerne viser for hver af målepositionerne ved vejens naboer 5 %- og 95%-værdierne for hhv. dag-, aften- og natperioden som gennemsnit af resultaterne fra målingerne om sommeren og om efteråret. Uanset at de absolutte værdier af niveauerne målt ved Skibby må anses for at være fejlbehæftede, vurderes relationerne mellem L_{den} og percentilerne at være retvisende.

De højeste værdier af $L_{Aeq,1h}$ forekommer i dagtimerne med tæt trafik. De målte værdier af $L_{Aeq,1h}$ oversteg i 5 % af måleperioderne mellem ca. 60 dB og ca. 67 dB, afhængigt af målestedet. Disse typiske højeste værdier var mellem 2 dB højere og 1 dB lavere end L_{den} estimeret ud fra måleresultaterne. Disse forskelle er påvirket af, at der lægges hhv. 5 dB og 10 dB til værdierne af L_{Aeq} målt om aftenen og natten.

De laveste værdier af $L_{Aeq,1h}$ forekommer i nattetimerne med spredt trafik. De målte værdier af $L_{Aeq,1h}$ oversteg i 95 % af måleperioderne mellem ca. 40 dB og ca. 47 dB, afhængigt af målestedet. Disse typiske laveste værdier var mellem 15 dB og 20 dB lavere end L_{den} estimeret ud fra måleresultaterne.

Måle- sted	Position	L_{den} [dB] - målt	Typisk højeste $L_{Aeq,1h}$ (5 %) [dB] Middel			Typisk højeste $L_{Aeq,1h}$ (5 %) [dB] Middel rel. L_{den}		
		Middel	Dag	Aften	Nat	Dag	Aften	Nat
Løsning	1-2	64,8	66,5	63,6	62,1	1,7	-1,2	-2,6
Skibby	2-2	(62,0) ⁸	63,2	59,9	58,8	1,2	-2,0	-3,2
Trige	3-2	61,0	62,0	59,4	57,7	1,0	-1,6	-3,3
	3-3	60,5	59,6	56,5	57,5	-0,8	-4,0	-3,0
Helsted	4-2	63,8	65,5	61,8	60,5	1,7	-2,0	-3,3

Tabel 3 Typiske højeste værdier af $L_{Aeq,1h}$ dels absolutte værdier, dels relativt til den målte værdi af L_{den} . Forskellene er påvirket af tillæggene til støjen om aftenen og om natten.

Måle- sted	Position	L_{den} [dB] - målt	Typisk Laveste $L_{Aeq,1h}$ (95 %) [dB] Middel			Typisk laveste $L_{Aeq,1h}$ (95 %) [dB] Middel rel. L_{den}		
		Middel	Dag	Aften	Nat	Dag	Aften	Nat
Løsning	1-2	64,8	49,6	48,4	46,1	-15,1	-16,3	-18,7
Skibby	2-2	(62,0) ⁹	50,6	49,7	46,5	-11,4	-12,3	-15,4
Trige	3-2	61,0	47,6	47,1	42,7	-13,4	-13,9	-18,3
	3-3	60,5	45,3	44,0	40,1	-15,2	-16,4	-20,3
Helsted	4-2	63,8	52,5	50,7	47,1	-11,2	-13,1	-16,7

Tabel 4 Typiske laveste værdier af $L_{Aeq,1h}$ dels absolutte værdier, dels relativt til den målte værdi af L_{den} . Forskellene er påvirket af tillæggene til støjen om aftenen og om natten.

⁸ Fejlbehæftet måleresultat.

⁹ Fejlbehæftet måleresultat.

4.4 L_{den} beregnet efter Nord2000

De vandrette linjer vist med lilla farve i Figur 1 og i Figur 5 – Figur 14 viser årsmiddelværdien af L_{den} beregnet af FORCE med Nord2000. Resultaterne er resumeret i Tabel 5.

Måle-sted	Position	L_{den} [dB]
Løsning	1-2	68,8
Skibby	2-2	68,6
Trige	3-2	61,1
	3-3	63,3
Helsted	4-2	65,2

Tabel 5 Årsmiddelværdier af støjniveauet L_{den} beregnet med Nord2000.

I beregningen efter Nord2000 blev der anvendt de korrektioner ΔL_{Road} for vejbelægningens indflydelse som er vist i 0. Belægningerne var SMA 11 ved alle målesteder. De viste korrektioner blev fastlagt på grundlag af CPX-måleresultater indsamlet af Vejdirektoratet, se Afsnit B.4.5 på side 58.

Måle-sted Spor nr.	ΔL_{Road} [dB]			
	-2	-1	+1	+2
Løsning	1,0	-0,8	-1,0	1,0
Skibby	1,4	-0,7	-1,4	0,9
Trige	1,0	-0,9	-1,1	0,6
Helsted	0,6	-1,7	-2,0	0,3

Tabel 6 Korrektioner ΔL_{Road} for vejbelægningens indflydelse anvendt af FORCE ved beregningerne:
 "+" betegner nordgående, "-" sydgående.
 "1" betegner "hurtigt" spor, "2" "langsomt spor".

4.5 Usikkerhed på L_{den} beregnet efter Nord2000

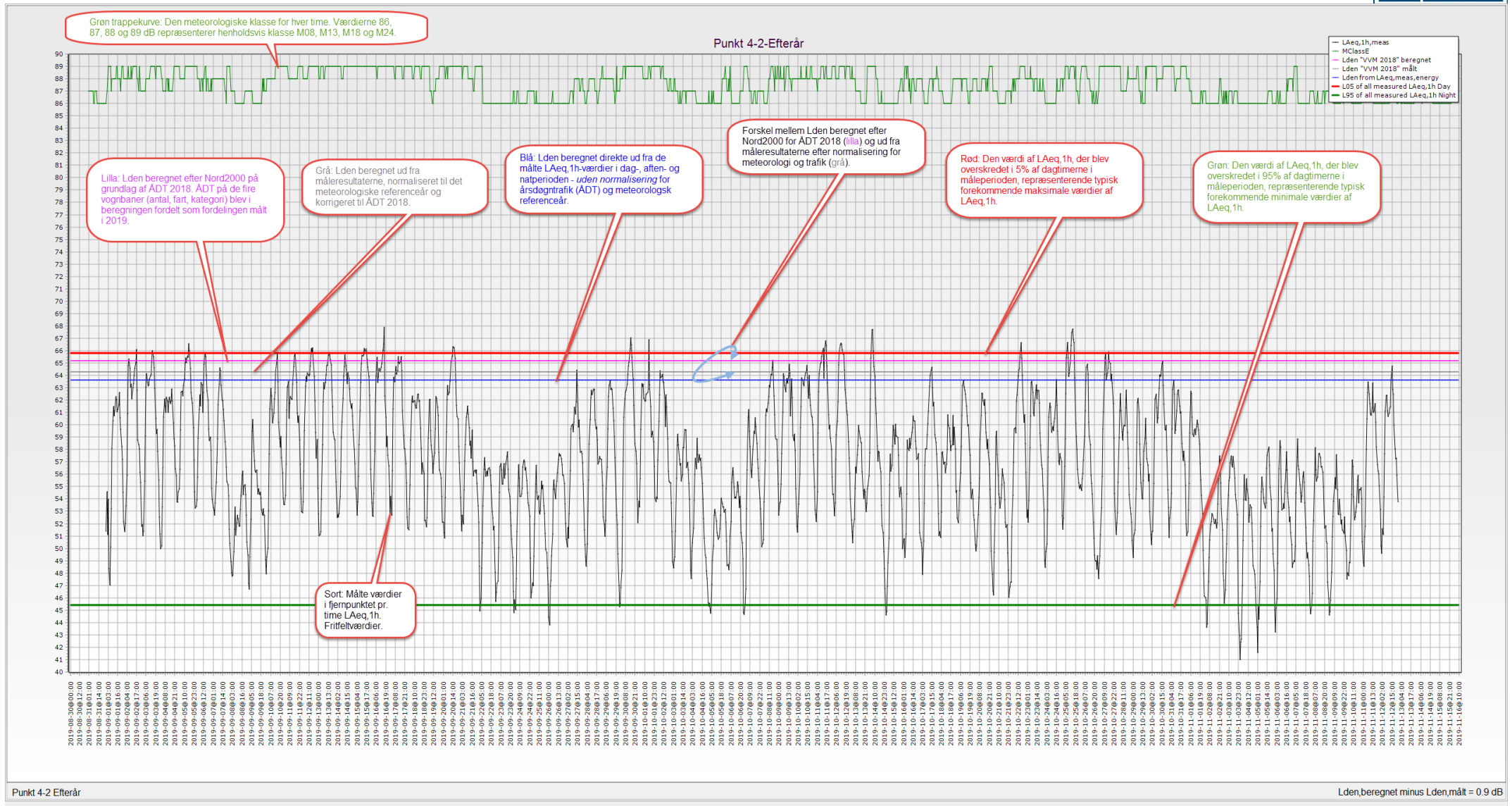
I lighed med [6] forudsættes det her, at standardubestemtheden på beregningen er 1 dB. Der er en usikkerhed hidrørende fra korrektionerne for vejbelægningernes egenskaber, som er baseret på "oversættelsen" fra CPX-måleresultater til SPB-værdier på skønsmæssigt 1 dB. Sammenlagt vurderes standardubestemtheden på niveauer fastlagt ved Nord2000-beregningerne at være 1,4 dB og den udvidede ubestemthed med 90 % konfidensgrad dermed at være 2,3 dB.

4.6 Lydfilernes indhold

Resultaterne af analyserne af lydfilerne er gengivet i Bilag 3. Nogle resultater er påvirket af uvedkommende støj som vist i figurerne i bilaget. Resultater fra disse perioder er udeladt af databehandlingen. For hvert 15 min. tidsrum uden uvedkommende støj er forskellen mellem $L_{Aeq,15\text{ min}}$ og hhv. $L_{AFmaks,15\text{ min}}$ og $L_{A95\%,15\text{ min}}$ fastlagt, både for støjen registreret om dagen (26 af i alt 40 registreringer) og for støjen registreret om natten (27 af i alt 40). Resultaterne er resumeret i Tabel 13 og Tabel 14 på side 42.

I de stærkt trafikerede perioder om dagen var ækvivalentniveauerne $L_{Aeq,15 \text{ min}}$ mellem 53 dB og 63 dB afhængigt af målestedet. De maksimalt forekommende niveauer $L_{AFmaks,15 \text{ min}}$ var typisk mellem 5 dB og 8 dB højere end ækvivalentniveauerne.

I nattetimerne var støjniveauerne betydeligt lavere og mere varierende end om dagen. Ækvivalentniveauerne $L_{Aeq,15 \text{ min}}$ var mellem 46 dB og 54 dB. De maksimalt forekommende niveauer $L_{AFmaks,15 \text{ min}}$ var typisk mellem 9 dB og 12 dB højere end ækvivalentniveauerne.



Figur 1 Illustration af visningen af måle- og beregningsresultater i Bilag 2.

5 Sammenligning af beregnet og målt L_{den}

I Tabel 7 er årsmiddelværdierne af L_{den} fastlagt på basis af hhv. måleresultater og beregninger efter Nord2000, og forskellene mellem dem er vist for hvert målested. Værdierne bestemt ud fra måleresultaterne er vist for både sommer- og efterårsmålinger, og forskellen mellem disse og Nord2000-resultaterne er vist for gennemsnittet af estimerterne baseret på de to måleperioder.

Der er god overensstemmelse mellem de to typer resultater på målested nr. 3-2 i Trige og rimeligt god overensstemmelse på målested nr. 3-3 i Trige og nr. 4 i Helsted, idet forskellene er henholdsvis 2,8 dB og 1,4 dB højere med beregnet end målt niveau.

På målested nr. 1 i Løsning gav Nord2000-beregningen et 4,0 dB højere niveau end målt, hvilket er en signifikant forskel. På målested nr. 2 i Skibby gav Nord2000-beregningen et 6,6 dB højere niveau end niveauet baseret på måleresultaterne, hvilket i høj grad er en signifikant forskel. Som omtalt i bl.a. Bilag 4 og Bilag 6 må i hvert fald en del af måleresultaterne fra Skibby anses for at være fejlbehæftede.

Målested	Position	L_{den} [dB] – målt			L_{den} – beregnet [dB]	Beregnet minus målt L_{den} [dB]
		Sommer	Efterår	Middel		
Løsning	1-2	64,7	64,9	64,8	68,8	4,0
Skibby	2-2	(61,2)	(62,7)	(62,0)	68,6	(6,6)
Trige	3-2	60,0	62,0	61,0	61,1	0,1
	3-3	60,0	60,9	60,5	63,3	2,8
Helsted	4-2	63,3	64,3	63,8	65,2	1,4

Tabel 7 Sammenstilling af årsmiddelværdier af L_{den} baseret på målinger og på Nord2000-beregninger.

6 Diskussion

I dette afsnit diskuteres udvalgte emner. Andre emner er behandlet i rapportens bilag.

Målingerne blev udført over to perioder for at få repræsentative resultater indsamlet fra alle de meteorologiske klasser, som indgår i beregningen af årsmiddelværdien af L_{den} . Der blev målt omkring sommertidspunktet og omkring efterårsjævnendøgnet. Der burde som nævnt også have været målt omkring vintertidspunktet og forårsjævnendøgnet, hvilket ikke var muligt. Det vurderes, at denne begrænsning ikke har påvirket slutresultaterne væsentligt.

Der forekom perioder med manglende data om støjniveauer, vejrforhold og trafik. Disse mangler og usikkerheder er forsøgt elimineret på forskellig måde, for eksempel ved at estimere de manglende trafikdata i område 4 i sommerperioden på grundlag af trafiktællingerne udført i område 3 i samme periode.

Der er usikkerhed om validiteten af måleresultaterne fra Skibby, se nærmere i Bilag 4 og Bilag 6. I position 2-1 nær vejen blev der i efteråret 2019 registreret tydeligt forskellige støjniveauer i forskellige dele af måleperioden, mens støjniveauerne længere væk fra vejen ikke var tydeligt forskellige. Det kan ikke afvises, at de konstaterede forskelle skyldes fejl ved måleudstyret eller kalibreringen af udstyret. Det har i forbindelse med dokumentationen af databehandlingen i nærværende notat ikke været muligt at afklare, hvorfor de målte niveauer i position 2-2 er så meget lavere end værdien af L_{den} beregnet efter Nord2000, nemlig de før omtalte 6,6 dB. Der er så meget tvivl om, at måleresultaterne fra Skibby er retvisende, at disse resultater bør ignoreres i notatets konklusioner om overensstemmelsen mellem målte og beregnede værdier af L_{den} .

Derimod vurderes det, at resultaterne er anvendelige ved bedømmelse af relative niveauer, såsom forskellen mellem de højeste værdier af $L_{Aeq,1h}$ og gennemsnitsværdien over lang tid og forskellen mellem bidragene til L_{den} fra dag-, aften- og natperioden.

Hovedformålet med målingerne var at undersøge, hvor god overensstemmelse der er mellem årsmiddelværdier af L_{den} fastlagt på basis af hhv. måleresultater og resultater fundet ved beregning efter Nord2000-metoden. Målingerne blev på samtlige målesteder udført med mikrofoner monteret på husfacader, og resultaterne blev korrigeret for virkningen af lydrefleksion fra facaden ved at trække 6 dB¹⁰⁾ fra måleresultaterne. Nord2000-beregningerne blev udført med beregningsprogrammet SoundPLAN version 8.2 (28-07-2020) som punktregninger. Ved beregningerne knyttedes beregningspunktet i SoundPLAN til husets facade, som derefter forudsættes at være totalt lydabsorberende. Dermed fjernes virkningen af refleksioner fra facaden fra beregningen, mens husets eventuelle virkning som støjskærm medregnes. Dette har især haft betydning for resultaterne i positionerne 3-2 og 3-3 i Trige, hvor mikrofonerne var placeret på facader af bygninger, som skærmede for støjen fra op mod halvdelen af motorvejen, se Figur 4 på side 20. I de nævnte positioner var forskellene mellem L_{den} -værdierne estimeret på grundlag af de målte og beregnede resultater hhv. 0,1 dB og 2,8 dB og dermed mindre end usikkerheden, der som nævnt i Afsnit 4.2 må forventes at være $\pm 3,5$ dB (90 % konfidensgrad).

På målestedet i Løsning (position 1-2) var L_{den} beregnet efter Nord2000 4,0 dB højere end værdien baseret på måleresultaterne, og resultaterne er dermed netop signifikant forskellige. Der er systematisk forskel mellem estimererne af årsmiddelværdien af L_{den} baseret på målingerne i sommer- og efterårsperioden, se Tabel 8. En mulig forklaring kunne være systematisk højere temperaturer om sommeren end om efteråret. Blandt resultaterne af EU-projektet "ROSANNE" [12] var, at ved en 10 °C højere temperatur var niveauet af støjen fra biler ca. 1 dB lavere. Den gennemsnitlige temperatur i sommerperioden var 16-17 °C, mens gennemsnittet i efterårsperioden var ca. 10 °C, og dermed kan knapt 0,7 dB af forskellene, som er på op til 2,0 dB, forklares ved forskellene i temperaturen.

Målested	L_{den} , efterår minus L_{den} , sommer [dB]
Løsning	0,2
Skibby	1,5
Trige 3-2	2,0
Trige 3-3	0,9
Helsted	1,0

Tabel 8 L_{den} estimeret ud fra efterårets måleresultater minus L_{den} estimeret ud fra sommerens måleresultater.

Vejdirektoratets målinger med CPX-trailer gav resultater, som indikerer, at korrektionen angivet i [9] for vejbelægningens indflydelse på trafikstøjen er lidt for stor. Dette kan hænge sammen med, at de (SPB-) målinger, der er gennemført ved SMA-belægninger, alene er udført for køretøjer i det "langsomme" spor, som alt andet lige er udsat for det hårdeste slid. Resultaterne tyder på, at støjniveauerne fra køretøjer i de "hurtige" spor er lidt lavere. På trods af dette var der god overensstemmelse mellem beregningsresultaterne dokumenteret i nærværende notat og resultaterne fra VVM-undersøgelserne, se Afsnit 7.1.

¹⁰⁾ Ifølge den seneste version af (DS/ISO, 2017) bør fradraget i stedet være 5,7 dB.

7 Indsamlede erfaringer

7.1 Sammenstilling af beregnet L_{den} med L_{den} fra VVM-redegørelse

I Tabel 9 er L_{den} beregnet af FORCE efter Nord2000 i forbindelse med langtidsmålingerne af støj sammenstillet med resultaterne af beregningerne udført af NIRAS/Rambøll i forbindelse med udarbejdelse af VVM-redegørelserne [13]. Beregningerne er udført under lidt forskellige forudsætninger, se Afsnit B.4.6, side 59. Alligevel er der god overensstemmelse mellem resultaterne, idet den største forskel er på 0,8 dB fra målested 4, Helsted.

Målested	Position	L_{den} [dB]		Forskel [dB]
		FORCE	NIRAS/Rambøll	
Løsning	1-2	68,8	68,9	0,1
Skibby	2-2	68,6	68,5	-0,1
Trige	3-2 ¹¹⁾	63,0	63,1	0,1
	3-3	63,3	63,7	0,4
Helsted	4-2	65,2	64,4	-0,8

Tabel 9 Årsmiddelværdier af støjniveauet L_{den} beregnet efter Nord2000 og forskelle mellem resultater fundet hhv. ved udarbejdelse af VVM-redegørelserne og i forbindelse med langtidsmålingerne rapporteret her.

7.2 Øvrige erfaringer

I forbindelse med databearbejdningen konstaterede FORCE, at der i løbet af måleperioderne forekom længere perioder, hvor der ikke blev indsamlet data om støjen og om trafikken. Det vil være hensigtsmæssigt ved fremtidige målinger at overvåge dataindsamlingen omhyggeligt og løbende kvalitetssikre de indkomende data. Daglig overvågning via internettet af ellers ikke overvågede målinger anbefales, ligesom de indsamlede data bør kvalitetssikres straks efter afslutningen af en måleserie.

Måleteknikeren placerede i forbindelse med de her dokumenterede målinger ikke mikrofonerne lige hensigtsmæssigt i alle positioner. For eksempel er det uheldigt at placere mikrofonen på en facade, så den registrerer lyden i et lydfelt, der "strejfer" facaden. Det betyder både at støjen fra en del af vejen afskærmes af bygningen, og at der bliver større usikkerhed på korrektionen for facadens reflekterende virkning.

Mikrofonen ved vejkanthen bør anbringes over vejbanens niveau gerne, 5 m eller mere over vejbanen og ikke bag et autoværn, som det ved de her omtalte målinger var tilfældet ved Trige.

I udbud af fremtidige målinger bør det nøje præciseres, hvordan mikrofonerne skal anbringes, og ansvaret for valget af målepositioner bør placeres hos en person certificeret til "Miljømåling – trafikstøj" eller hos en underskriftberettiget medarbejder ved et laboratorium, som er akkrediteret til den type målinger.

Det er vanskeligt og særdeles omkostningstungt at måle støj over lang tid, og der er risiko for, at der forekommer fejl på måleinstrumenter og på brugen af dem. Målingerne bør udføres af certificerede personer eller overvåges nøje af underskriftsberettigede medarbejdere ved akkrediterede laboratorier.

¹¹ Beregningerne er udført for en anden position end målepositionen, se Afsnit B.4.6, side 58.

8 Konklusioner

Dette notat dokumenterer resultaterne af den første serie langtidsstøjmålinger gennemført i Danmark efter den internationale standard ISO 1996-2, som blev udgivet i 2017. Standarden foreskriver blandt andet, hvordan målinger udføres, så man opnår et pålideligt estimat af årsgennemsnittet af støjniveauet.

Forskellen mellem L_{den} baseret på måling hhv. beregning efter Nord2000 var 0,1 dB og dermed ikke eksisterende i position 3-2. Også i position 3-3 og 4-2 var der rimelig overensstemmelse mellem målt og beregnet niveau, med forskelle på hhv. 2,8 og 1,4 dB. Forskellen var 4,0 dB i position 1-2. Niveauerne beregnet efter Nord2000 var alle højere end niveauerne baseret på måleresultaterne. Måleresultaterne fra position 2-2 må anses for fejlbehæftede, og det forklarer formentlig den store forskel mellem målt og beregnet niveau.

I positionerne 1-2 og 4-2 vurderes måleusikkerheden med 90 % konfidensgrad at være $\pm 1,3$ dB, mens den i position 3-2 og 3-3 vurderes at være $\pm 3,5$ dB. Den tilsvarende usikkerhed på beregningerne er $\pm 2,3$ dB. Dermed er der ikke signifikant forskel mellem L_{den} estimeret ud fra måleresultaterne og den beregnede værdi efter Nord2000 i position 3-2, 3-3 og 4-2, mens L_{den} baseret på Nord2000-beregning i position 1-2 netop er signifikant højere end L_{den} baseret på måleresultaterne.

De maksimale værdier af ækvivalentniveauet på timebasis, $L_{Aeq,1h}$, som indgår i fastlæggelsen af årsmiddelværdien af L_{den} , er typisk 1-2 dB højere end L_{den} . De forekommer i perioder med tæt trafik i dagtimerne. Tilsvarende er de minimale værdier af ækvivalentniveauet på timebasis, $L_{Aeq,1h}$, som indgår i fastlæggelsen af årsmiddelværdien af L_{den} , typisk 15-20 dB lavere end L_{den} . De forekommer i perioder med spredt trafik om natten.

Værdierne af L_{den} er helt overvejende bestemt af bidraget fra støjen om natten. Det skyldes, at der til de målte støjniveauer lægges en korrektion på +10 dB for at tage hensyn til, at støjen er særligt generende om natten.

Normaliseringen af måleresultaterne for trafikens afvigelse fra årsdøgnetrafikken og for de aktuelle vejforholds afvigelse af referencevejret ændrede de "rå" måleresultater med op til 1,4 dB. Normaliseringen for vejforholdene forøgede niveauerne med op til 1,6 dB, mens normaliseringen for trafikken var mellem nul og minus 1,6 dB.

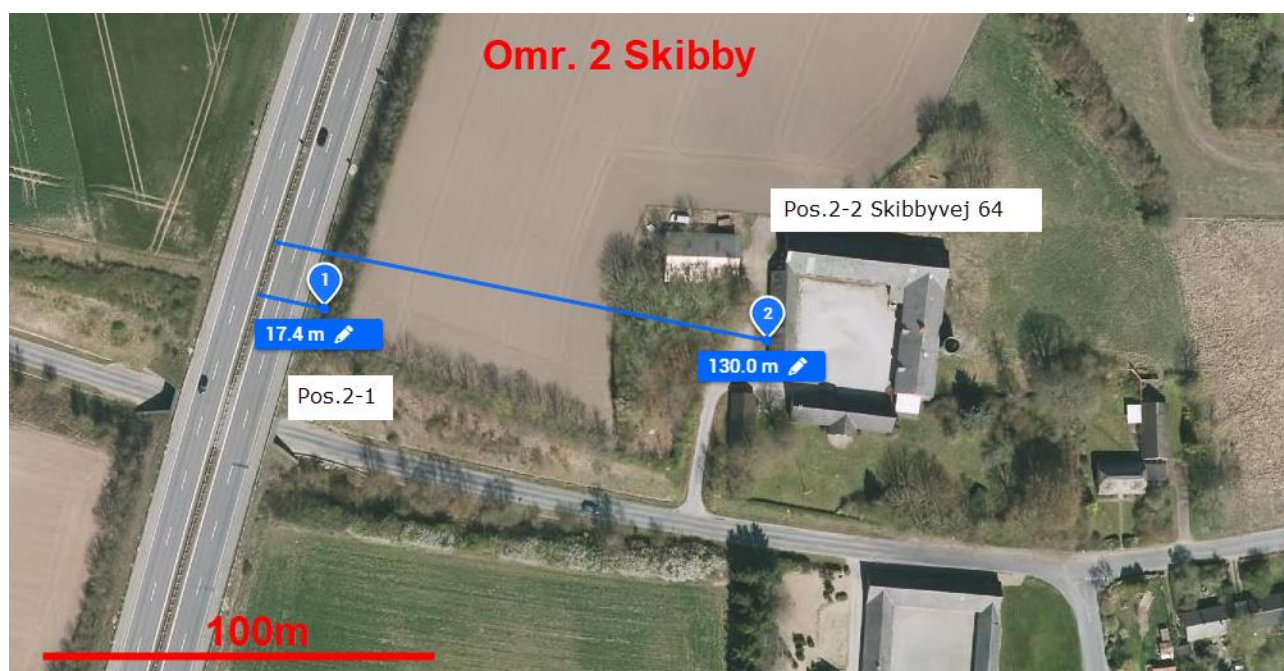
9 Referencer

- [1] (Bek. nr. 717 af 13. juni 2006). *Bekendtgørelse om kortlægning af ekstern støj og udarbejdelse af støjhandlingsplaner*. Miljøministeriet.
- [2] Supplement til Miljøstyrelsens Vejledning 4/2006 "Støj kortlægning og støjhandlingsplaner". Forenklet brug af Nord2000 beregningsmetoden i forbindelse med støj kortlægning og overordnet planlægning.
- [3] DELTA. (2006). *User's Guide Nord2000 Road*. Hørsholm, Danmark: DELTA Doc. AV 1171/06.
- [4] Eurasto, R. (2006). *Nord2000 for road traffic noise prediction. Weather classes and statistics*. Esbo, Finland: VTT Research Report No. VTT-R-02530-06.
- [5] ISO, 1.-2. (2017). *Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 2: Determination of environmental noise levels*. Geneve: ISO.
- [6] Referencelaboratoriet (2005, rev. 2008). *Usikkerhed på beregnede niveauer af ekstern støj fra virk somheder, Orientering nr. 36*.
- [7] Referencelaboratoriet. (2019). *Måleforskrift til VD-udbud – Langtidsmåling 2019 af støj fra motorveje, RL 01/19*. Hørsholm: Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for støjmålinger.
- [8] Vejdir. (2010). *VVM-redegørelse*. Skanderborg: VD.
- [9] Vejdirektoratet. (2013). *Håndbog, Nord2000, Beregning af vejstøj i Danmark. Rapport 434-2013*. Vejdirektoratet. København: Vejdirektoratet.
- [10] Vejdirektoratet. (2013). *Vejbelægning i Nord2000. Baggrundsnotat. VD Dokument 08/14637-3*. Hedehusene: Vejdirektoratet.
- [11] Vejregler. (2018). *3. G - System for dokumentation af støjreducerende slidlag*. København K: Vejregler.
- [12] Sandberg, Ulf. (2015) Temperature influence on measurements of noise properties of road surfaces and possible normalization to a reference temperature, ROSANNE Deliverable D. <https://www.rosanne-project.eu/>
- [13] Vejdirektoratet. Resumé af VVM-redegørelser. Udbygning af E45 Østjyske Motorvej. (1) Vejle-Skanderborg, (2) Aarhus S-Aarhus N og (3) Aarhus N -Randers N.

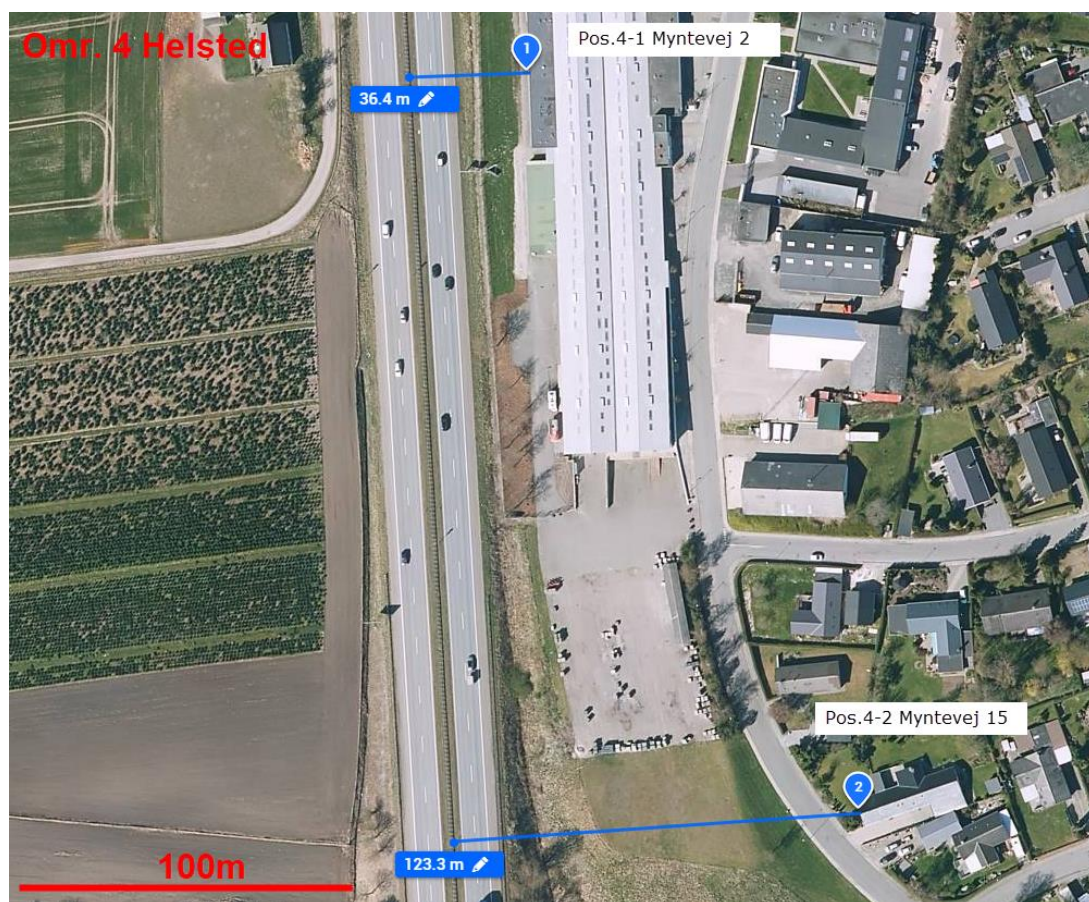
Bilag 1 Målepositioner



Figur 2 Oversigt over placeringen af målesteder og DMI-stationer.



Figur 3 Luftfotografier visende mikrofonernes placering ved målestederne i Løsning og Skibby.



Figur 4 Luftfotografier visende mikrofonernes placering ved målestederne i Trige og Helsted.

Bilag 2 Måleresultater – L_{den}

B.2.1 Positionerne længst fra vejen

Resultaterne af målingerne i "nabopositionerne" af $L_{Aeq,1h}$ er vist grafisk i Figur 5 – Figur 14, se også Afsnit 4.1 på side 7 og Tabel 10 og Tabel 11 herunder.

De højeste værdier af $L_{Aeq,1h}$ forekommer i dagtimerne med tæt trafik. De målte værdier af $L_{Aeq,1h}$ oversteg i 5% af måleperioderne mellem ca. 59 dB og ca. 67 dB, afhængigt af målestedet, se Tabel 10. Disse typiske højeste værdier var mellem 2 dB højere og 1 dB lavere end L_{den} estimeret ud fra måleresultaterne.

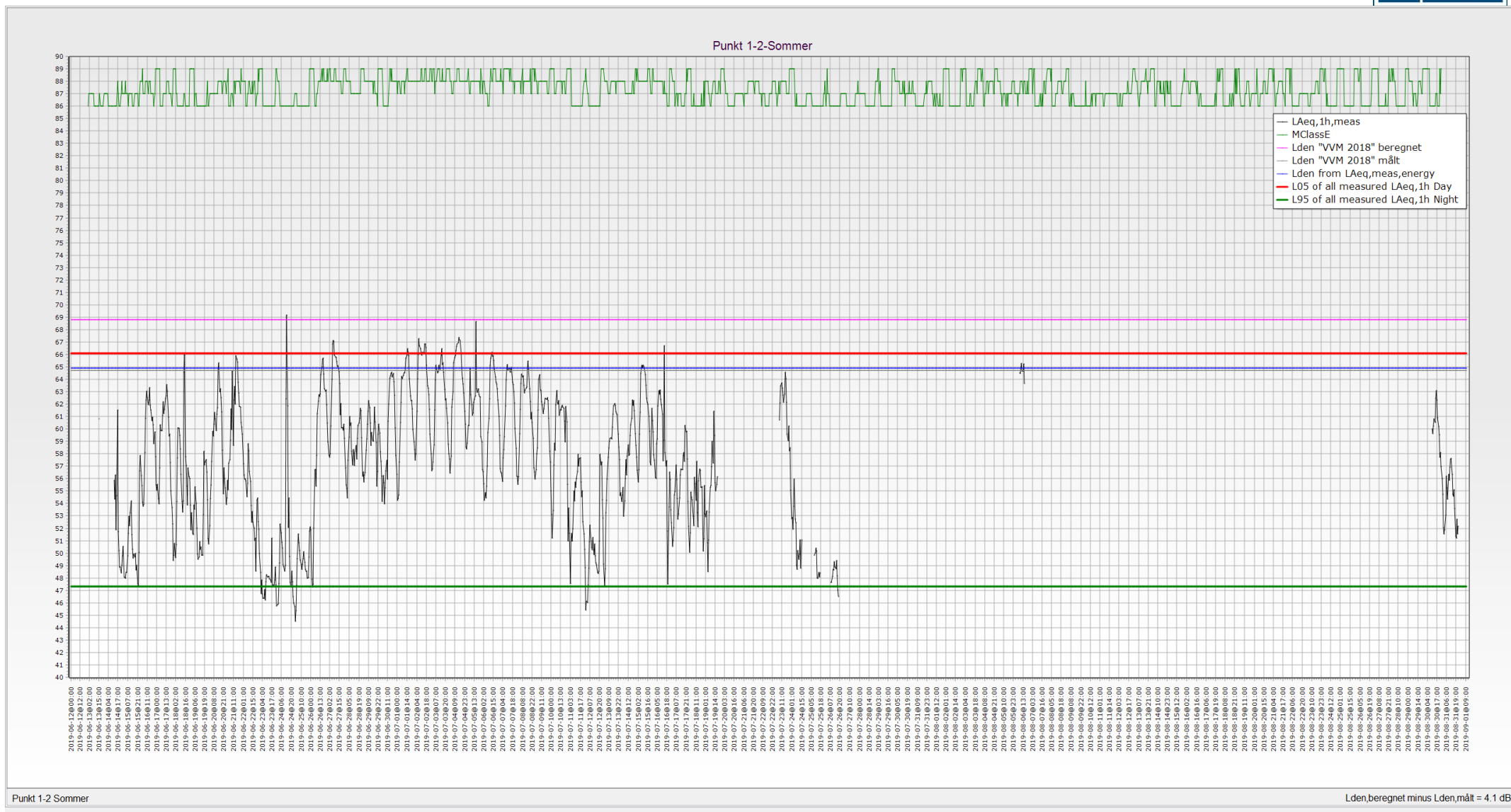
Målested	Position	L_{den} [dB] - målt			Typisk højeste $L_{Aeq,1h}$ (5 %) [dB]			Typisk højeste $L_{Aeq,1h}$ (5 %) [dB]			Typisk højeste $L_{Aeq,1h}$ (5 %) [dB]			Typisk højeste $L_{Aeq,1h}$ (5 %) [dB] Mid-		
					Sommer			Efterår			Middel			del rel. L_{den}		
		Sommer	Efterår	Middel	Dag	Aften	Nat	Dag	Aften	Nat	Dag	Aften	Nat	Dag	Aften	Nat
Løsning	1-2	64,7	64,9	64,8	66,1	63,6	61,6	66,8	63,6	62,6	66,5	63,6	62,1	1,7	-1,2	-2,6
Skibby	2-2	61,2	62,7	62,0	62,2	59,9	57,7	64,2	60,0	59,8	63,2	59,9	58,8	1,2	-2,0	-3,2
Trige	3-2	60,0	62,0	61,0	61,1	59,0	56,8	63,0	59,9	58,6	62,0	59,4	57,7	1,0	-1,6	-3,3
	3-3	60,0	60,9	60,5	58,9	55,8	56,9	60,3	57,2	58,0	59,6	56,5	57,5	-0,8	-4,0	-3,0
Helsted	4-2	63,3	64,3	63,8	65,1	61,9	59,9	65,8	61,8	61,1	65,5	61,8	60,5	1,7	-2,0	-3,3

Tabel 10 Typiske højeste værdier af $L_{Aeq,1h}$, dels absolutte værdier, dels relativt til værdien af L_{den} estimeret ud fra måleresultaterne

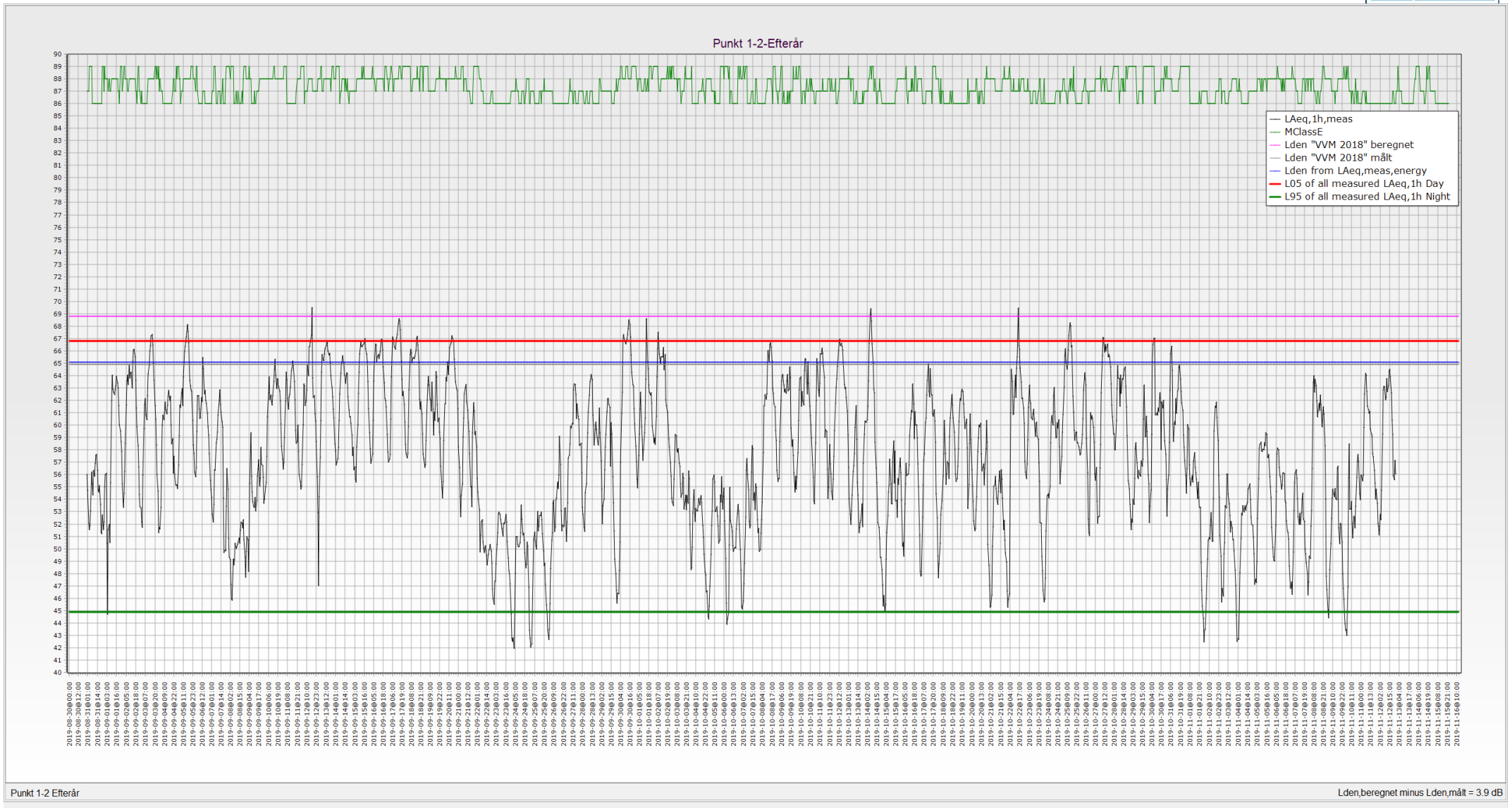
De laveste værdier af $L_{Aeq,1h}$ forekommer i nattetimerne med spredt trafik. De målte værdier af $L_{Aeq,1h}$ oversteg i 95% af måleperioderne mellem ca. 40 dB og ca. 49 dB, afhængigt af målestedet, se Tabel 11. Disse typiske laveste værdier var mellem 15 dB og 20 dB lavere end L_{den} estimeret ud fra måleresultaterne.

Målested	Position	L_{den} [dB] - målt			Typisk laveste $L_{Aeq,1h}$ (95 %) [dB]			Typisk laveste $L_{Aeq,1h}$ (95 %) [dB]			Typisk Laveste $L_{Aeq,1h}$ (95 %) [dB]			Typisk laveste $L_{Aeq,1h}$ (95 %) [dB] Mid-		
					Sommer			Efterår			Middel			del rel. L_{den}		
		Sommer	Efterår	Middel	Dag	Aften	Nat	Dag	Aften	Nat	Dag	Aften	Nat	Dag	Aften	Nat
Løsning	1-2	64,7	64,9	64,8	48,6	47,6	47,3	50,7	49,3	44,9	49,6	48,4	46,1	-15,1	-16,3	-18,7
Skibby	2-2	61,2	62,7	62,0	49,3	48,8	47,5	51,9	50,7	45,6	50,6	49,7	46,5	-11,4	-12,3	-15,4
Trige	3-2	60,0	62,0	61,0	46,0	46,8	43,2	49,2	47,4	42,2	47,6	47,1	42,7	-13,4	-13,9	-18,3
	3-3	60,0	60,9	60,5	44,3	42,8	40,3	46,3	45,3	39,9	45,3	44,0	40,1	-15,2	-16,4	-20,3
Helsted	4-2	63,3	64,3	63,8	52,3	51,5	48,7	52,8	49,9	45,5	52,5	50,7	47,1	-11,2	-13,1	-16,7

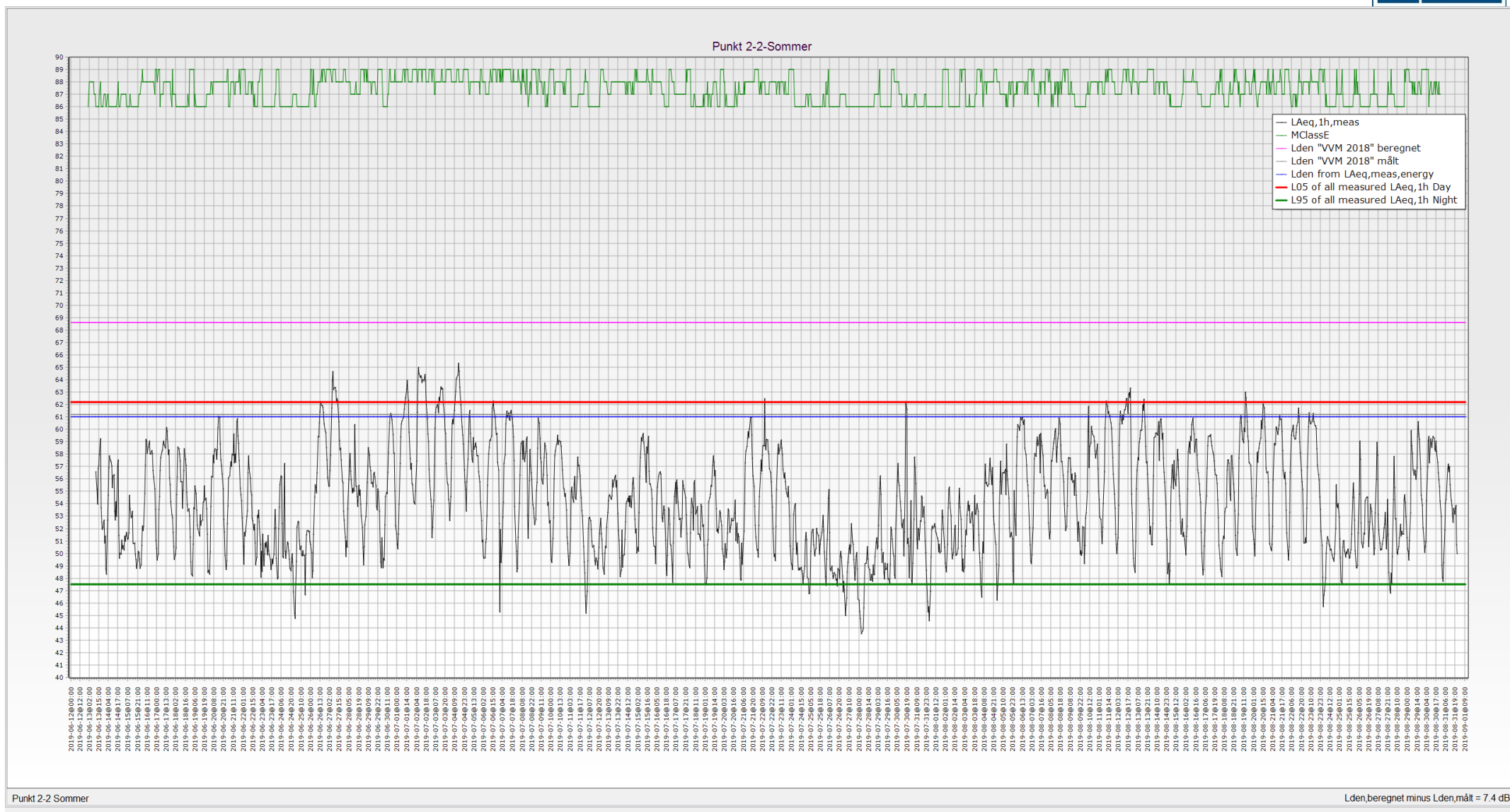
Tabel 11 Typiske laveste værdier af $L_{Aeq,1h}$, dels absolutte værdier, dels relativt til værdien af L_{den} estimeret ud fra måleresultaterne.



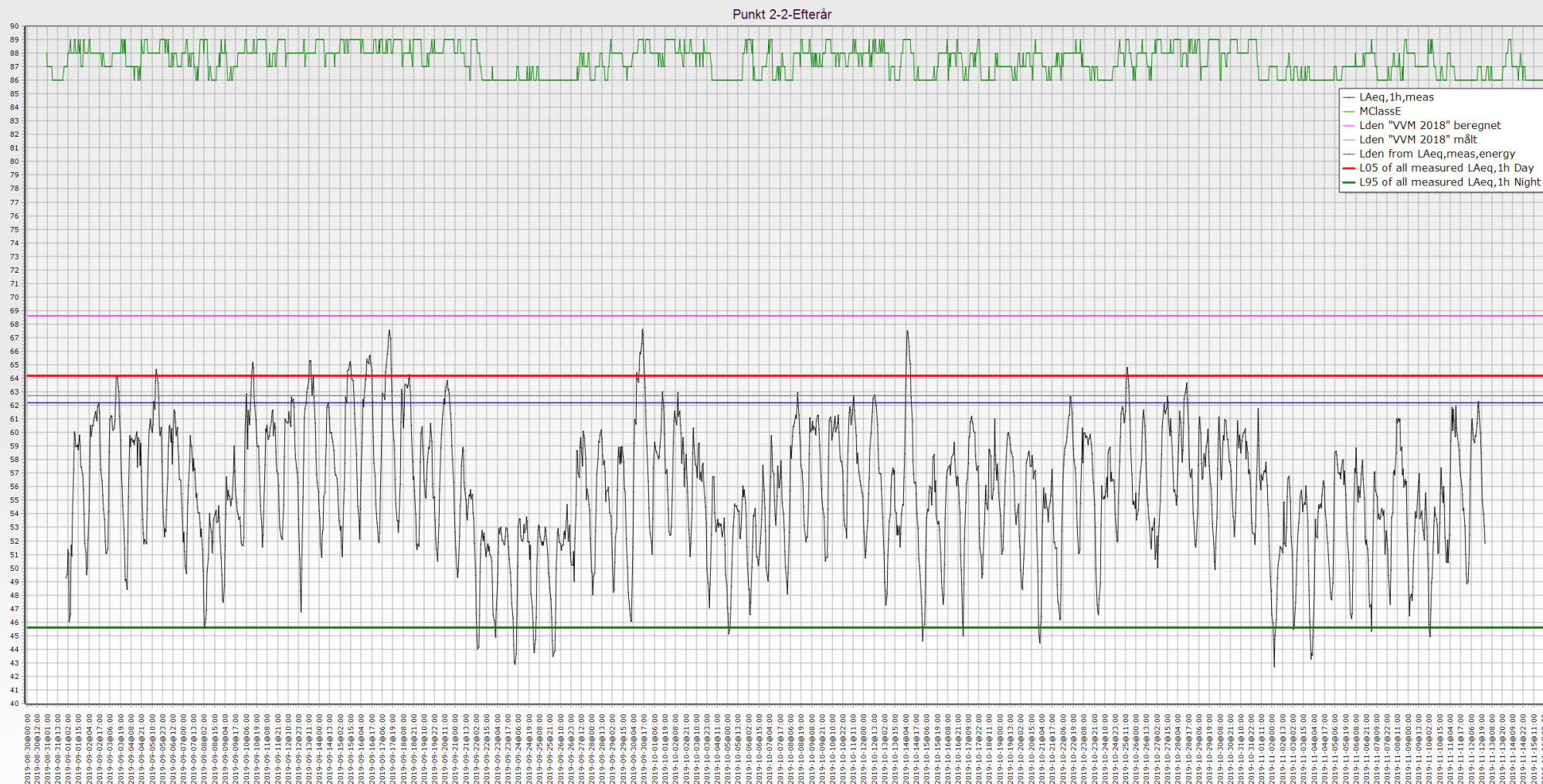
Figur 5 Illustration af måleresultater fra målested nr. 1, Løsning – Pos. 1-2 Sommer.



Figur 6 Illustration af måleresultater fra målested nr. 1, Løsning – Pos. 1-2 Efterår.



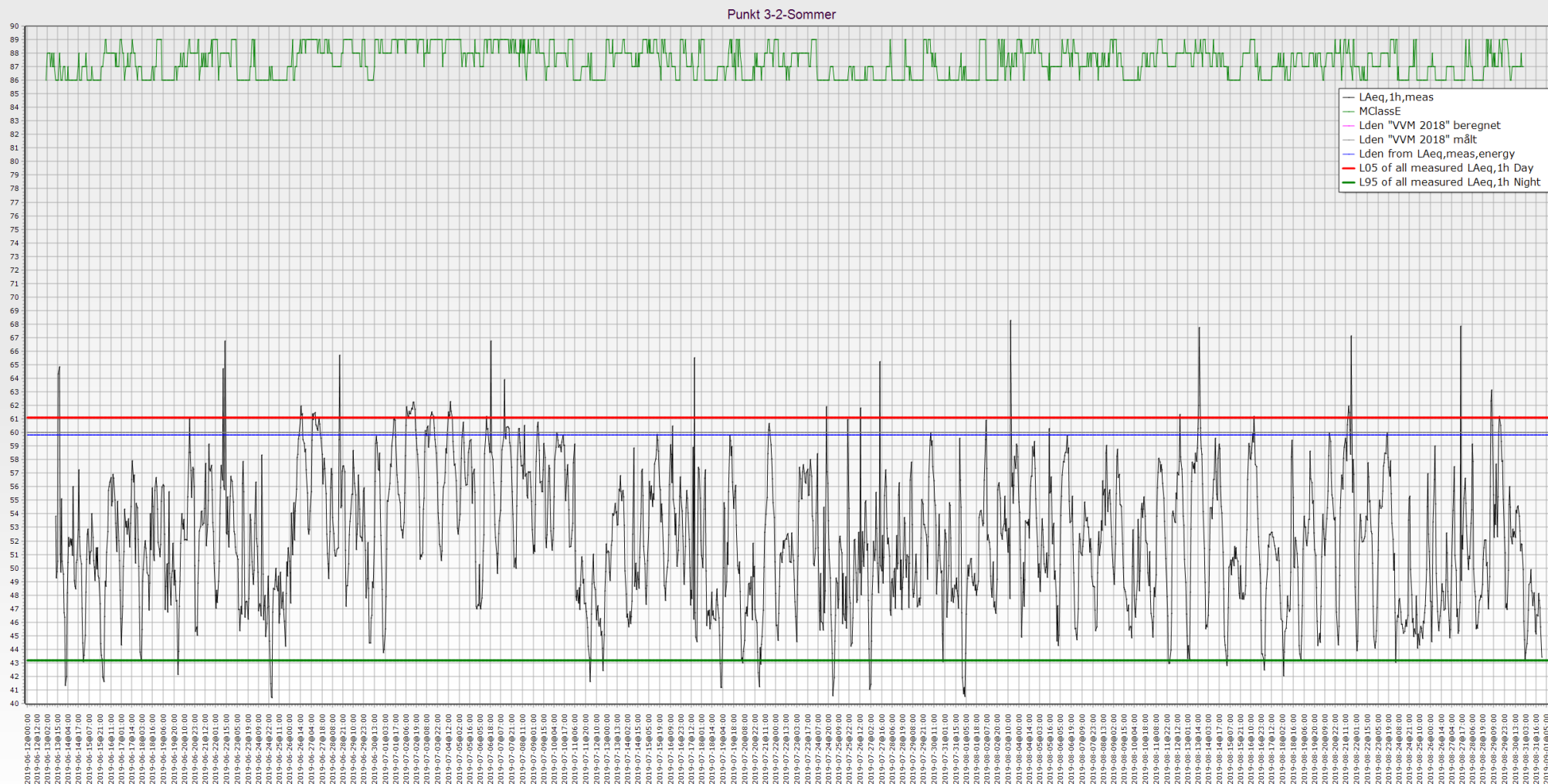
Figur 7 Illustration af måleresultater fra målested nr. 2, Skibby, Pos. 2-2 Sommer.



Punkt 2-2 Efterår. OBS: Antagelig pga. fejl i mikrofon 2-1 falder LAeq,1h ca. 8 dB efter 17-9-2019 kl. 21.

Lden,beregnet minus Lden,målt = 5,9 dB

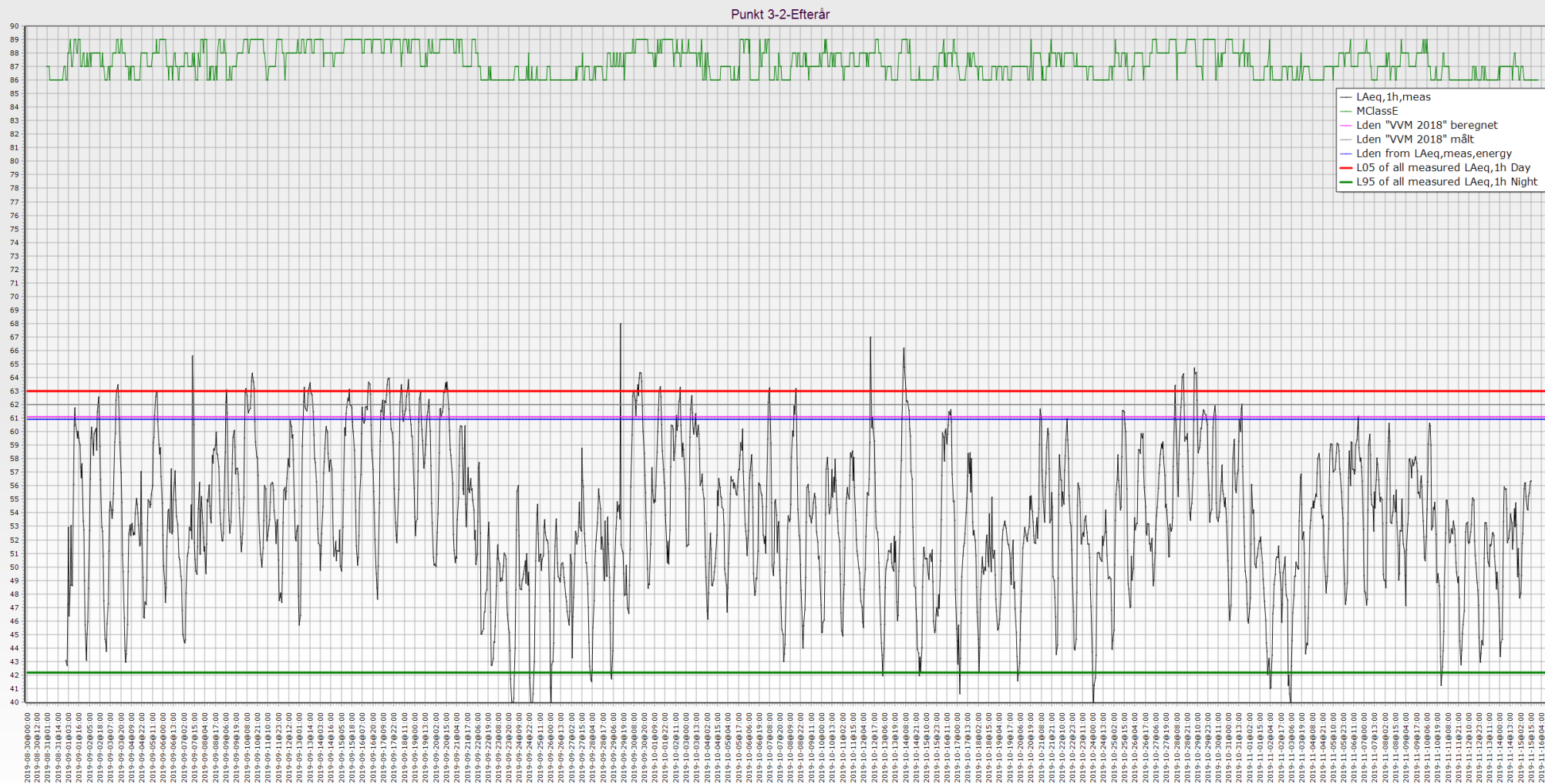
Figur 8 Illustration af måleresultater fra målested nr. 2, Skibby, Pos. 2-2 Efterår.



Punkt 3-2 Sommer. Lilla Lden, beregnet er skåret af rød L5.

Lden, beregnet minus Lden, målt = 1.1 dB

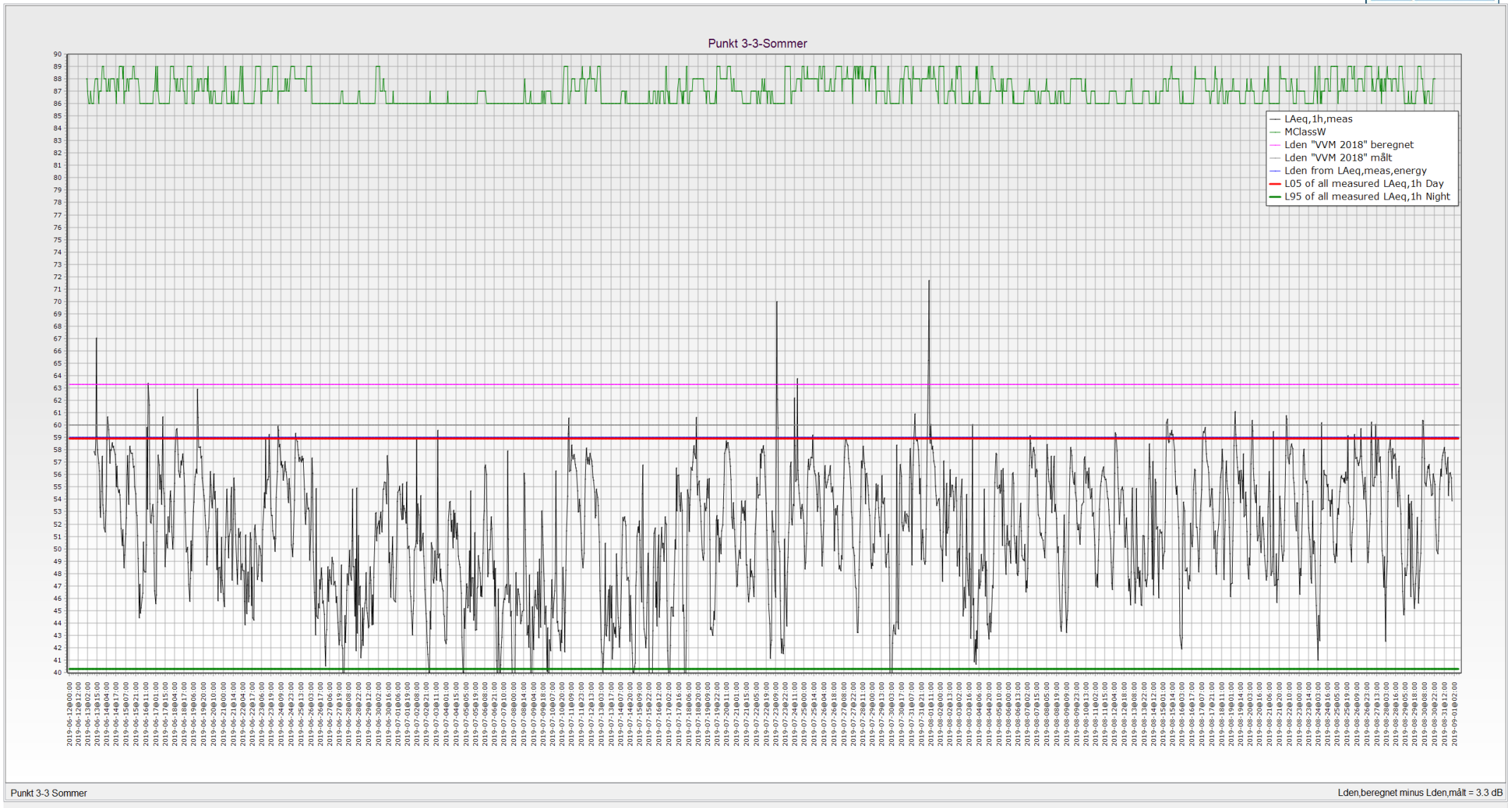
Figur 9 Illustration af måleresultater fra målested nr. 3, Trige, Pos. 3-2 Sommer.



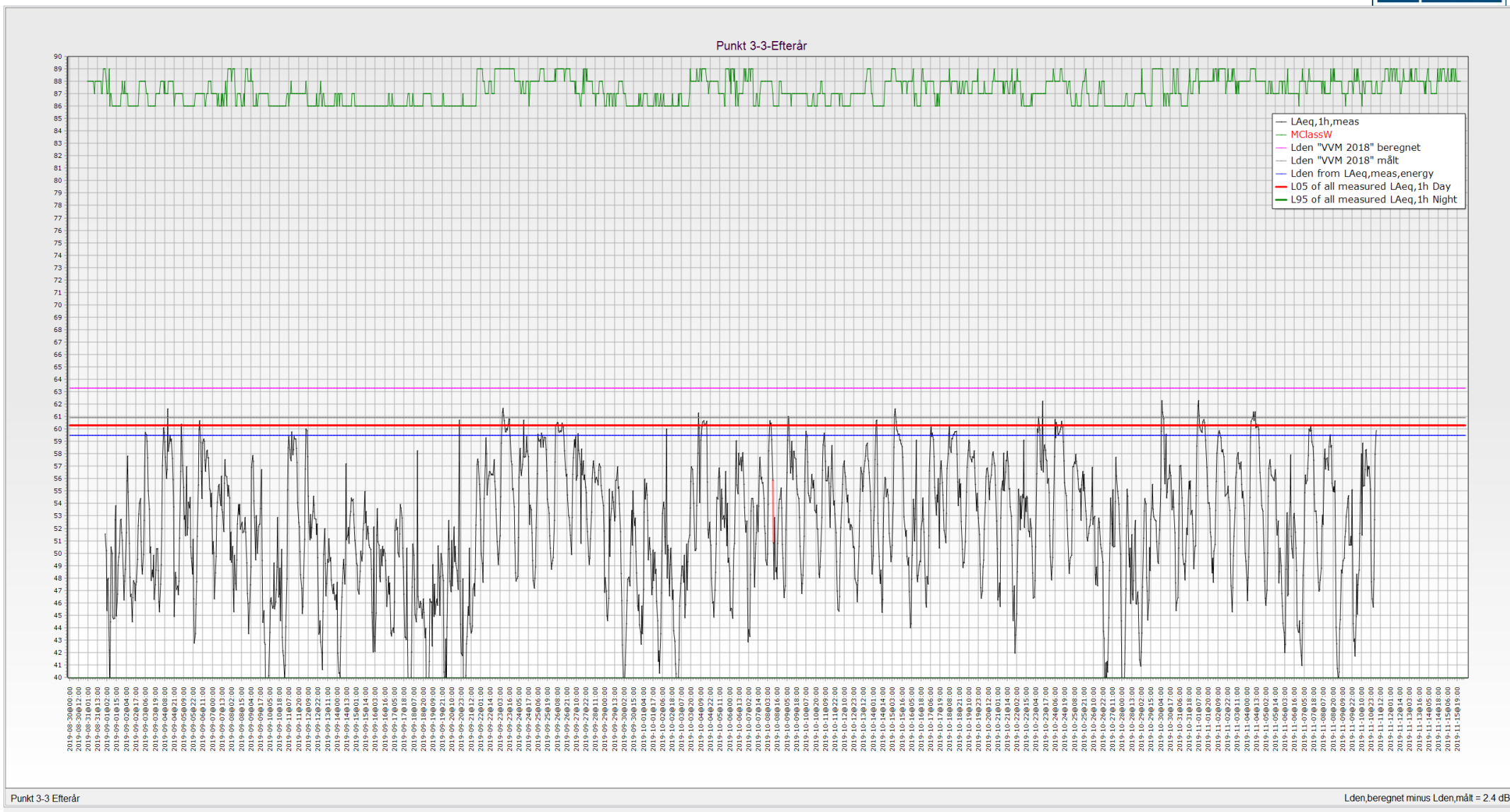
Punkt 3-2 Efterår

Lden,beregnet minus Lden,målt = -0.9 dB

Figur 10 Illustration af måleresultater fra målested nr. 3, Trige, Pos. 3-2 Efterår.



Figur 11 Illustration af måleresultater fra målested nr. 3, Trige, Pos. 3-3 Sommer.



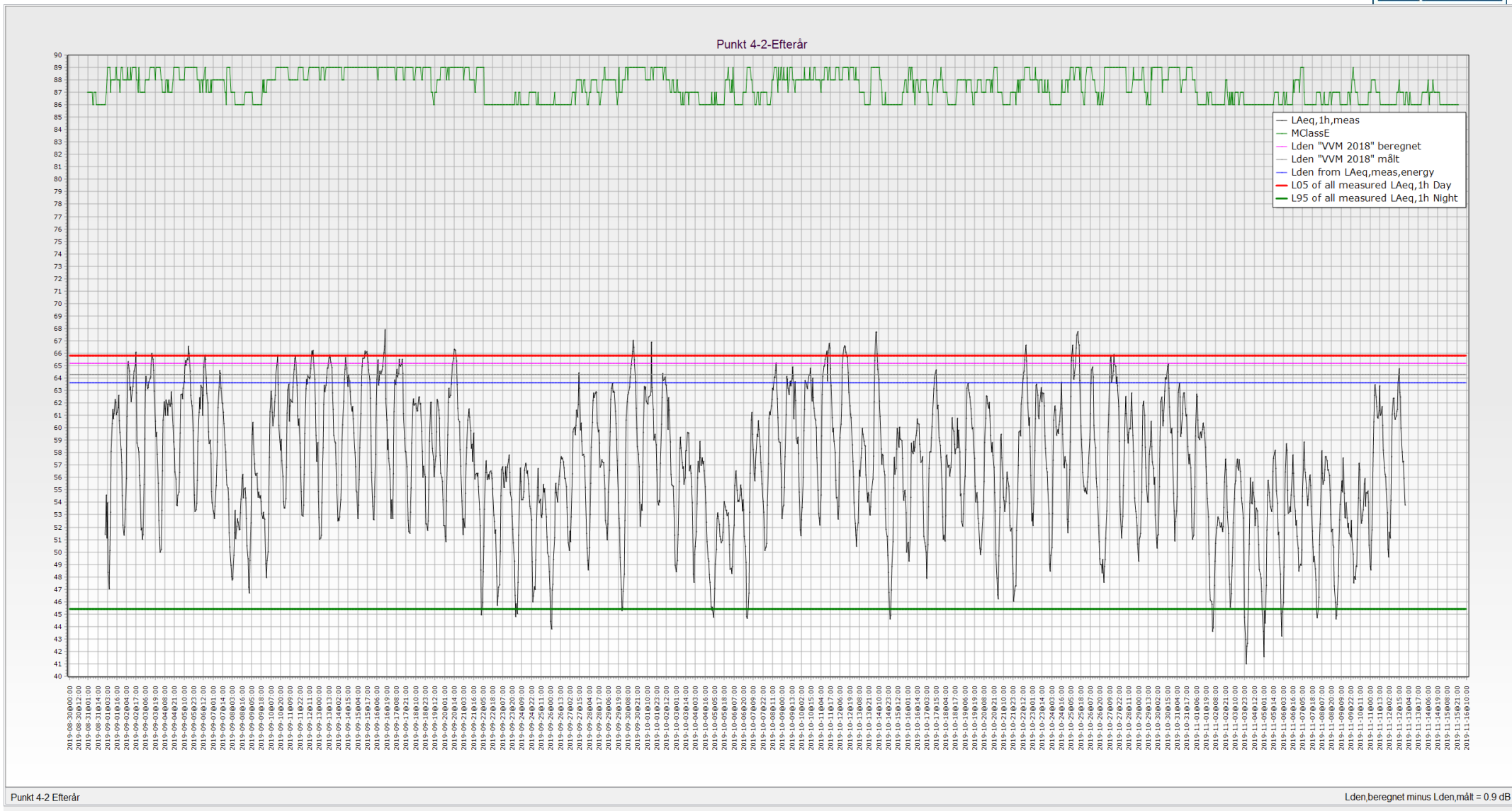
Figur 12 Illustration af måleresultater fra målested nr. 3, Trige, Pos. 3-3 Efterår.



Punkt 4:2 Sommer OBS: Trafikdata er omregnede data fra område 3 sommer

Lden,beregnet minus Lden,målt = 1.9 dB

Figur 13 Illustration af måleresultater fra målested nr. 4, Helsted, Pos. 4-2 Sommer.



Figur 14 Illustration af måleresultater fra målested nr. 4, Helsted, Pos. 4-2 Efterår.

B.2.2 Positionerne tæt ved vejen

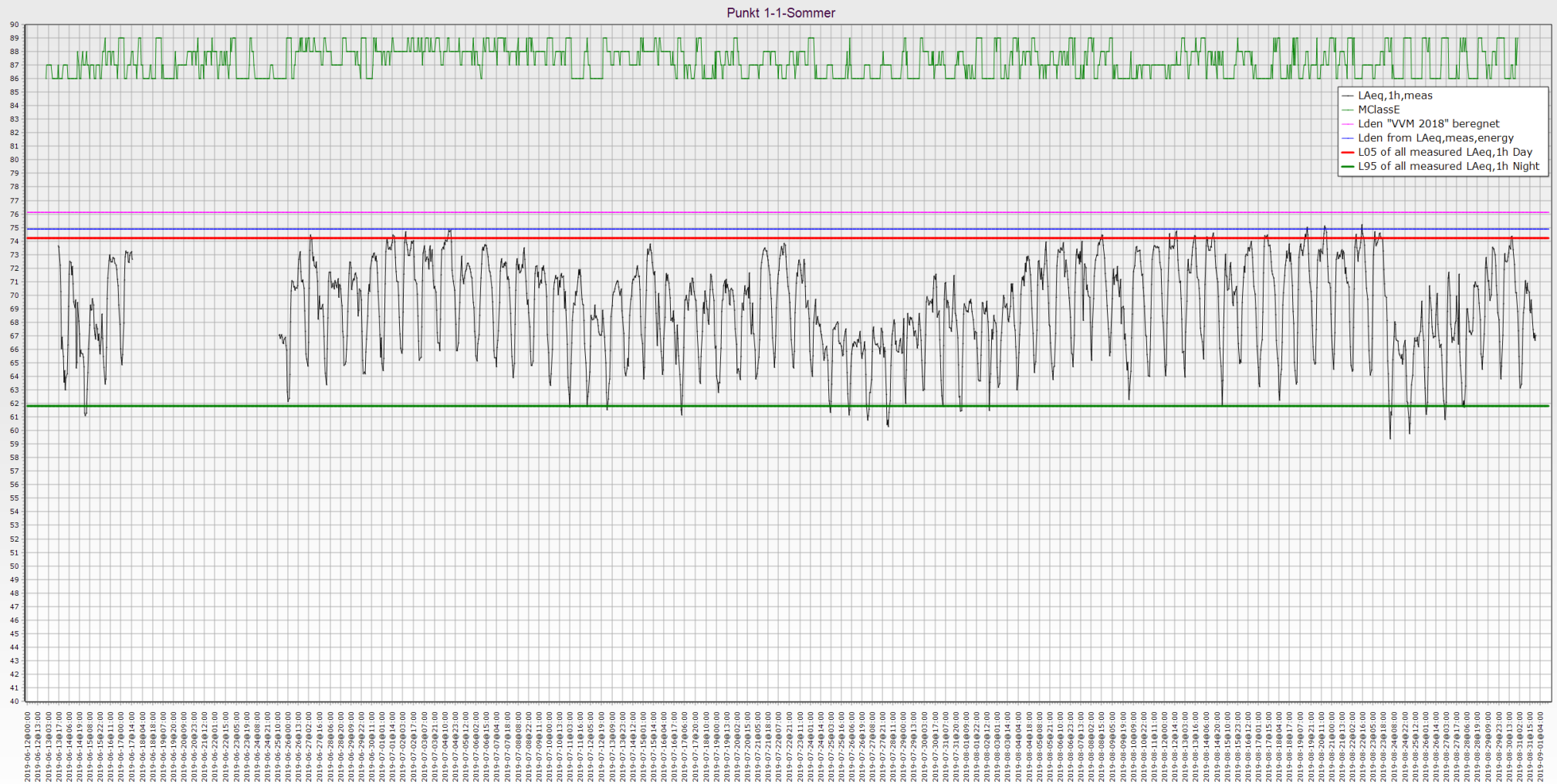
I Tabel 12 er måleresultaterne fra positionerne tæt ved vejen resumeret i form af værdierne af L_{den} beregnet ud fra de "rå" måleresultater, dvs. uden normalisering for trafik- eller vejforhold. Resultaterne fra hhv. sommer- og efterårsperioden er ens indenfor 1 dB, med de højeste niveauer målt om efteråret, bortset fra i position 2-1 ved Skibby, hvor resultatet fra sommerperioden er næsten 5 dB højere end resultatet fra efteråret. Dette indikerer, at i hvert fald nogle af resultaterne fra dette målested er fejlbehæftede som omtalt i bl.a. Afsnit B.4.4 i Bilag 4, side 56, og i Bilag 6, side 68.

Måle- sted	Position	L_{den} [dB] – målt		Middel [dB]	Sommer minus efterår [dB]
		Sommer	Efterår		
Løsning	1-1	74,9	75,7	75,3	-0,8
Skibby	2-1 ¹²⁾	84,2	79,5	81,9	4,7
Trige	3-1	75,6	76,5	76,1	-0,9
Helsted	4-1	73,2	73,7	73,5	-0,5

Tabel 12 L_{den} beregnet ud fra værdierne af $L_{Aeq,1h}$ målt tæt ved vejkanten, uden normalisering for trafik eller vejforhold.

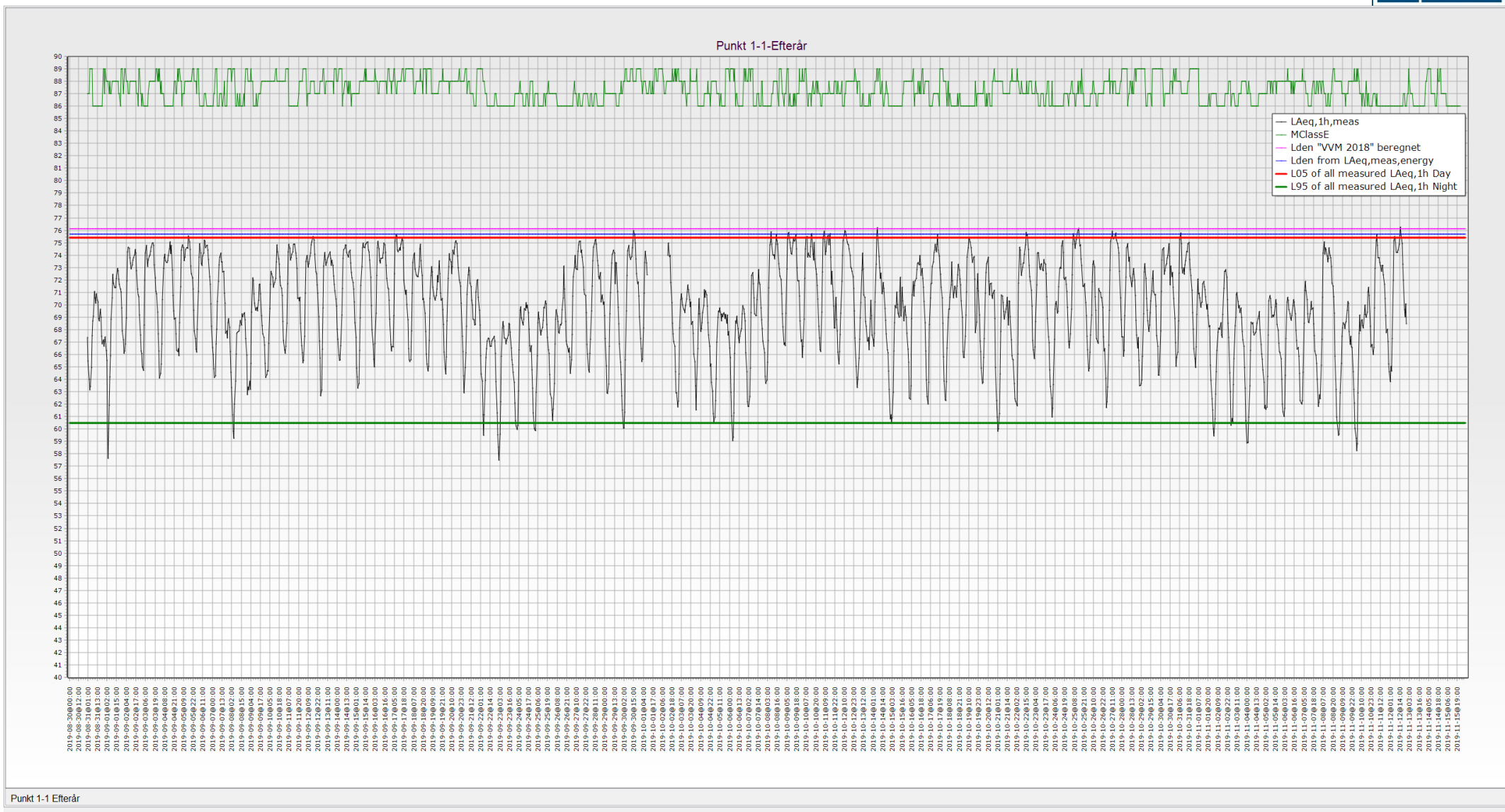
Graferne i Figur 15 – Figur 22 viser resultaterne fra målingerne tæt på vejen på samme måde som resultaterne i Figur 5 – Figur 14 fra positionerne længere fra vejen. Disse resultater er brugt som hjælp ved normalisering af resultaterne i forbindelse med databearbejdningen.

¹² Indeholder formentlig fejlbehæftede data, jf. Afsnit B.4.4 i Bilag 4, side 56, og Bilag 6 på side 68.

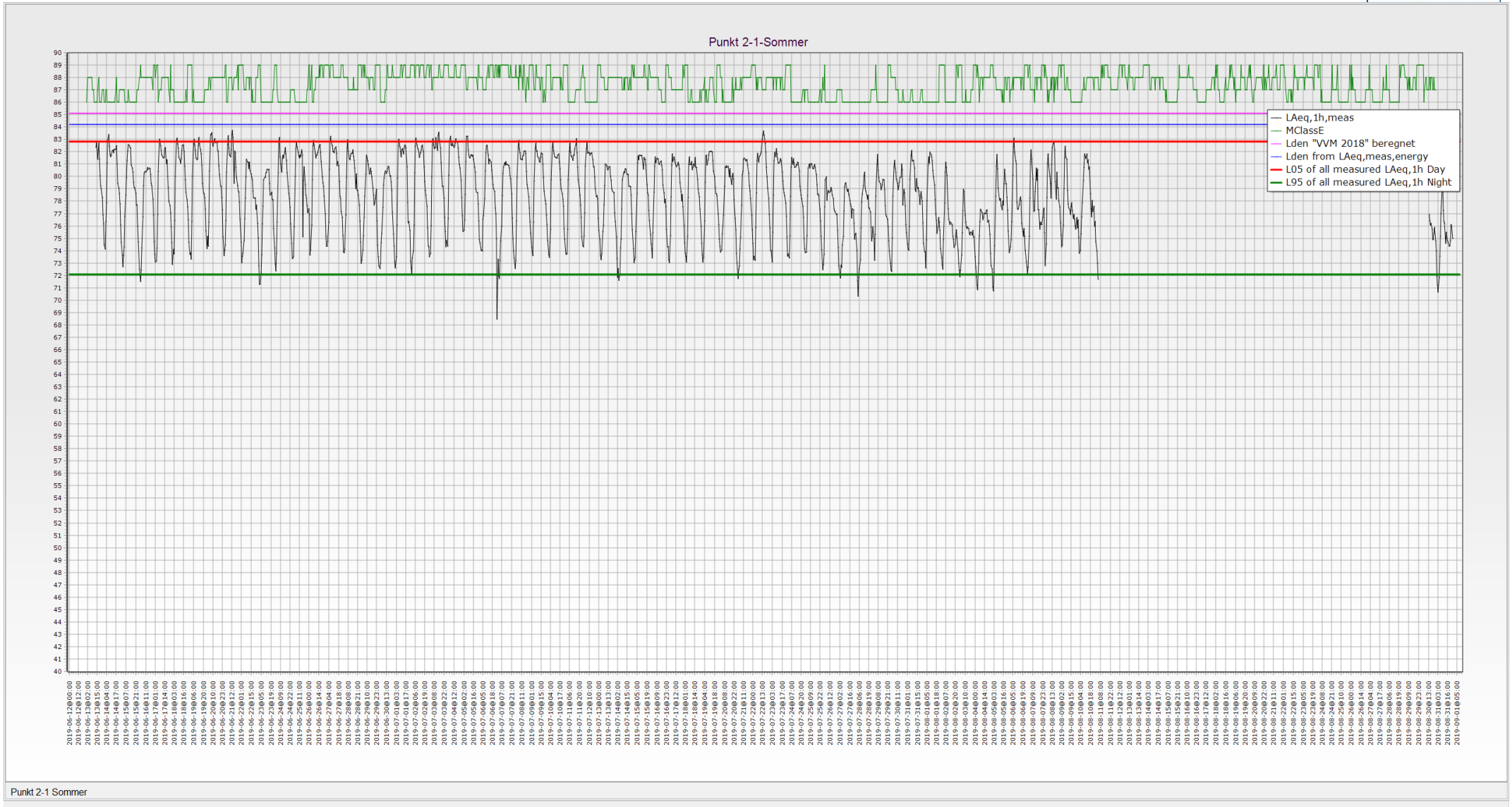


Punkt 1-1 Sommer

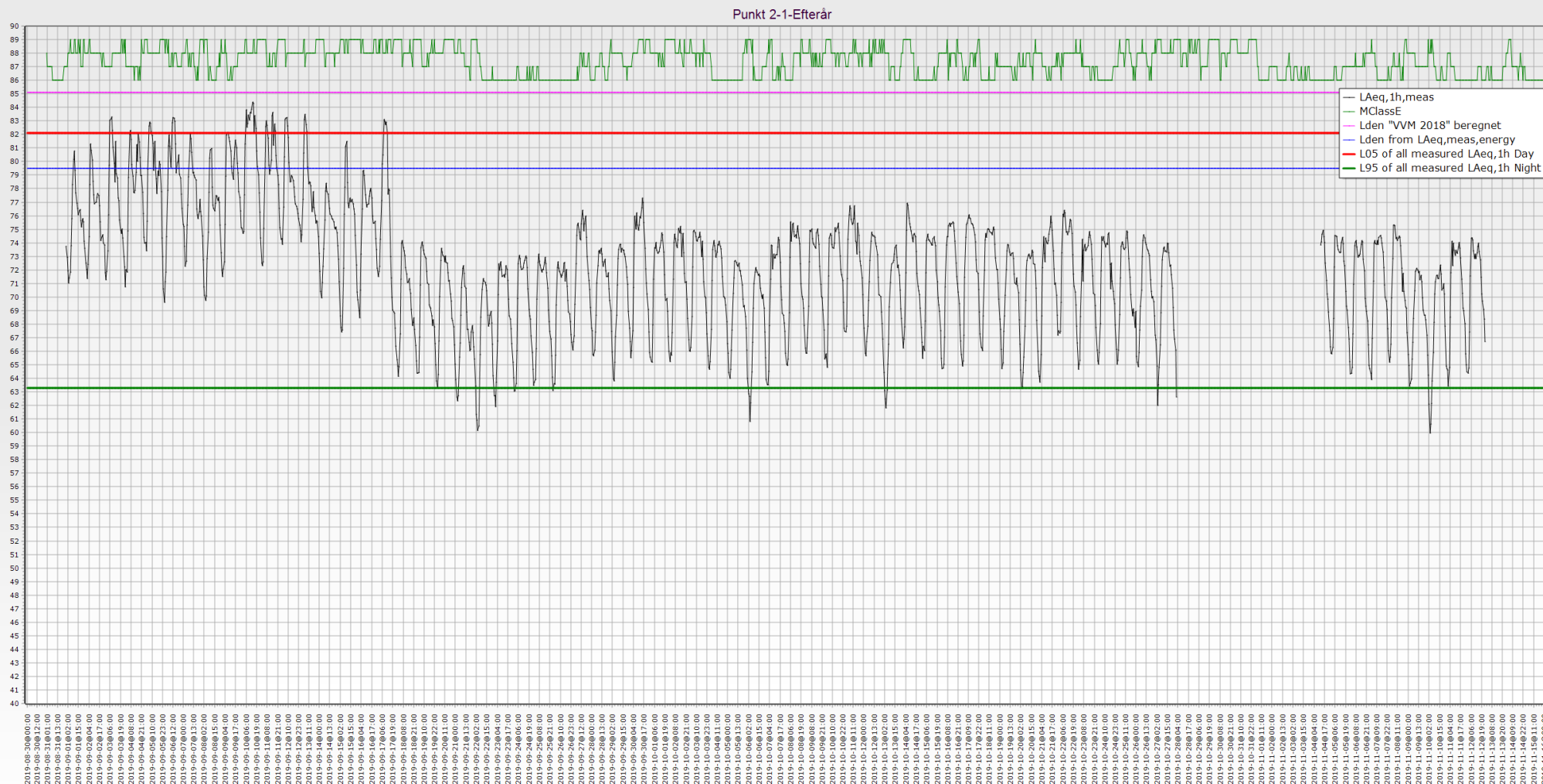
Figur 15 Illustration af måleresultater fra målested nr. 1, Løsning, Pos 1-1 Sommer.



Figur 16 Illustration af måleresultater fra målested nr. 1, Løsning, Pos 1-1 Efterår.

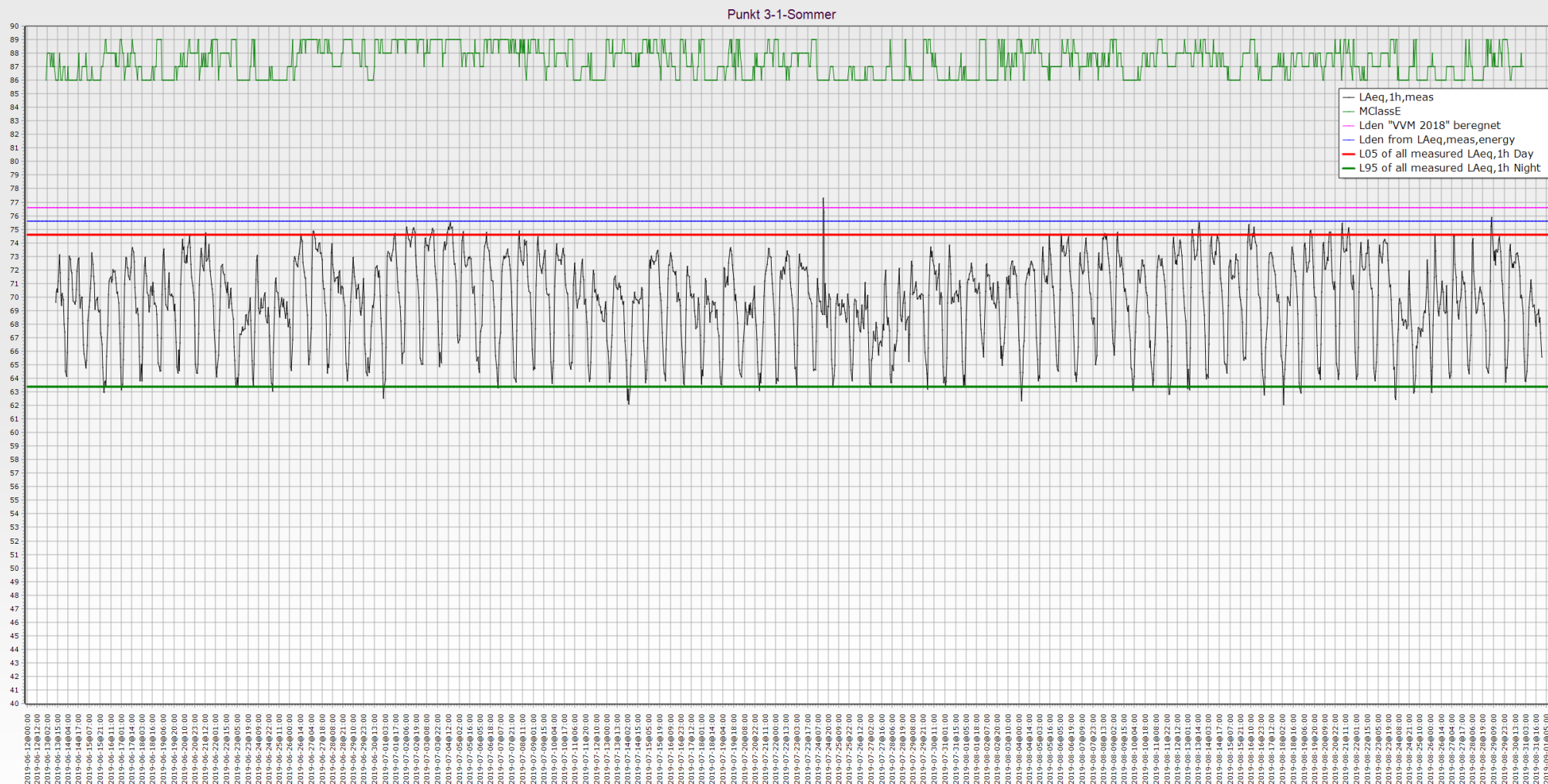


Figur 17 Illustration af måleresultater fra målested nr. 2, Skibby, Pos 2-1 Sommer.



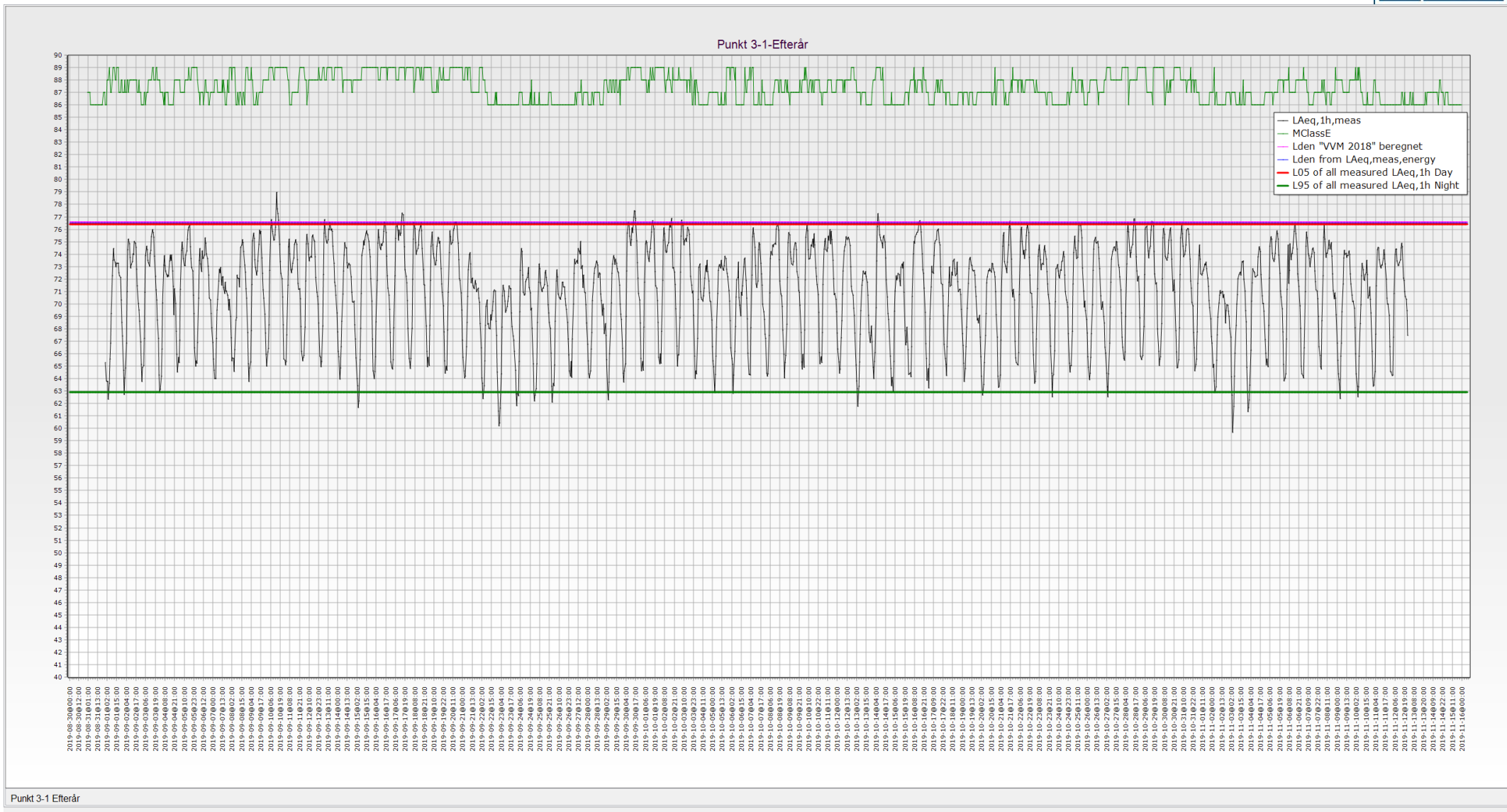
Punkt 2-1 Efterår. OBS: Antagelig pga. fejl i mikrofon 2-1 falder L Aeq,1h ca. 8 dB efter 17-9-2019 kl. 21.

Figur 18 Illustration af måleresultater fra målested nr. 2, Skibby, Pos 2-1 Efterår.

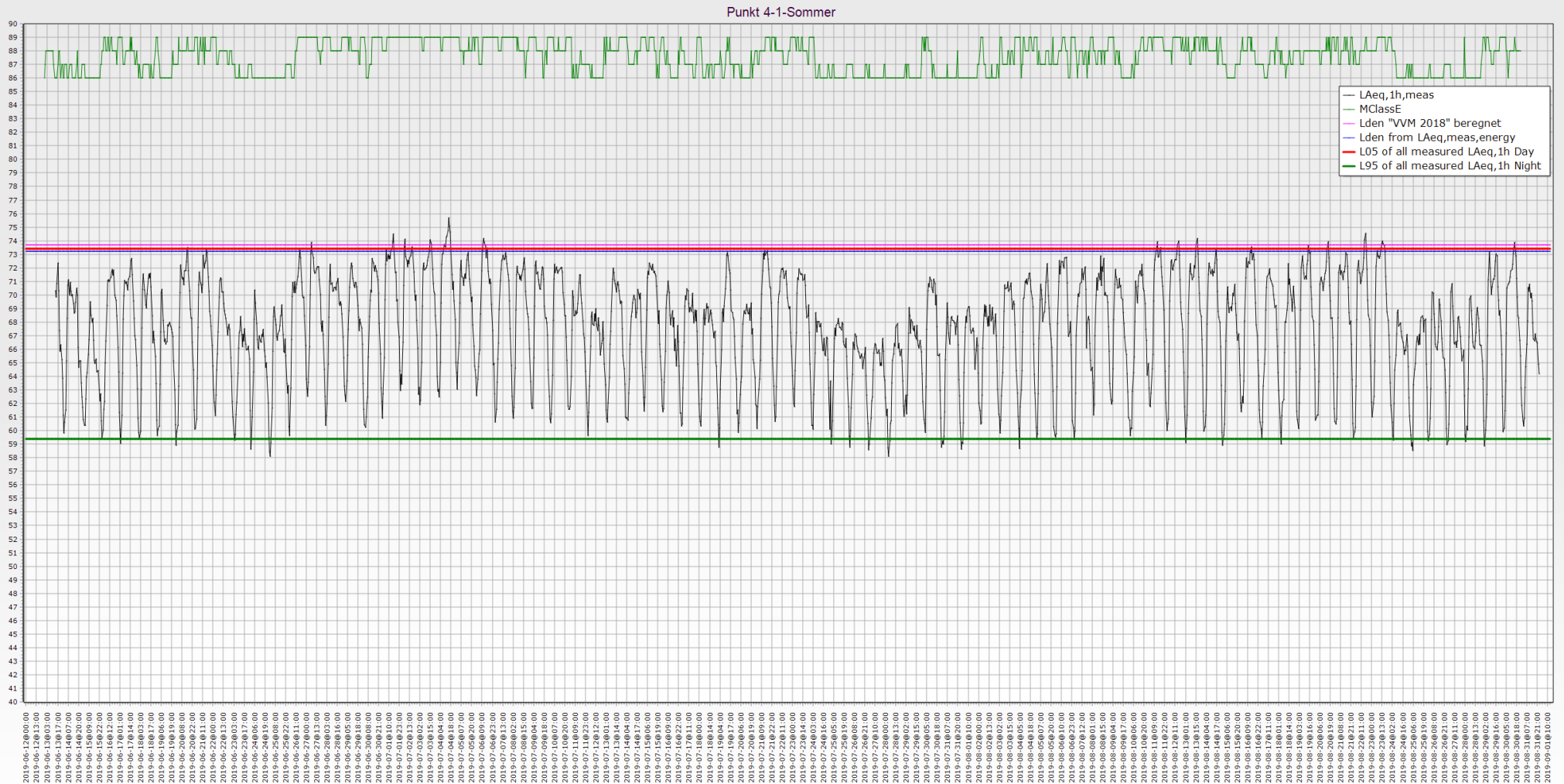


Punkt 3-1 Sommer

Figur 19 Illustration af måleresultater fra målested nr. 3, Trige, Pos 3-1 Sommer.

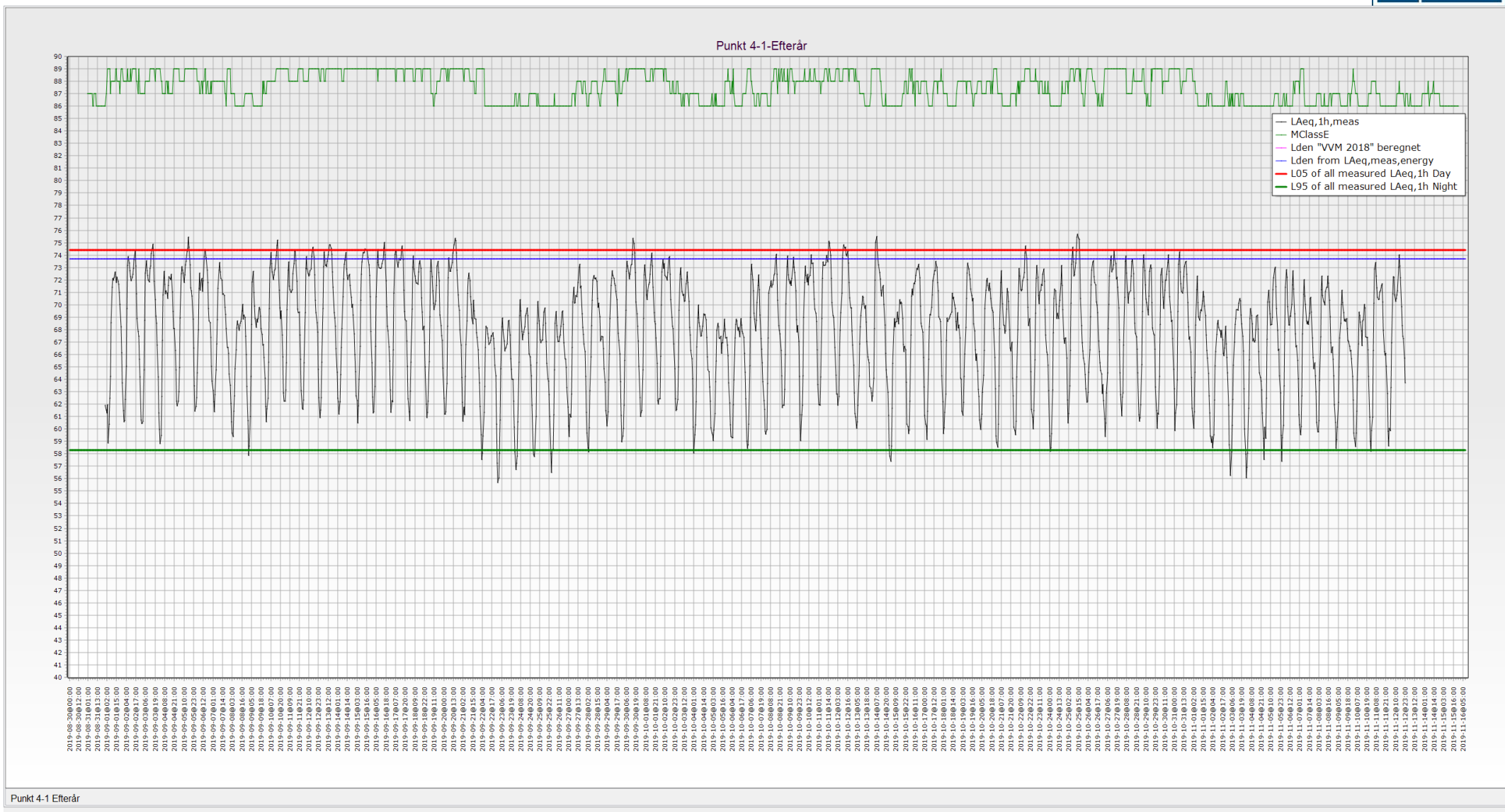


Figur 20 Illustration af måleresultater fra målested nr. 3, Trige, Pos 3-1 Efterår.



Punkt 4-1 Sommer OBS: Trafikdata er omregnede data fra område 3 sommer

Figur 21 Illustration af måleresultater fra målested nr. 4, Helsted, Pos 4-1 Sommer.



Figur 22 Illustration af måleresultater fra målested nr. 4, Helsted, Pos 4-1 Efterår.

Bilag 3 Resultater – Lydfiler

For hvert målested er i dette bilag vist et fotografi af mikrofonplaceringen i målepositionen langt fra vejen, dvs. i Pos. X-2, hvor X = 1...4, samt

1. tabeller med værdierne af $L_{Aeq,15min}$, $L_{AFmaks,15min}$, $L_{A95\%,15min}$ og de samme niveauer registreret for hele det to timer lange måletidsrum for målingerne udført hhv. om efteråret og i Pos. 4-2 også om sommeren, samt
2. de meteorologiske klasser under målingerne og
3. notater om eventuel uvedkommende støj, hvis forekomst også er indikeret i grafer visende "øjebliksværdien" af støjniveauet som funktion af tiden (blå kurver);
Trappekurver med $L_{Aeq,15min}$ -værdierne og $L_{A95\%,15min}$ -værdierne (grå kurver).

I Tabel 13 og Tabel 14 er vist et resume af resultaterne. Tabellerne viser niveauerne af støjen registreret hhv. om dagen (26 af i alt 40 registreringer) og om natten (27 af i alt 40). De resultater, som var påvirket af uvedkommende støj, er udeladt. For hvert 15 min. tidsrum uden uvedkommende støj er forskellen mellem ækvivalentniveauet $L_{Aeq,15min}$ og det maksimalt forekommende støjniveau $L_{AFmaks,15min}$ fastlagt. Tabellerne viser i søjle 4-5 for hver måling den største og den mindste værdi. I søjle 6 er vist de største og mindste forskelle mellem ækvivalentniveau og maksimalniveau.

I de stærkt trafikerede perioder om dagen var de maksimalt forekommende niveauer $L_{AFmaks,15min}$ typisk mellem 5 dB og 8 dB højere end ækvivalentniveauerne.

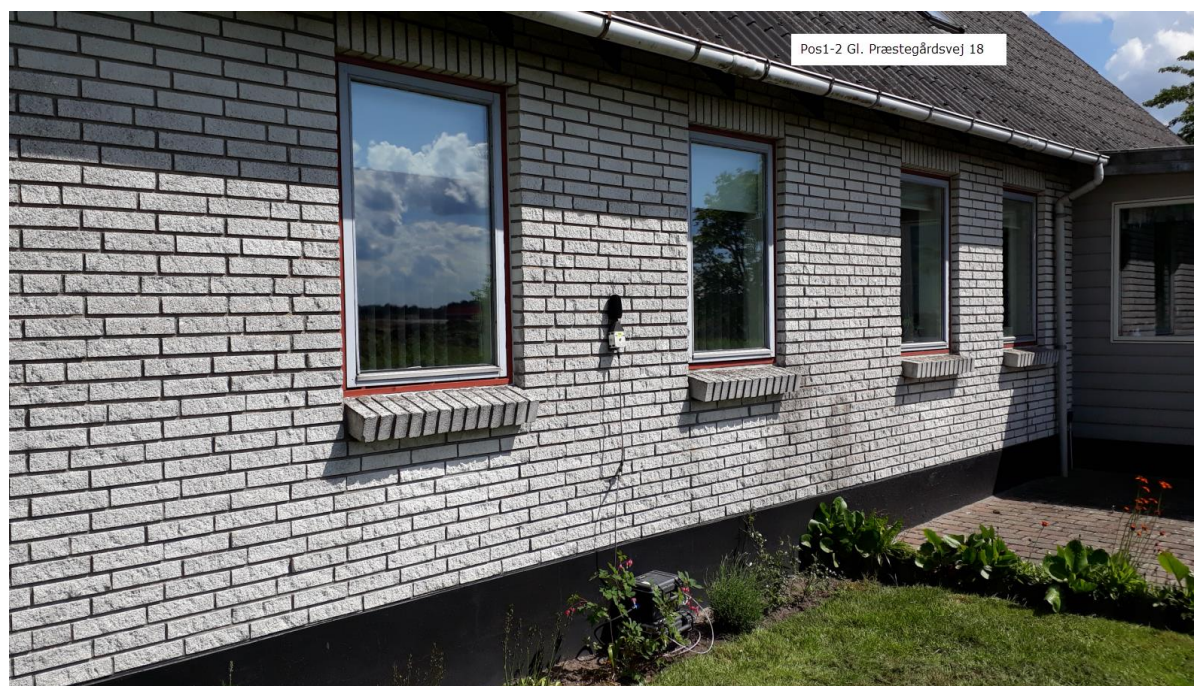
I natte timerne var støjniveauerne betydeligt lavere og mere varierende, og de maksimale niveauer $L_{AFmaks,15min}$ var typisk mellem 9 dB og 12 dB højere end ækvivalentniveauerne.

1	2	3	4	5	6
Målested	Position	Antal 15 min tidsrum [-]	$L_{Aeq,15min}$ [dB] Min Maks	$L_{AFmaks,15min}$ [dB] Min Maks	$L_{AFmaks,15min}$ rel. $L_{Aeq,15min}$ [dB] Min Maks
Løsning	01-02	6	54,5 57,1	60,1 63,8	4,5 9,0
Skibby	02-02	7	61,7 63,4	65,7 68,8	3,3 6,2
Trige	03-02	2	52,6 53,1	59,0 59,2	6,1 6,4
Helsted	04-02 Sommer	4	56,8 57,6	63,2 66,7	5,6 9,1
	04-02 Efterår	7	62,2 62,9	67,4 69,9	5,2 7,7
Maksimum			63,4		6,1 9,1
Middel					4,9 7,7
Minimum			52,6		3,3 6,2

Tabel 13 $L_{Aeq,15min}$ og $L_{AFmaks,15min}$ registreret om dagen og forskelle mellem disse værdier.

Målested	Position	Antal [-]	L _{Aeq,15min} [dB]		L _{AFmaks,15min} [dB]		L _{AFmaks,15min} rel. L _{Aeq,15min} [dB]	
			Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Løsning	01-02	2	52,1	53,8	63,7	63,8	9,9	11,6
Skibby	02-02	8	50,2	52,1	59,3	64,1	7,3	12,0
Trige	03-02	8	45,7	48,5	57,1	59,1	9,0	12,6
Helsted	04-02 Sommer	4	49,4	52,9	61,1	62,1	8,4	12,5
	04-02 Efterår	5	49,1	51,2	61,3	62,5	10,5	12,4
Maksimum				53,8			10,5	12,6
Middel							9,0	12,2
Minimum			45,7				7,3	11,6

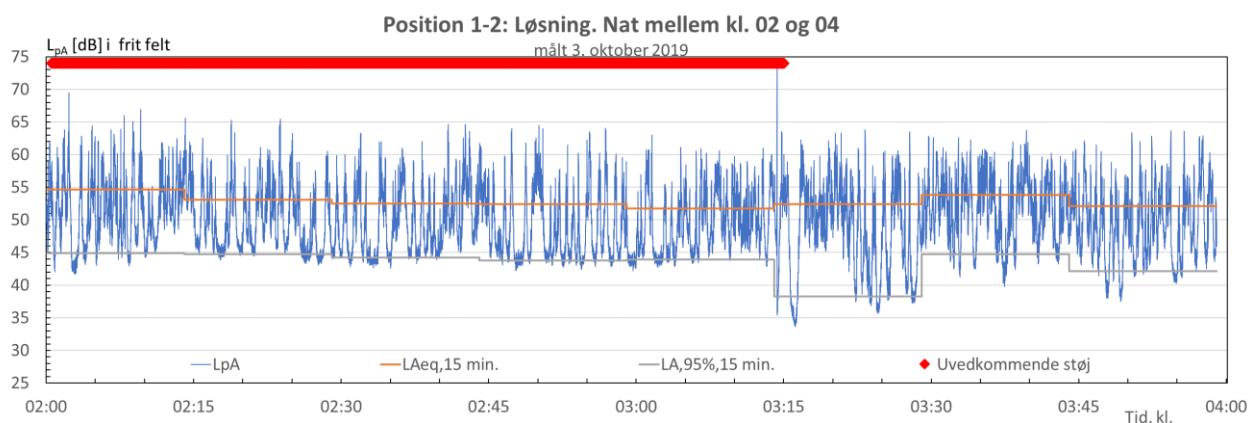
Tabel 14 L_{Aeq,15 min} og L_{AFmaks,15min} registreret om natten og forskelle mellem disse værdier.



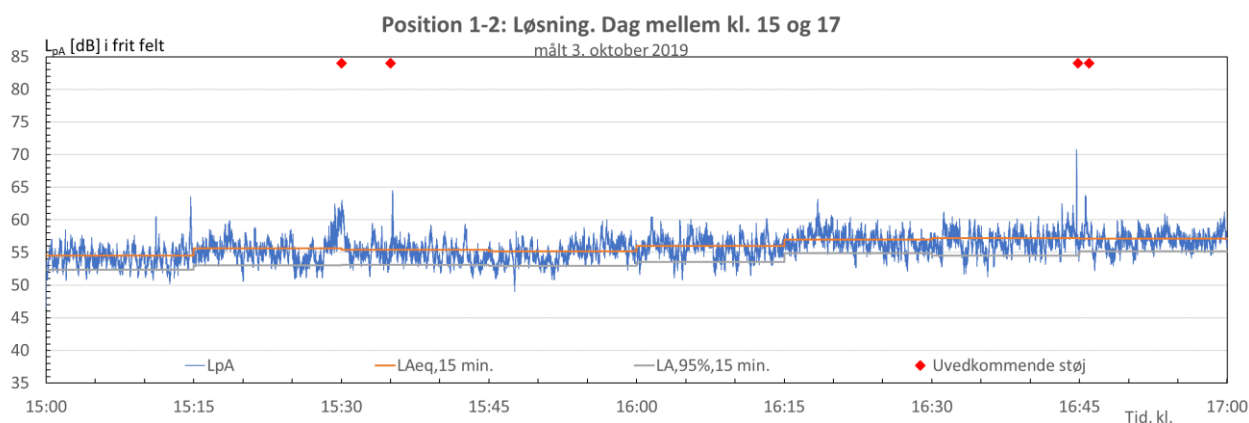
Figur 23 Mikrofonplacering, Løsning Pos 1-2.

Resumé af analyseresultater pr. 15 min.					Betydende hændelser:				
Målested: Gl. Præstegårdsvej 18, Løsning					Nat: 02:00 Statisk støj fra elmaster frem til kl. 03:16				
Vejrklasse: M24 (meget gunstig lydudbredelse)					Dag: 15:30 Fodtramp omkring måleposition				
Nat (3. oktober 2019)					Dag (3. oktober 2019)				
Start kl.	Slut kl.	L_{Aeq} [dB]	L_{Amax} [dB]	$L_{A,95\%,15\text{ min}}$ [dB]	Start kl.	Slut kl.	L_{Aeq} [dB]	L_{Amax} [dB]	$L_{A,95\%,15\text{ min}}$ [dB]
02:00	02:15	54,7	69,5	44,9	15:00	15:15	54,5	63,6	52,3
02:15	02:30	53,1	65,6	44,8	15:15	15:30	55,6	62,5	53,1
02:30	02:45	52,5	64,7	44,2	15:30	15:45	55,4	64,6	53,1
02:45	03:00	52,4	64,5	43,8	15:45	16:00	55,2	60,1	52,9
03:00	03:15	51,7	63,0	43,9	16:00	16:15	56,0	60,5	53,6
03:15	03:30	52,4	74,8	38,2	16:15	16:30	57,0	63,2	54,9
03:30	03:45	53,8	63,8	44,7	16:30	16:45	57,2	70,8	54,5
03:45	04:00	52,1	63,7	42,2	16:45	17:00	57,1	63,8	55,2
02:00	04:00	52,9	74,8	43,7	15:00	17:00	56,1	70,8	53,3
Målemik.					Målemik.				
02:00	03:00	53,8				15:00	16:00	54,5	
03:00	04:00	53,5				16:00	17:00	56,1	

Figur 24 Resumé af måleresultater, Løsning Pos 1-2.



Figur 25 Støjniveau som funktion af tiden, Løsning Pos 1-2, Nat, Efterår.



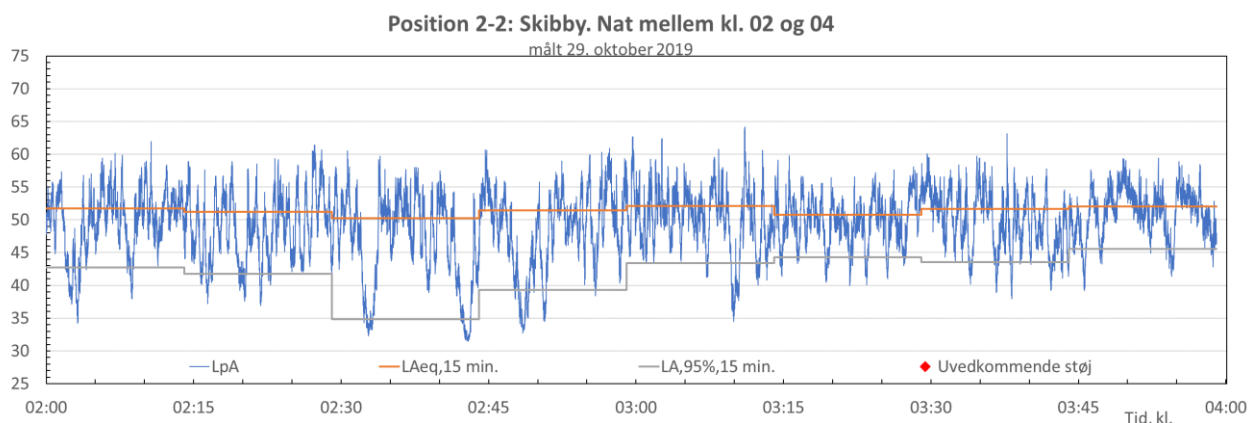
Figur 26 Støjniveau som funktion af tiden, Løsning Pos 1-2, Dag, Efterår.



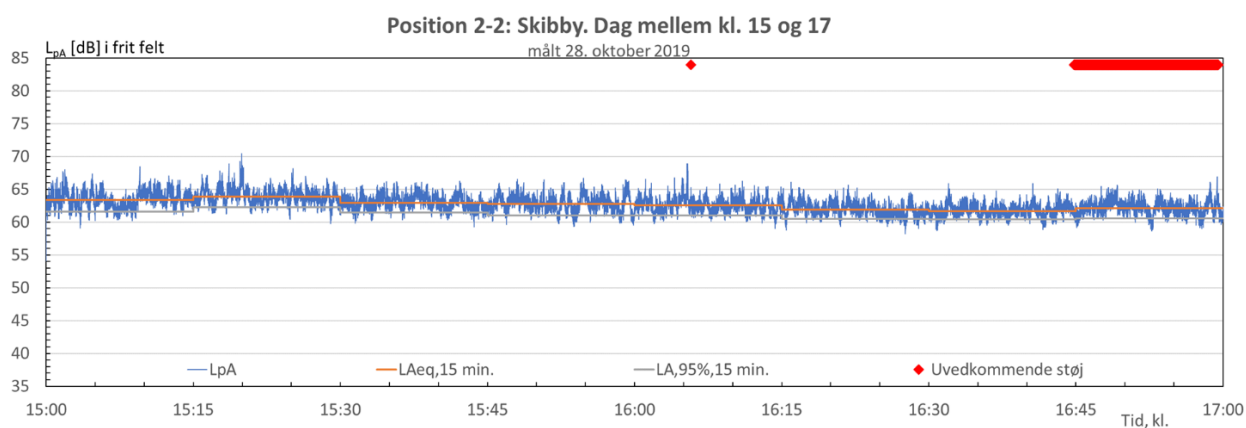
Figur 27 Mikrofonplacering, Skibby Pos 2-2.

Resumé af analyseresultater pr. 15 min.					Betydende hændelser:				
Målested : Skibbyvej 64, Skibby					Nat: Ingen betydende, uvedkommende hændelser				
Vejrklasse: M18 (gunstig lydudbredelse)					Dag: 16:15 Udrykningskøretøj på motorvej				
Nat (29. oktober 2019)					Dag (28. oktober 2019)				
Start kl.	Slut kl.	L _{Aeq} [dB]	L _{Amax} [dB]	L _{A,95%,15 min} [dB]	Start kl.	Slut kl.	L _{Aeq} [dB]	L _{Amax} [dB]	L _{A,95%,15 min} [dB]
02:00	02:15	51,7	61,9	42,7	15:00	15:15	63,4	68,3	61,6
02:15	02:30	51,2	61,3	41,8	15:15	15:30	63,9	70,3	62,3
02:30	02:45	50,2	60,4	34,9	15:30	15:45	62,9	66,2	61,4
02:45	03:00	51,4	60,7	39,3	15:45	16:00	62,8	66,5	61,0
03:00	03:15	52,1	64,1	43,4	16:00	16:15	62,5	68,8	61,0
03:15	03:30	50,8	59,6	44,3	16:15	16:30	61,9	66,0	60,5
03:30	03:45	51,7	63,0	43,5	16:30	16:45	61,7	65,7	60,4
03:45	04:00	52,0	59,3	45,6	16:45	17:00	62,1	66,7	60,5
02:00	04:00	51,4	64,1	42,1	15:00	17:00	62,7	70,3	60,9
Start kl.	Slut kl.	Målemik.			Start kl.	Slut kl.	Målemik.		
02:00	03:00	51,5			15:00	16:00	63,7		
03:00	04:00	52,1			16:00	17:00	62,4		

Figur 28 Resumé af måleresultater, Skibby Pos 2-2.



Figur 29 Støjniveau som funktion af tiden, Skibby Pos 2-2, Nat, Efterår.



Figur 30 Støjniveau som funktion af tiden, Skibby Pos 2-2, Dag, Efterår.



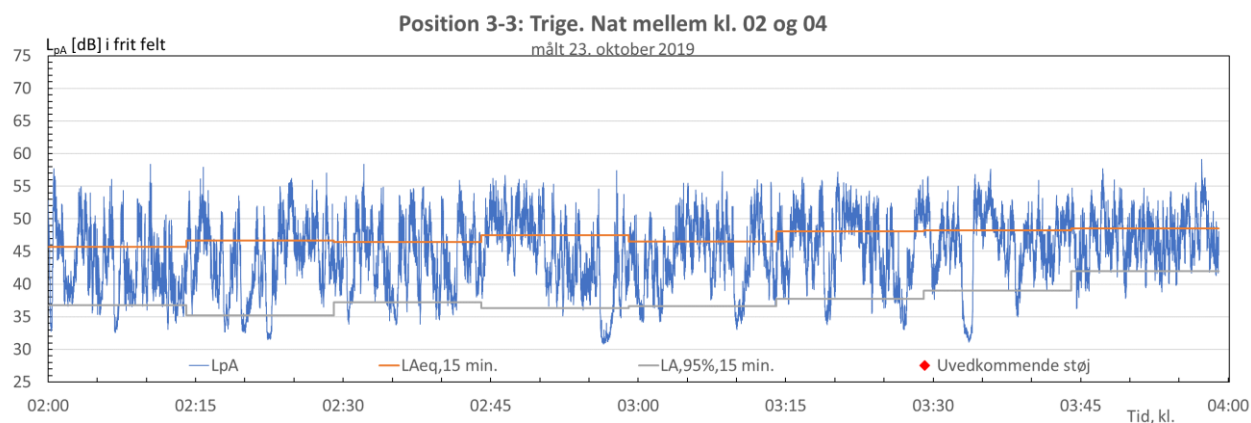
Figur 31 Mikrofonplacering, Trige Pos 3-2.
Bemærk: Der er ikke foretaget lydoptagelser i denne position, men mikrofonplaceringen er anvendt ved langtidsmålingerne.



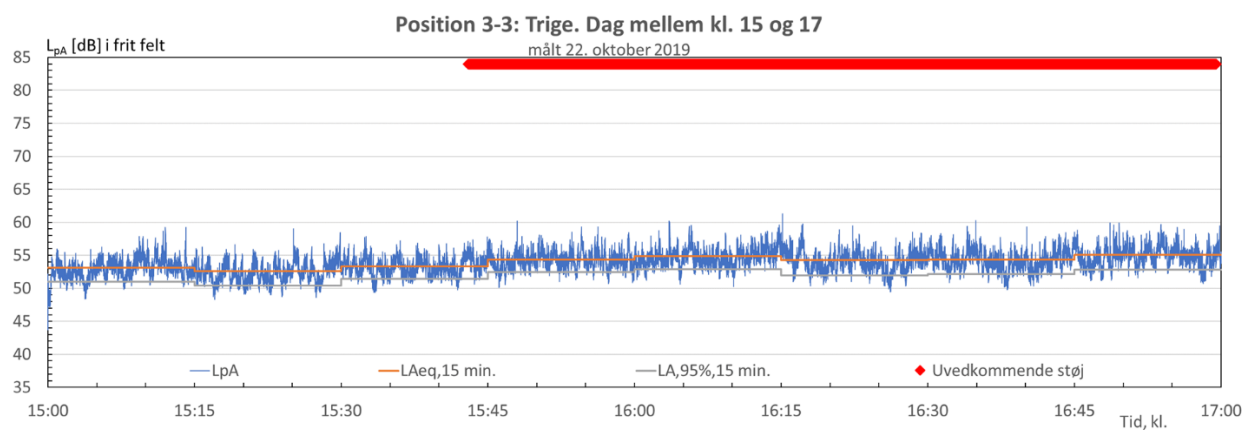
Figur 32 Mikrofonplacering, Trige Pos 3-3.

Resumé af analyseresultater pr. 15 min.					Betydende hændelser:				
Målested : Herstvej 79, Trige, Hinnerup (vest for E45)					Nat: Ingen betydende, uvedkommende hændelser				
Vejrklasse : M13 (neutral lydudbredelse)					Enkelte meget stille perioder				
Nat (23. oktober 2019)					Dag (22. oktober 2019)				
Start kl.	Slut kl.	L _{Aeq} [dB]	L _{Amax} [dB]	L _{A,95%,15 min} [dB]	Start kl.	Slut kl.	L _{Aeq} [dB]	L _{Amax} [dB]	L _{A,95%,15 min} [dB]
02:00	02:15	45,7	58,3	36,7	15:00	15:15	53,1	59,2	51,0
02:15	02:30	46,7	57,9	35,2	15:15	15:30	52,6	59,0	50,4
02:30	02:45	46,5	58,3	37,2	15:30	15:45	53,3	57,8	51,5
02:45	03:00	47,5	57,4	36,3	15:45	16:00	54,4	60,2	52,5
03:00	03:15	46,6	57,2	36,6	16:00	16:15	54,8	60,1	52,9
03:15	03:30	48,1	57,1	37,7	16:15	16:30	54,3	61,2	52,0
03:30	03:45	48,2	57,6	39,0	16:30	16:45	54,4	60,3	52,2
03:45	04:00	48,5	59,1	42,0	16:45	17:00	55,1	59,9	52,8
02:00	04:00	47,3	59,1	37,3	15:00	17:00	54,1	61,2	51,6
Start kl.	Slut kl.	Målemik.			Start kl.	Slut kl.	Målemik.		
02:00	03:00	46,5			15:00	16:00	54,3		
03:00	04:00	47,5			16:00	17:00	54,6		

Figur 33 Resumé af måleresultater, Trige Pos 3-3.



Figur 34 Støjniveau som funktion af tiden, Trige Pos 3-3, Nat, Efterår.



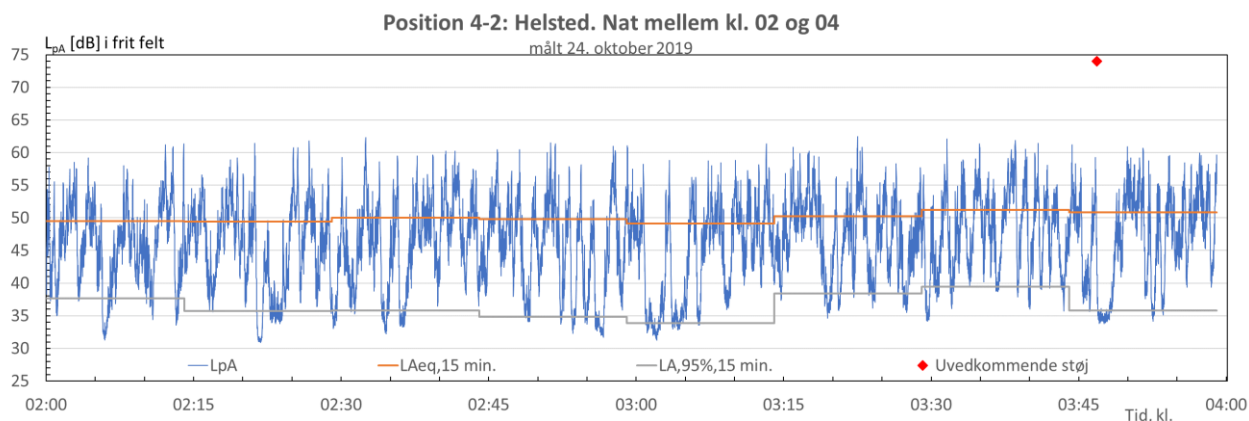
Figur 35 Støjniveau som funktion af tiden, Trige Pos 3-3, Dag, Efterår.



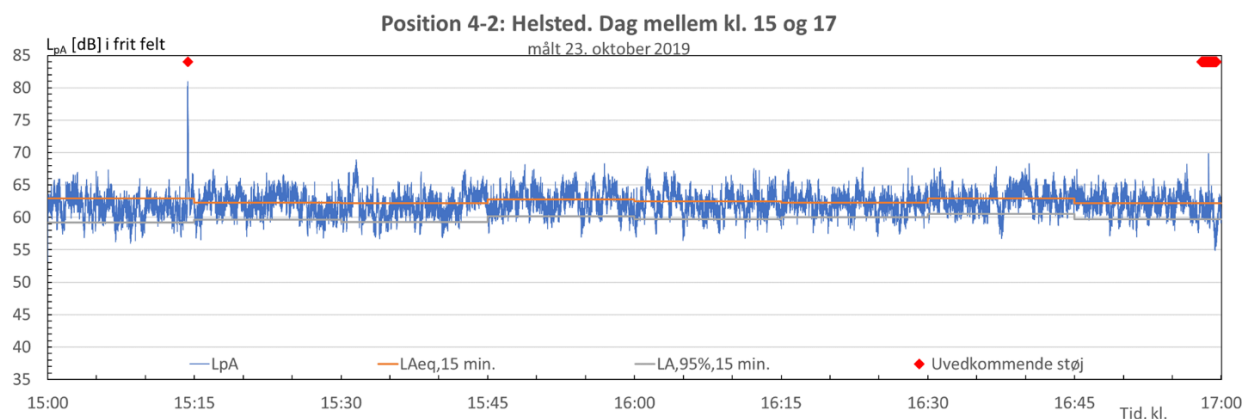
Figur 36 Mikrofonplacering, Helsted Pos 4-2.

Resumé af analyseresultater pr. 15 min.					Betydende hændelser:				
Målested : Myntevej 15, Helsted, Randers					Nat: Generelt enkelte meget stille perioder				
Vejrklasse : M8 (ugunstig lydudbredelse)					03:46 Bilpassage, lokal vej				
Nat (24. oktober 2019)					Dag (23. oktober 2019)				
Start kl.	Slut kl.	L _{Aeq} [dB]	L _{Amax} [dB]	L _{A,95%,15 min} [dB]	Start kl.	Slut kl.	L _{Aeq} [dB]	L _{Amax} [dB]	L _{A,95%,15 min} [dB]
02:00	02:15	49,5	61,3	37,7	15:00	15:15	62,9	80,9	59,2
02:15	02:30	49,5	61,8	35,7	15:15	15:30	62,2	67,4	59,7
02:30	02:45	50,0	62,3	35,8	15:30	15:45	62,2	69,0	59,3
02:45	03:00	49,8	61,4	34,8	15:45	16:00	62,8	68,2	60,2
03:00	03:15	49,1	61,4	33,9	16:00	16:15	62,5	67,9	59,7
03:15	03:30	50,3	62,5	38,4	16:15	16:30	62,3	67,7	60,0
03:30	03:45	51,2	62,1	39,4	16:30	16:45	62,9	68,4	60,5
03:45	04:00	50,9	61,3	35,8	16:45	17:00	62,2	69,9	59,7
02:00	04:00	50,1	62,5	36,1	15:00	17:00	62,5	80,9	59,7
Start kl.	Slut kl.	Målemik.			Start kl.	Slut kl.	Målemik.		
02:00	03:00	49,8			15:00	16:00	62,8		
03:00	04:00	50,4			16:00	17:00	62,8		

Figur 37 Resumé af måleresultater, Helsted Pos 4-2, Efterår.



Figur 38 Støjniveau som funktion af tiden, Helsted Pos 4-2, Nat, Efterår.



Figur 39 Støjniveau som funktion af tiden, Helsted Pos 4-2, Dag, Efterår

Resumé af analyseresultater pr. 15 min.

Målested : Myntevej 15, Helsted, Randers

Vejrklasse : M13 (neutral lydudbredelse)

Nat (26. juni 2019)				
Start kl.	Slut kl.	L _{Aeq} [dB]	L _{Amax} [dB]	L _{A,95%,15 min} [dB]
02:00	02:15	49,4	61,4	37,6
02:15	02:30	50,1	67,6	34,2
02:30	02:45	51,3	66,3	42,1
02:45	03:00	49,6	62,1	39,7
03:00	03:15	51,9	61,1	45,6
03:15	03:30	51,3	64,0	43,1
03:30	03:45	52,8	61,2	46,9
03:45	04:00	52,9	62,0	45,4
02:00	04:00	51,3	67,6	40,3

Start kl.	Slut kl.	Målemik.
02:00	03:00	49,8
03:00	04:00	49,2

Betydende hændelser:

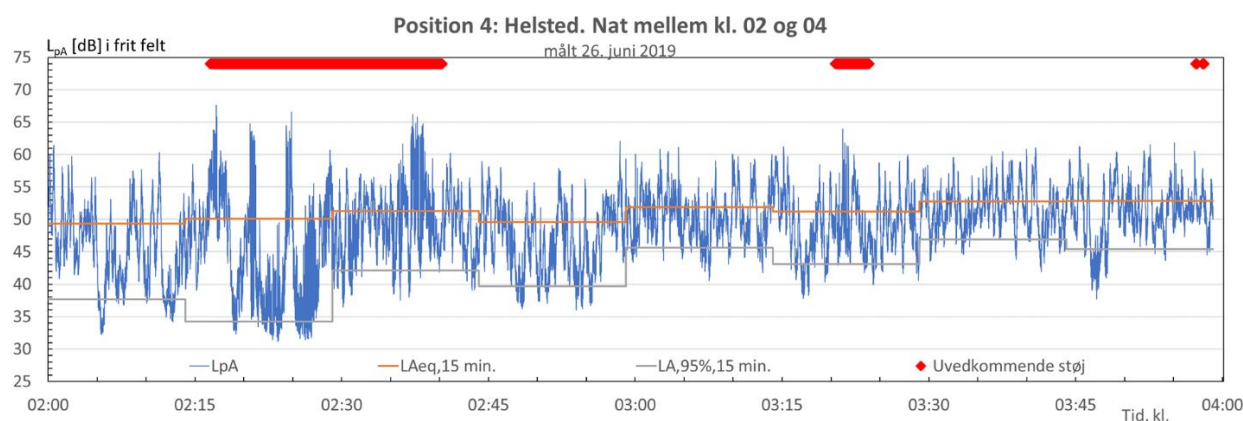
Nat: Fuglekvidder, især i mellem kl. 2:15 - 2:40

Dag: Fugle 15:03-15:07
Motorcykel på lokalvej 16:05 og 16:20
15:43 Raslen mv. ved målested

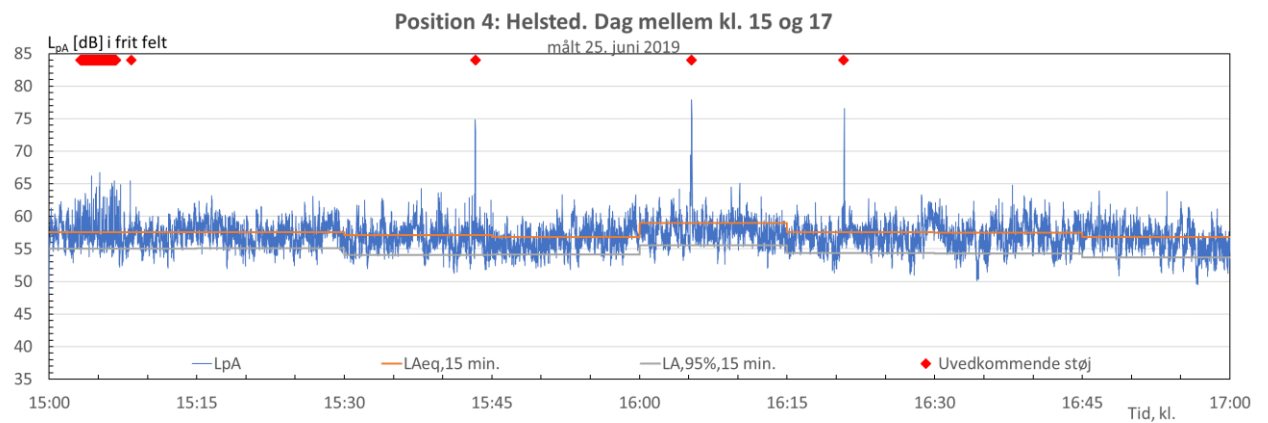
Dag (25. juni 2019)				
Start kl.	Slut kl.	L _{Aeq} [dB]	L _{Amax} [dB]	L _{A,95%,15 min} [dB]
15:00	15:15	57,6	66,7	55,1
15:15	15:30	57,6	63,2	55,1
15:30	15:45	57,1	75,0	54,1
15:45	16:00	56,8	63,4	54,2
16:00	16:15	59,0	78,0	55,5
16:15	16:30	57,5	76,8	54,4
16:30	16:45	57,5	65,0	54,3
16:45	17:00	56,9	63,9	53,7
15:00	17:00	57,5	78,0	54,5

Start kl.	Slut kl.	Målemik.
15:00	16:00	56,3
16:00	17:00	56,5

Figur 40 Resumé af måleresultater, Helsted Pos 4-2, Sommer.



Figur 41 Støjniveau som funktion af tiden, Helsted Pos 4-2, Nat, Sommer.



Figur 42 Støjniveau som funktion af tiden, Helsted Pos 4-2, Dag, Sommer.

Bilag 4 Databearbejdning og iagttagelser

B.4.1 Oversigt

Fremgangsmåden ved bearbejdningen af de indsamlede data er dokumenteret i Bilag 5, side 61, mens afsnittene umiddelbart herunder beskriver nogle iagttagelser gjort i forbindelse med databearbejdningen.

I Afsnit B.4.2 er betydningen af normaliseringen af data omtalt og illustreret dels normaliseringen til årsdøgntrafikken i referenceåret 2018, dels normaliseringen til det meteorologiske referenceår. Som allerede omtalt i Afsnit 3.1, side 6, blev måleresultaterne fra hver time sorteret efter meteorologisk klasse for hver af perioderne dag, aften og nat. Disse data blev normaliseret på basis af trafikdata, så de svarede til årsmiddeltrafikken i 2018. Derved opnås for hver times måling et uafhængigt estimat af støjniveauet, som det ville have været, hvis trafikken havde været som årsdøgntrafikken.

Middelværdierne af disse normaliserede støjniveauer blev fastlagt, og årsmiddelværdien beregnet for hver af de tre perioder af døgnet ved at vægte bidragene fra hver meteorologisk klasse med den hyppighed, hver af vejrklasserne forekommer i løbet af det meteorologiske referenceår, se Afsnit B.4.3, side 55, og den resulterende årsmiddelværdi blev fastlagt ved at vægte middelværdierne for hver periode af døgnet med periodens længde og med tillæg på hhv. 5 dB og 10 dB til niveauerne i aften- og natperioden. I Afsnit B.4.3, side 55, er det vist, hvordan dag-, aften- og natperioden bidrager til hhv. $L_{Aeq,24h}$ og L_{den} .

Vejrets betydning for lydens udbredelse er belyst i Afsnit B.4.4, side 56.

B.4.2 Betydningen af normaliseringerne

I Tabel 15 er gengivet L_{den} fastlagt ud fra de "rå" data, som de var før normaliseringen, og L_{den} fastlagt ud fra de normaliserede data, idet der både er normaliseret for vejr og trafik i referenceåret. Forskellen mellem de to værdier fra et givet målested er relativt små, idet den største virkning af normaliseringen er 1,4 dB. I de fleste tilfælde er virkningen af normaliseringen nogenlunde ens for data indsamlet om sommeren og om efteråret, og gennemgående er de normaliserede da lidt højere end de "rå" data.

Normaliseringen for vejret alene førte til en forøgelse af L_{den} med fra 0,0 dB i Løsning, efterår, op til 1,6 dB i Trige 3-3, sommer.

Normaliseringen for trafikken alene gav fra en lille forøgelse på 0,2 dB af niveauerne til en reduktion på 1,6 dB i Helsted, efterår.

Position	Målested/-tidsrum		L _{den} før normalisering [dB]	L _{den} efter normalisering for både trafik og vejr [dB]	L _{den} efter normalisering alene for vejr [dB]	Virkning af normalisering for både trafik og vejr [dB]	Virkning af normalisering alene for vejr [dB]	Virkning af normalisering alene for trafik [dB]
1-2	Løsning	Som	64,9	64,7	65,5	-0,2	0,6	-0,9
			65,1	64,9	65,1	-0,2	0,0	-0,2
2-2	Skibby	Som	61,0	61,2	61,6	0,2	0,6	-0,4
			62,2	62,7	62,5	0,5	0,3	0,2
3-2	Trige 3-2	Som	59,8	60,0	60,6	0,2	0,8	-0,6
			60,9	62,0	61,7	1,1	0,8	0,3
3-3	Trige 3-3	Som	59,0	60,0	60,6	1,0	1,6	-0,6
			59,5	60,9	60,6	1,4	1,1	0,3
4-2	Helsted	Som	63,3	63,3	64,8	0,0	1,5	-1,6
			63,6	64,3	64,5	0,7	0,9	-0,2

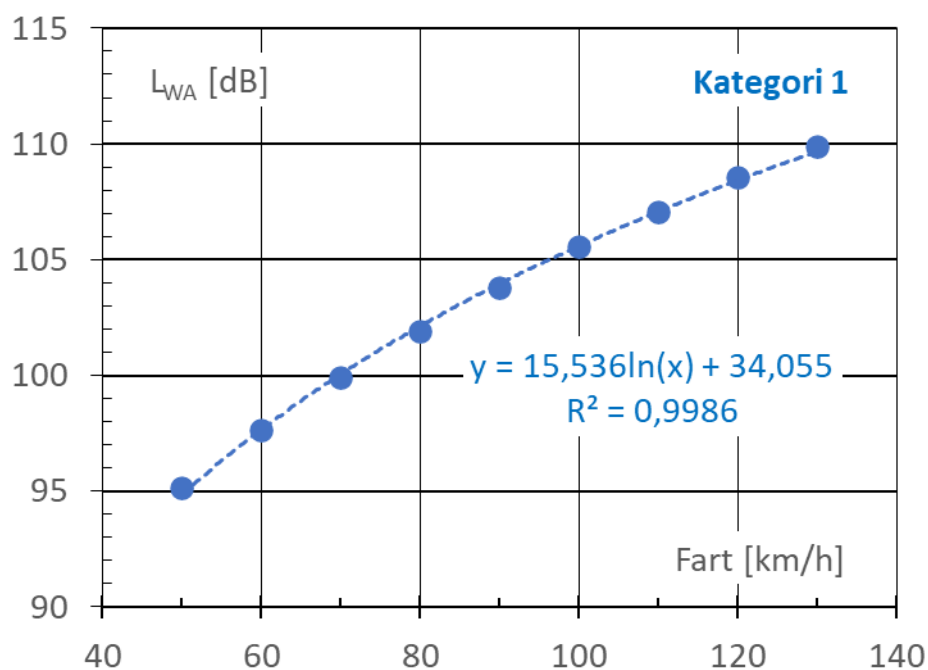
Tabel 15 Værdierne af L_{den} før og efter normalisering samt virkningen af normalisering for vejr alene, trafik alene og den samlede virkning af normaliseringerne.

Normaliseringen for trafikens afvigelse fra referencesituationen med årsdøgntrafik 2018 blev udført efter formel (1) – (6) i Afsnit B.5.1, side 61. Udtrykkene i formel (2) blev udledt ved at beregne L_{AE} ved et enkelt køretøjs forbikørsel med forskellig fart. Beregningerne blev udført med programmet SPL2000 udviklet af B. Plovsing, DELTA. Beregningerne udføres efter Nord2000 og medregner blandt andet retningsvirkningen i køretøjernes lydudsendelse. Den immissionsrelevante kildestyrke L_{WA} ved hver fart blev derpå fastlagt som

$$L_{WA} = L_{AE} - \Delta L_{geo} - \Delta L_{terraen}^{13})$$

Figur 43 viser som eksempel de beregnede værdier af L_{WA} for køretøjer af kategori 1. Den angivne tendenslinje indgår i formel (2) i Afsnit B.5.1.3 i Bilag 5, side 61.

¹³ $\Delta L_{terraen}$ er i Afsnit B.4.4, side 56, betegnet ΔL_{ekstra} .



Figur 43 Illustration af det A-vægtede lydeffektniveau som funktion af farten for lette køretøjer, Nord2000 Kategori 1, jf. Formel (2), side 61.

B.4.3 Bidrag til $L_{Aeq,24h}$ og L_{den} fra dag-, aften og natperioderne

Årsmiddelværdierne af L_{Aeq} for dag-, aften- og natperioden, beregnet ud fra måleresultaterne fra hhv. sommer- og efterårsperioden, er gengivet i Tabel 16 sammen med $L_{Aeq,24h}$ beregnet ud fra data i tabellen normaliseret for varigheden af dag, aften og nat.

Tabel 17 viser i søjlerne yderst til højre årsmiddelværdierne af L_{den} , altså de samme værdier som i Tabel 2, side 8¹⁴). Tabel 17 indeholder derudover også bidragene betegnet hhv. $L'(d)$, $L'(e)$ og $L'(n)$ i Afsnit B.5.3.1, side 66. Disse bidrag fra dag-, aften- og natperioden er L_{Aeq} -værdierne fra Tabel 16, men korrigeret for varigheden af hver periode af døgnet og efter tillæg på 5 dB og 10 dB til niveauerne i aften- og natperioden.

Før de nævnte korrektioner er L_{Aeq} for aften og nat nogenlunde ens og ca. 2 dB lavere end L_{Aeq} for dagperioden. L_{Aeq} for dagperioden er ca. 1 dB højere end $L_{Aeq,24h}$, og dermed er L_{Aeq} for aften og nat ca. 1 dB lavere end $L_{Aeq,24h}$.

Efter korrektionerne med hhv. 5 dB og 10 dB er bidraget til L_{den} fra støjen i natperioden omkring 7 dB højere end bidraget fra dagperioden, mens bidraget fra aftenperioden er ca. 3 dB lavere end bidraget fra dagperioden. Alt i alt er L_{den} ca. 6 dB højere end $L_{Aeq,24h}$.

Måle-sted	Dag		Aften		Nat		$L_{Aeq,24h}$	
	Som	Eft	Som	Eft	Som	Eft	Som	Eft
Løsning	59,0	59,4	57,7	58,0	57,9	58,0	58,5	58,8
Skibby	56,7	58,4	54,1	55,5	54,2	55,6	55,6	57,2
Trige-2	54,7	57,2	52,9	54,9	53,1	55,1	53,9	56,3
Trige-3	54,4	55,7	52,8	53,5	53,2	54,1	53,8	54,9
Helsted	58,5	59,8	56,2	57,1	56,3	57,3	57,5	58,7

Tabel 16 Årsmiddelværdier af L_{Aeq} [dB] for dag-, aften- og natperioden beregnet ud fra måleresultaterne fra hhv. sommer- og efterårsperioden, efter normalisering for trafik og vejr.

Måle-sted	Dag $L'(d)$		Aften $L'(e)$		Nat $L'(n)$		L_{den}	
	Som	Eft	Som	Eft	Som	Eft	Som	Eft
Løsning	56,0	56,4	53,7	53,9	63,6	63,8	64,7	64,9
Skibby	53,7	55,4	50,0	51,5	60,0	61,4	61,2	62,7
Trige-2	51,6	54,2	48,9	50,8	58,9	60,8	60,0	62,0
Trige-3	51,4	52,7	48,8	49,5	59,0	59,8	60,0	60,9
Helsted	55,5	56,8	52,2	53,1	62,0	63,0	63,3	64,3

Tabel 17 Årsmiddelværdien af L_{den} og bidragene L' [dB] fra dag-, aften- og natperioden efter korrektion for varigheden af hver periode af døgnet og efter tillæg på 5 dB og 10 dB til niveauerne i aften- og natperioden.

¹⁴ Selv om der andetsteds i notatet er rejst tvivl om værdierne målt ved Skibby, er relationerne mellem bidragene formentlig retvisende.

B.4.4 Lydens udbredelse under forskellige vejrforhold

Lydens udbredelse påvirkes af vejret karakteriseret ved den meteorologiske klasse, her hhv. M24, M18, M13, og M8. Tabel 18 viser de målte gennemsnitlige niveauforskelle ΔL mellem $L_{Aeq,1h}$ nær vejen og i "nabopunkterne". Lyden udbreder sig "mere effektivt", dvs. at ΔL alt andet lige er mindre, jo højere nummeret på meteo-klasse er. På alle andre målesteder end Skibby var de målte niveauforskelle nogenlunde ens i sommer- og efterårsperioden. I resultaterne fra Skibby er niveauforskellene målt om sommeren 7-9 dB større end niveauforskellene målt om efteråret. Det må betyde, at i hvert fald nogle af måleresultaterne er fejlbehæftede.

Der var forskellige afstande fra vejmidten til positionerne ved vejkanterne, fra 17 m ved Skibby til 36 m ved Helsted, se Bilag 1. Afstandene mellem vejen og nabopositionerne var mellem 123 m ved Helsted og 201 m i position 3-3, Trige. For bedre at kunne sammenligne niveauforskellen målt på de forskellige målesteder er den såkaldte ekstra-dæmpning, dvs. lydens dæmpning ud over den geometriske afstands-dæmpning som følge af lydens spredning over et stadigt større areal, jo længere den udbreder sig fra vejen, beregnet og vist i Tabel 19. Ekstradæmpningerne målt ved Skibby er tydeligt højere end de øvrige, hvilket kan skyldes, at niveauerne målt ved vejkanterne er for høje, eller at niveauerne målt ved naboerne er for lave.

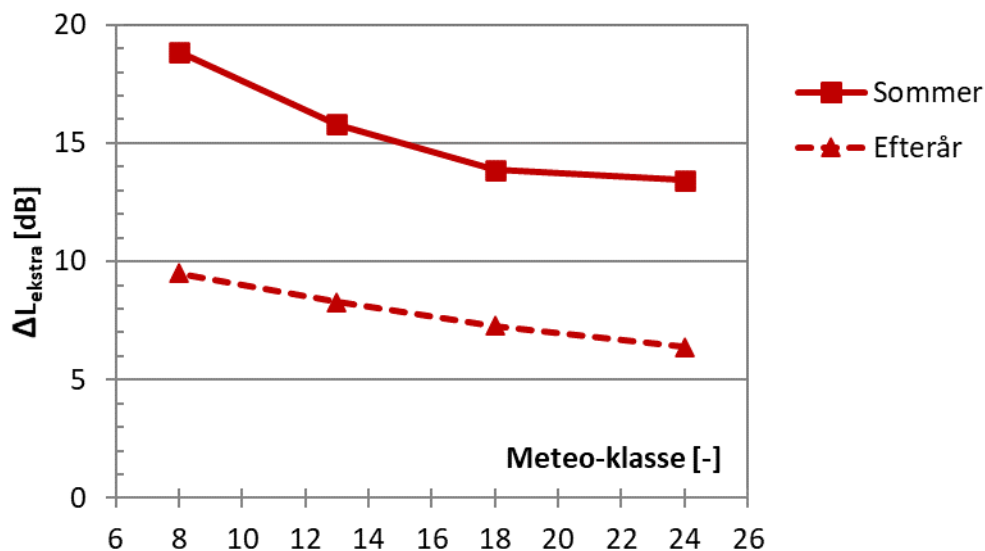
Målested	M24		M18		M13		M8		Middel ΔL [dB]			
	ΔL [dB]		ΔL [dB]		ΔL [dB]		ΔL [dB]		M24	M18	M13	M8
	Som	Eft	Som	Eft	Som	Eft	Som	Eft				
Løsning	9,4	10,7	9,0	10,6	11,9	12,5	15,7	14,1	10,1	9,8	12,2	14,9
Skibby	22,2	15,1	22,6	16,0	24,5	17,0	27,6	18,2	18,6	19,3	20,8	22,9
Trige-2	14,2	13,9	16,3	15,9	18,5	18,6	19,9	20,2	14,0	16,1	18,6	20,1
Trige-3	15,4	14,3	13,6	15,7	16,7	18,5	22,5	23,4	14,9	14,7	17,6	22,9
Helsted	9,5	9,4	10,0	10,0	10,9	11,5	11,9	12,2	9,4	10,0	11,2	12,1

Tabel 18 Forskelle ΔL mellem $L_{Aeq,1h}$ målt nær vejen og i "nabopunkterne". Gennemsnit for samtlige timer i hhv. sommer- og efterårsperioden med meteo-klasse hhv. M24, M18, M13 og M8.

Målested	ΔL_{geo} [dB]	Middel ΔL_{ekstra} [dB]			
		M24	M18	M13	M8
Løsning	6,4	3,7	3,5	5,8	8,5
Skibby	8,7	9,9	10,6	12,0	14,2
Trige-2	9,3	4,7	6,7	9,2	10,8
Trige-3	9,6	5,3	5,1	8,0	13,4
Helsted	5,3	4,1	4,7	5,9	6,8

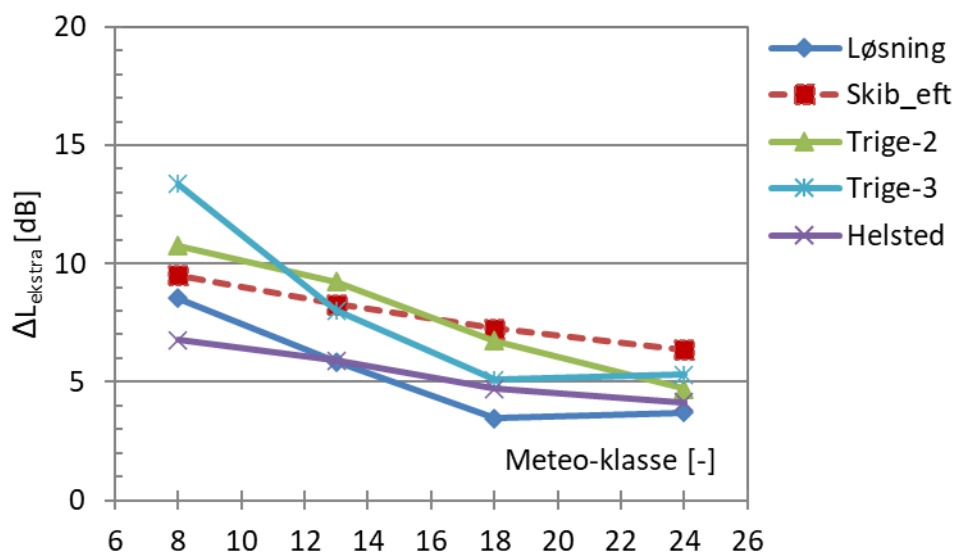
Tabel 19 Niveauforskellene ΔL fra Tabel 18 omregnet til ekstradæmpninger i gennemsnit over sommer- og efterårsperioden.

Figur 44 viser den gennemsnitlige ekstradæmpning målt ved Skibby i hhv. sommer- og efterårsperioden. Dæmpningerne målt om efteråret minder mest om ekstradæmpningerne på de øvrige målesteder, se Figur 45. Det kunne indikere, at målingerne fra sommerperioden er fejlbehæftede. Iagttagelserne omtalt i Bilag 6, side 68 peger dog ikke i denne retning.



Figur 44 Ekstradæmpningen i data fra Skibby sommer og efterår

Det ses af Figur 45, at ekstradæmpningerne målt i de to positioner ved Trige med fælles position nær vejen og med de største afstande til nabopositionerne minder om hinanden, samt at resultaterne i Figur 44 fra efterårsperioden i Skibby minder om de øvrige. Dermed kan det konstateres, at resultaterne fra sommerperioden i Skibby skiller sig markant ud fra de øvrige.



Figur 45 Ekstradæmpningen mellem positionerne nær vejen og nabopositionerne som funktion af meteo-klassen, gennemsnit fra sommer- og efterårsperioden, dog fra Skibby alene for efterårsperioden.

B.4.5 CPX-måleresultater og korrektioner for vejbelægningens indflydelse

Vejdirektoratet gennemførte den 3. juni 2020¹⁵⁾ målinger med CPX-trailer i alle fire spor på strækninger ± 1000 m omkring hvert målested. Resultaterne er gengivet i Tabel 20. De gengivne resultater fra de "langsomme" spor (+2 og -2) blev målt ved 80 km/t, og resultaterne i de "hurtige" spor (+1 og -1) blev målt ved 110 km/t¹⁶⁾.

Ud fra disse resultater blev korrektionerne ΔL_{Road} ¹⁷⁾ fastlagt som beskrevet i det historiske dokument 3.G SRS-systemet [11]:

$$\Delta L_{\text{Road}} = \text{SPB}_{\text{ref}} - \text{SPB}_{\text{CPX}}, \text{ hvor}$$

$$\text{SPB}_{\text{ref}} = 79,2 \text{ dB ved } 80 \text{ km/h og } 84,3 \text{ dB ved } 110 \text{ km/t}$$

$$\text{SPB}_{\text{CPX}} = 0,936 * \text{CPX}_{\text{kor}} - 15,03$$

CPX_{kor} er det målte CPX-niveau efter normalisering for temperatur og hårdheden af referencedækkenes slidbaner, her: Shore-A = 67,7.

Ved beregning af årsmiddelværdien af L_{den} tages der hensyn til, at luftens temperatur i gennemsnit er 8,5 °C, og til at vejbelægningen er våd i en vis del af året (Vejdirektoratet, Håndbog, Nord2000, Beregning af vejstøj i Danmark. Rapport 434-2013, 2013) (Vejdirektoratet, Vejbelægning i Nord2000. Baggrundsnotat. VD Dokument 08/14637-3, 2013). Temperaturen's betydning blev medtaget i FORCE's SoundPLAN-beregninger, mens betydningen af våd vejbelægning blev medtaget ved at korrigere beregningsresultaterne med +0,5 dB.

De resulterende korrektioner er gengivet i Tabel 6 på side 10 og i Tabel 21 herunder. Korrektionerne er 0-1 dB lavere i de langsomme spor ("±2") end "standardkorrektionen" $\Delta L_{\text{Road,DK}} = 1,4$ dB for SMA11 angivet i (Vejdirektoratet, Håndbog, Nord2000, Beregning af vejstøj i Danmark. Rapport 434-2013, 2013), mens korrektionerne i de "hurtige" spor ("±1") er 2-3 dB lavere end håndbogens værdi. Især er det bemærkelsesværdigt, at de laveste CPX-niveauer blev målt ved Helsted, hvor slidlaget ifølge Vejdirektoratet er ældst.

Det virker relevant at genoverveje korrektionen baseret på sammenhørende målinger af CPX- og SPB-niveauer ved SMA11-slidlag. Det er dog vanskeligt, om overhovedet muligt, at måle SPB-niveauer fra køretøjer i de hurtige spor.

Målested og stationering Spor nr.	Alder [år]	$L_{\text{CPX}} = \text{CPX}_{\text{kor}} \text{ [dB]}$			
		-2	-1	+1	+2
Løsning, km 124-126	9,4	101,2	104,8	104,5	101,2
Skibby, km 169,5-171,5	8,4	101,7	104,8	104,1	101,1
Trige, km 186-188	9,4	101,2	104,6	104,4	100,8
Helsted, km 213,5-215,5	13,4	100,8	103,7	103,5	100,5

Tabel 20 CPX-måleresultater indsamlet af Vejdirektoratet:
 "+" betegner nordgående, "-" betegner sydgående,
 "1" betegner "hurtigt" spor, "2" betegner "langsomt" spor.

¹⁵ Det var oprindeligt aftalt, at Vejdirektoratet skulle måle om sommeren i 2019, men det skete ikke.

¹⁶ Vejdirektoratet målte med en enkelt undtagelse både ved 80 km/t og 110 km/t i alle spor. Korrektionerne for belægningens indflydelse blev baseret på CPX-resultater målt ved 80 km/t i de "langsomme" spor og ved 110 km/t i de "hurtige" spor.

¹⁷ Bemærk, at ΔL_{Road} har det modsatte fortegn af støjreduktionen, som den er defineret i (Vejregler, 2018).

Måle- sted Spor nr.	ΔL_{Road} [dB]				Afgivelse fra $\Delta L_{\text{Road,DK}}$ for SMA 11			
	-2	-1	+1	+2	-2	-1	+1	+2
Løsning	1,0	-0,8	-1,0	1,0	-0,4	-2,2	-2,4	-0,4
Skibby	1,4	-0,7	-1,4	0,9	0,0	-2,1	-2,8	-0,5
Trige	1,0	-0,9	-1,1	0,6	-0,4	-2,3	-2,5	-0,8
Helsted	0,6	-1,7	-2,0	0,3	-0,8	-3,1	-3,4	-1,1

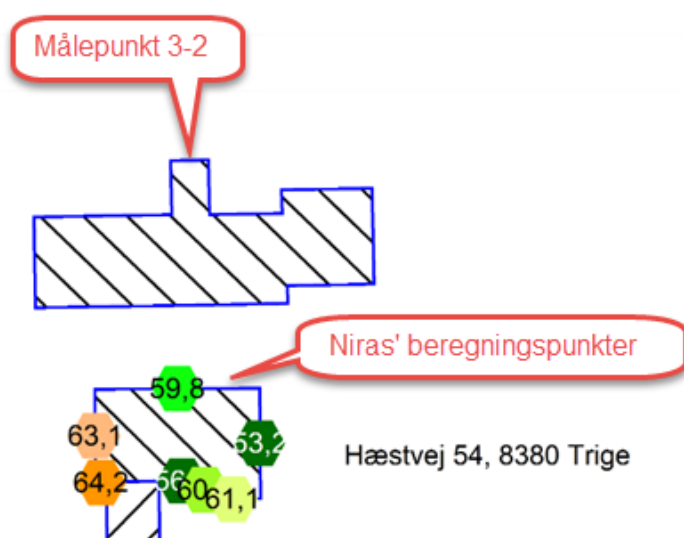
Tabel 21 Korrektioner ΔL_{Road} for vejbelægningens indflydelse anvendt af FORCE, og afvigelser fra "standardkorrektionen på 1,4 dB.

B.4.6 Sammenstilling af L_{den} med L_{den} i VVM-redegørelse

FORCE beregnede med 4 kildelinjer/spor og 2018-årsdøgntrafik i SoundPLAN 8.2 projekt: "E45-målinger i Jylland". Hastigheden ved område 4 (Helsted) for køretøjer af kategori 1 blev i mangel af hastighedsmålinger estimeret på basis af den samlede gennemsnitsfart for alle 3 kategorier og på hastighederne målt i Trige (område 3). Farten ved Helsted for Kat.2 og Kat.3 blev sat lig med farten målt ved Trige.

L_{den} blev af Rambøll og NIRAS beregnet ved facader af boliger langs E45. Nogle af mikrofonpositionerne udvalgt af SWECO ved langtidsmålingerne var ikke på boligfacader, men på facader af udhuse o.l. I samråd med NIRAS (telefonkontakt 2020-08-18 med Mark Aarup Mikaelson) blev der i disse tilfælde fundet det af beregningspunkterne på boligernes facader, som bedst passer med den anvendte mikrofonposition, så resultaterne kunne være sammenlignelige. Både Rambøll og NIRAS beregnede med to kildelinjer/spor og forudsatte blandt andet, at korrektionen for vejbelægningens indflydelse var $\Delta L_{\text{Road}} = 1,4$ dB som foreskrevet i (Vej13). FORCE brugte derimod korrektionerne i Tabel 21 i et forsøg på at opnå bedst sammenlignelighed mellem beregnede og målte værdier af L_{den} .

FORCE's resultater er i Tabel 22 sammenstillet med resultaterne fra VVM-undersøgelsen. For område 3, Trige, var VVM-beregningen udført i beregningspunkter på facaderne af den sydlige bygning, se Figur 46, mens SWECO's mikrofon var placeret på nordfacaden af den nordlige bygning. På vestfacaden af den sydlige bygning, hvor VVM-resultatet var 63,1 dB, gav FORCE's støjmodel 63,0 dB, altså 0,1 dB lavere end NIRAS beregnede. Også i de øvrige positioner er afvigelsen mindre end 1 dB og med varierende fortegn.



Figur 46 Placeringen af beregningspunkter ved VVM-beregningerne og ved langtidsmålingerne, Position 3-2.

Målested	Position	L _{den} [dB] beregnet		Afvigelse [dB]
		fra VVM	FORCE	
Punkt 1b – Gl. Præstegårdsvej 18, Løsning	Pos 1-2	68,9	68,8	0,1
Punkt 2b (facade) Skibbyvej 64, Skibby	Pos 2-2	68,5	68,6	-0,1
Punkt 3b – Hæstvej 54, Trige	Vestfacade ¹⁸⁾	63,1	63,0	0,1
Punkt 3c – Herstvej 79, Trige	Pos 3-3	63,7	63,3	0,4
Punkt 4b – Myntevej 15, Helsted	Pos 4-2	64,4	65,2	-0,8

Tabel 22 L_{den} beregnet af FORCE sammenstillet med L_{den} beregnet af NIRAS/Rambøll.

¹⁸ En anden position end SWECO's måleposition.

Bilag 5 Databearbejdning – Dokumentation

B.5.1 Korrektion af $L_{Aeq,1h}$ for afvigelser i kildedata fra referencesituationen

B.5.1.1. Definition af trafikdata

Antal køretøjer pr. time fordelt på 4 spor og 3 køretøjskategorier $N(i,j)$:

$N_{1,1}, N_{1,2}, N_{1,3}, N_{1,4}, N_{2,1}, \dots, N_{4,2}, N_{4,3}$

Fart pr. time (km/h) for de 4 spor og 3 køretøjskategorier $v(i,j)$:

$V_{1,1}, V_{1,2}, V_{1,3}, V_{1,4}, V_{2,1}, \dots, V_{4,2}, V_{4,3}$

B.5.1.2. Definition af vejens og køretøjernes geometri

Korteste afstand (m) mellem de 4 spors akustiske midtpunkt og målepositionen $a(i,j)$:

$a_{1,1}, a_{1,2}, a_{1,3}, a_{1,4}, a_{2,1}, \dots, a_{4,2}, a_{4,3}$

Inputvariablene a afhænger kun af målested og køretøjskategoriens akselbredde, så variablen defineres nemmest i det program der skal anvendes til at beregne korrektionen af $\Delta L_{Aeq,1h}$ og ikke som variable i regnearket med inputdata.

B.5.1.3. Beregning af tilnærmet $L_{Aeq,1h}$ -værdi som basis for korrektionen

Beregningen af den tilnærmede $L_{Aeq,1h}$ -værdi har tre led som vist i formel (1), hvor 1. led er lydeffektniveauet, 2. led er en korrektion for afstand a_{ij} og fart $v_{i,j}$, mens 3. led er en korrektion for antal køretøjer pr. time $N_{i,j}$. Konstanten $10 \cdot \log(1/3600) = -29,56$ repræsenterer omregning fra L_{AE} til $L_{Aeq,1h}$.

$$L_{Aeq,1h}(i,j) = L_{WA}(i,j) + \Delta L_a(i,j) + \Delta L_N(i,j) - 29,56 \quad (1)$$

$L_{WA}(i,j)$ bestemmes som vist i formel (2), se også Afsnit B.4.2 i Bilag 4.

$$\begin{aligned} L_{WA}(i,1) &= 15,536 \ln v_{i,j} + 34,055 \\ L_{WA}(i,2) &= 0,1765 v_{i,j} + 94,438 \\ L_{WA}(i,3) &= 0,1615 v_{i,j} + 98,228 \end{aligned} \quad (2)$$

$\Delta L_a(i,j)$ bestemmes som vist i formel (3).

$$\Delta L_a(i,j) = -10 \log \left(4a_{i,j} \left(\frac{v_{i,j}}{3,6} \right) \right) \quad (3)$$

$\Delta L_N(i,j)$ bestemmes som vist i formel (4).

$$\Delta L_N(i,j) = 10 \log(N_{i,j}) \quad (4)$$

Herefter beregnes den samlede $L_{Aeq,1h}$ for alle spor og køretøjskategorier som vist i formel (5).

$$L_{Aeq,1h} = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 10^{L_{Aeq,1h}(i,j)/10} \quad (5)$$

Til sidst findes korrektionen $\Delta L_{Aeq,1h}$, som skal anvendes til at korrigere det målte $L_{Aeq,1h}$ ved at beregne differensen mellem $L_{Aeq,1h}$ for kildedata for referencesituation (ref) og for de observerede kildedata (obs) under målingen som vist i formel (6).

$$\Delta L_{Aeq,1h} = L_{Aeq,1h}(ref) - L_{Aeq,1h}(obs) \quad (6)$$

B.5.2 Overordnet databehandling og statistik

B.5.2.1. Definitioner

$L_{Aeq,1h,k}(målt)$: kildeniveau (index k) målt pr. time i kildepunktet nær vejen.

$\Delta L_{Aeq,1h,k}(korr)$: korrektion af kildeniveau pr. time bestemt med metoden beskrevet Afsnit B.5.1 (programmeret i Delphi af CB).

$L_{Aeq,1h,k}(korr) = L_{Aeq,1h,k}(målt) + \Delta L_{Aeq,1h,k}(korr)$: kildeniveau korrigeret til årsmiddelniveau pr. time for et valgt referenceår.

$L_{Aeq,1h,i}(målt)$: immissionsniveau (index i) målt pr. time i immissionspunktet længere fra vejen ("naboposition").

$\Delta L_{Aeq,1h,u}(målt) = L_{Aeq,1h,k}(målt) - L_{Aeq,1h,i}(målt)$: udbredelsesdæmpning (index u) målt pr. time som lydtrykkniveaudifferensen mellem det målte kildeniveau og immissionsniveau.

$M(brgn)$: meteo-klassen beregnet pr. time med metoden baseret på EU-Harmonoise-WP3/WP2. Metoden findes programmeret i Matlab-programmet CalcMeteoClass.m, som udover at indeholde EU-Harmonoise-beregningen også kan udføre tjek for "usandsynlige" støjklasser og reducere antallet af meteo-klasser fra 13 til 9 eller 4 (der anvendes i denne opgave en kode programmeret i Delphi baseret på Matlab-programmet). Ved brug af programmet er valgt reduktion til 4 meteo-klasser og tjek for "usandsynlige" støjklasser. Beregningen vil derfor som resultat være meteo-klassen 8, 13, 18 eller 24 (positivt heltal). Skulle det usandsynlige ske, at der forekommer en "usandsynlig" støjklasser, vil den blive angivet som et negativt heltal og behandles som en timeværdi med en ikke defineret støjklasser.

B.5.2.2. Organisering af kildedata, jf. Tabel 23, side 64

Søjle 1: timeværdier med $L_{Aeq,1h,k}(målt)$

Søjle 2: timeværdier med $\Delta L_{Aeq,1h,k}(korr)$

Søjle 3: timeværdier med $L_{Aeq,1h,k}(korr)$

Søjle 4: timeværdier med $L_{Aeq,1h,k}(korr)$ for dagperioden

Søjle 5: timeværdier med $L_{Aeq,1h,k}(korr)$ for aftenperioden

Søjle 6: timeværdier med $L_{Aeq,1h,k}(korr)$ for natperioden

Timeværdierne i søjle 4, 5 og 6 er identiske med søjle 3 for hver af de tre døgnperioder. Hvis timeværdien ikke tilhører døgnperioden eller hvis værdien mangler i søjle 3, skal cellen i søjle 4, 5 eller 6 være tom af hensyn til beregning af de basale statistikvariable i bunden af søjlerne, som er middelværdien $\bar{X}$, standardafvigelsen $sa(\bar{X})$, antallet af brugbare timeværdier N samt standardubestemtheden s for hver af de tre døgnperioder. Beregningen af standardubestemtheden er beskrevet nedenfor i Afsnit B.5.2.4 herunder.

B.5.2.3. Organisering af udbredelsesdata

Søjle 7: timeværdier med $L_{Aeq,1h,i}(m\dot{a}lt)$

Søjle 8: timeværdier med $\Delta L_{Aeq,1h,u}(m\dot{a}lt)$ som er lydtrykniveaudifferencen mellem lydtrykniveauet i søjle 1 og søjle 7

Søjle 9: timeværdier med meteo-klasse $M(brgn)$. De brugbare værdier er 8, 13, 18 og 24.

Søjle 10: timeværdier med $\Delta L_{Aeq,1h,u}(m\dot{a}lt)$ for $M(8)$

Søjle 11: timeværdier med $\Delta L_{Aeq,1h,u}(m\dot{a}lt)$ for $M(13)$

Søjle 12: timeværdier med $\Delta L_{Aeq,1h,u}(m\dot{a}lt)$ for $M(18)$

Søjle 13: timeværdier med $\Delta L_{Aeq,1h,u}(m\dot{a}lt)$ for $M(24)$

Timeværdierne i søjle 10, 11, 12 og 13 er identiske med værdierne i søjle 8 for hver af de fire brugbare meteo-klasser. Hvis timeværdien ikke tilhører en af de fire meteo-klasser, eller hvis meteo-klassen i søjle 9 mangler, skal cellen i søjle 10, 11, 12 og 13 være tom af hensyn til beregning af de basale statistikvariable i bunden af søjlerne, som er middelværdien $\bar{X}$, standardafvigelsen $sa(X)$, antallet af brugbare timeværdier N samt standard ubestemtheden s for hver af de fire meteo-klasser. Beregningen af standard ubestemtheden er beskrevet i Afsnit B.5.2.4.

B.5.2.4. Kommentarer til beregning af de basale statistikvariable

Standard ubestemtheden bestemmes som $s = sa(X)/\sqrt{N}$.

Bortset fra søjle 1 er kildedata (søjle 2 til 6) statistisk uafhængige af udbredelsesdata (søjle 7 til 13). Det betyder, at timeværdierne i søjle 4 til 6 kan inkluderes i den statistiske analyse, selv om timeværdierne i søjle 10 til 13 mangler og vice versa.

B.5.2.5. Regnearkseksempel på datastruktur

Regnearksfilen "E45 Overordnet databehandling og statistik.xlsx" viser et eksempel på hvordan den ovenfor beskrevne struktur af kilde- og udbredelsesdata kan udformes. Datatyperne i regnearket er her kaldt L, M og H, hvor L er et reelt tal (lydtrykniveauet), M betyder en kode for manglende data og H er et heltal (meteo-klassen). De basale statistikvariable beregnes i søjle 4 til 6 (kun middelværdien $\bar{X}(d)$, $\bar{X}(e)$, $\bar{X}(n)$ og standard ubestemtheden $s(d)$, $s(e)$, $s(n)$ anvendes i beregningen af den overordnede statistik), og søjle 10 til 13 (kun middelværdien $\bar{X}(8)$, $\bar{X}(13)$, $\bar{X}(18)$, $\bar{X}(24)$ og standard ubestemtheden $s(8)$, $s(13)$, $s(18)$, $s(24)$ anvendes i beregningen af den overordnede statistik). Alle data, som inkluderes i de 7 søjler, er af type L.

B.5.2.6. Beregning af overordnet statistik

Den overordnede statistik baseret på de basale statistikvariable blev udført i selvstændigt regi, og er ikke en del af den ovenfor beskrevne datastruktur.

Den overordnede statistik blev udført i to trin, se Afsnit B.5.3, side 66. I trin 1 blev de korrigerede immissionsniveauer $L_{Aeq,i}(d)$, $L_{Aeq,i}(e)$ og $L_{Aeq,i}(n)$ fastlagt for henholdsvis for dag-, aften- og natperioden. Dette blev gennemført på basis de basale statistikvariable bestemt som beskrevet ovenfor for kildedata og udbredelsesdata. Derudover blev udbredelsesdata vægtet med standardfordelingen på de fire meteo-klasser fra den danske meteo-statistik. Meteo-statistikken afhænger af vejens geografiske retning, se Tabel 25 på side 67. I trin 2 blev den korrigerede årsmiddelværdi L_{den} fastlagt på basis de korrigerede immissionsniveauer $L_{Aeq,i}(d)$, $L_{Aeq,i}(e)$ og $L_{Aeq,i}(n)$. Den matematiske beskrivelse af trin 1 og trin 2 er givet i Afsnit B.5.3 herunder.

Time nr.	Organisering af kildedata						Organisering af udbredelsesdata						
	Søjle 1	Søjle 2	Søjle 3	Søjle 4	Søjle 5	Søjle 6	Søjle 7	Søjle 8	Søjle 9	Søjle 10	Søjle 11	Søjle 12	Søjle 13
	$L_{Aeq,1h,k}$ (målt)	$\Delta L_{Aeq,1h,k}$ (korr)	$L_{Aeq,1h,k}$ (korr)	Dag	Aften	Nat	$L_{Aeq,1h,i}$ (målt)	$\Delta L_{Aeq,1h,u}$ (målt)	Meteo- klasse	Meteo- klasse 8	Meteo- klasse 13	Meteo- klasse 18	Meteo- klasse 24
0	L	L	L			L	L	L	H			L	
1	L	L	L			L	L	L	H			L	
2	L	L	L			L	L	L	H				L
3	L	L	L			L	L	L	H				L
4	M	M	M				L	M	H				
5	L	L	L			L	L	L	H				L
6	L	L	L			L	L	L	H			L	
7	L	L	L	L			L	L	M				
8	L	L	L	L			L	L	H			L	
9	L	L	L	L			L	L	H			L	
10	L	L	L	L			L	L	H			L	
11	M	M	M				L	M	H				
12	L	L	L	L			L	L	H			L	
13	L	L	L	L			L	L	H			L	
14	L	L	L	L			L	L	H			L	
15	L	L	L	L			L	L	H			L	
16	L	L	L	L			L	L	H			L	
17	L	L	L	L			L	L	H			L	
18	L	L	L	L			M	M	H				
19	L	L	L		L		L	L	H			L	
20	L	L	L		L		L	L	H			L	
21	L	L	L		L		L	L	M				
22	L	L	L			L	L	L	H		L		
23	L	L	L			L	L	L	H		L		
0	L	L	L			L	L	L	H		L		
1	L	L	L			L	L	L	H			L	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
23	L	L	L			L	L	L	H			L	

Tabel 23 Eksempel på organisering af data – del 1.

Time nr.	Organisering af kildedata						Organisering af udbredelsesdata						
	Søjle 1	Søjle 2	Søjle 3	Søjle 4	Søjle 5	Søjle 6	Søjle 7	Søjle 8	Søjle 9	Søjle 10	Søjle 11	Søjle 12	Søjle 13
	$L_{Aeq,1h,k}$ (målt)	$\Delta L_{Aeq,1h,k}$ (korr)	$L_{Aeq,1h,k}$ (korr)	Dag	Aften	Nat	$L_{Aeq,1h,i}$ (målt)	$\Delta L_{Aeq,1h,u}$ (målt)	Meteo- klasse	Meteo- klasse 8	Meteo- klasse 13	Meteo- klasse 18	Meteo- klasse 24
Statistiske beregninger				X(d)	X(e)	X(n)	Statistiske beregninger			X(8)	X(13)	X(18)	X(24)
				N(d)	N(e)	N(n)				N(8)	N(13)	N(18)	N(24)
				s(d)	s(e)	s(n)				s(8)	s(13)	s(18)	s(24)

Tabel 24 Eksempel på organisering af data – del 2.

B.5.3 Beregning af L_{den} og s_{den}

B.5.3.1. Trin 1: Beregning af $L_{Aeq,i}$ for dag-, aften- og natperioden

$L_{Aeq,i}(d)$ beregnes for dagperioden som vist i formlerne (1) – (3) nedenfor, hvor L_{Aeq} kort betegnes L og indeks i står for "immission", altså "nabopunkt".

I formlerne anvendes af praktiske grunde udbredelses *virksomheden* ΔL_t i stedet for udbredelses *dæmpningen* ΔL_u (modsat fortegn). Index t betegner "transmission".

Standardubestemtheden $s(d)$ på $L_{Aeq,i}(d)$ bestemmes herefter som vist i formel (4) – (6) nedenfor.

Samme formler anvendes til beregning af $L_{Aeq,i}(e)$ og $L_{Aeq,i}(n)$ samt tilhørende $s(e)$ og $s(n)$ for henholdsvis aften- og natperioden ved at erstatte argumentet d med e og n i formlerne.

$p(d,i)$, $p(e,i)$ og $p(n,i)$ er fordelingen i procent på de fire meteo-klasser ($i = 8, 13, 18, 24$) for hver af de tre døgnperioder, dag (d), aften (e) og nat (n), se også Afsnit B.5.4, side 67.

$$L_k(d) = X(d) \quad (1)$$

$$\Delta L_t(d) = -\Delta L_u(d) = 10 \log \left(\sum_{i=8,13,18,24} (p(d,i)/100) 10^{-X(i)/10} \right) \quad (2)$$

$$L_i(d) = L_k(d) + \Delta L_t(d) \quad (3)$$

$$s_k(d) = s(d) \quad (4)$$

$$s_t(d) = \frac{\sqrt{\sum_{i=8,13,18,24} (s(d,i) (p(d,i)/100) 10^{-X(i)/10})^2}}{\sum_{i=8,13,18,24} (p(d,i)/100) 10^{-X(i)/10}} \quad (5)$$

$$s_i(d) = \sqrt{s_k(d)^2 + s_t(d)^2} \quad (6)$$

B.5.3.2. Trin 2: Beregning af L_{den} på basis af L_{Aeq} -værdierne

I trin 2 bestemmes den korrigerede årsmiddelværdi L_{den} og den tilhørende standardubestemthed s_{den} som vist nedenfor baseret på $L_{Aeq,i}(d)$, $L_{Aeq,i}(e)$ og $L_{Aeq,i}(n)$ fra trin 1 for dag-, aften- og natperioden med tilhørende ubestemtheder $s(d)$, $s(e)$ og $s(n)$.

$$L'_i(d) = L_{Aeq,i}(d) + 10 \log \left(\frac{12}{24} \right)$$

$$L'_i(e) = L_{Aeq,i}(e) + 5 + 10 \log \left(\frac{3}{24} \right)$$

$$L'_i(n) = L_{Aeq,i}(n) + 10 + 10 \log \left(\frac{9}{24} \right)$$

$$s'_i(d) = s_i(d)$$

$$s'_i(e) = s_i(e)$$

$$s'_i(n) = s_i(n)$$

$$L_{den} = 10 \log \left(10^{L'_i(d)/10} + 10^{L'_i(e)/10} + 10^{L'_i(n)/10} \right)$$

$$s_{den} = \frac{\sqrt{(s'_i(d) 10^{L'_i(d)/10})^2 + (s'_i(e) 10^{L'_i(e)/10})^2 + (s'_i(n) 10^{L'_i(n)/10})^2}}{10^{L'_i(d)/10} + 10^{L'_i(e)/10} + 10^{L'_i(n)/10}}$$

B.5.4 Definition og af meteo-klasser og hyppighed af deres forekomst

De fire meteo-klasser, der anvendes i den danske beregningsmetode for støj fra vejtrafik, er baseret på en forenkling af EU-klassificeringen (Harmonoise) med 25 mulige klasser (fordelt på 5 vindhastighedsklasser W1-W5 og 5 stabilitetsklasser S1-S5) nummereret M1-M25. Hver klasse er defineret ved en A- og B-værdi, som bestemmer konstanterne i den log-lin lydhastighedsprofil ($c = A \log(z/z_0) + Bz + C$), som definerer lydets opad- og nedadkrumning i lydudbredelsesberegninger med Nord2000 (Bemærk, at definitionen af A og B svarer til Harmonoise Work Package 2 (referencemodellen), men i Harmonoise Work Package 3 (ingeniørmodellen) og i ISO 1996-2 er betydningen af A og B ombyttet!).

De fire meteo-klasser er:

M8: ugunstig (unfavourable) lydudbredelse ($A = -0,4$ og $B = 0$)

M13: neutral lydudbredelse ($A = 0$ og $B = 0$)

M18: moderat gunstig (favourable) lydudbredelse ($A = 0,4$ og $B = 0$)

M24: meget gunstig (very favourable) lydudbredelse ($A = 1,0$ og $B = 0,04$)

I Tabel 25 er for hvert målested vist retningen ($^{\circ}$) af normalen fra vejen til måleposition og den hyppighed af forekomsten af de fire meteo-klasser, som er brugt ved beregningen af bidragene til L_{den} .

Meteo-klasse		M8	M13	M18	M24
Pos. 1-2 304 $^{\circ}$	D	38,0	20,9	24,8	16,4
	E	29,6	22,6	28,5	19,3
	N	24,9	26,1	26,1	23,0
Pos. 2-2 287 $^{\circ}$	D	35,2	19,4	25,2	20,2
	E	27,5	20,6	28,4	23,6
	N	22,2	23,6	26,7	27,5
Pos. 3-2 286 $^{\circ}$	D	35,0	19,3	25,2	20,4
	E	27,3	20,5	28,4	23,8
	N	22,1	23,4	26,7	27,8
Pos. 3-3 106 $^{\circ}$	D	48,7	19,7	19,6	12,0
	E	40,2	22,8	20,5	16,5
	N	30,3	26,3	22,0	21,3
Pos. 4-2 266 $^{\circ}$	D	32,9	17,8	25,4	23,9
	E	25,5	18,7	27,8	28,0
	N	19,7	20,7	27,4	32,3

Tabel 25 Hyppigheder [%] af forekomsten af meteo-klasserne M8, M13, M18 og M24 for hvert målested. Retningen [$^{\circ}$] af normalen til vejen er angivet for hver måleposition.

Bilag 6 Mulige fejl i måleresultaterne

Måleresultaterne indsamlet i position 2-1 i Skibby i efteråret 2019 er vist i Figur 47 (sort kurve). Det er de samme resultater som i Figur 18, side 36. Der mangler måleresultater for en uge hen mod afslutningen af målingerne. Visuelt ser det ud, som om niveauerne registreret i de første par uger gennemgående var noget højere end i de følgende uger. Samtidigt viser resultaterne fra Pos. 2-2 længere fra vejen vist i Figur 7 på side 24, at niveauerne dér ikke var tydeligt højere i de første uger end i den øvrige tid. Den røde kurve i Figur 47 viser støjniveauerne i position 2-1 beregnet efter Nord2000 i forbindelse med normaliseringen af måleresultaterne. Heller ikke disse niveauer er i de første uger forskellige fra den øvrige tid. Det kunne tyde på en fejl i måleresultaterne tæt ved vejen, formentlig i den sidste del af måleperioden. Det er imidlertid i modstrid med indikationerne fundet i Afsnit B.4.4 i Bilag 4 af, at dæmpningerne af støjen, der blev målt i sommerperioden, er for store.

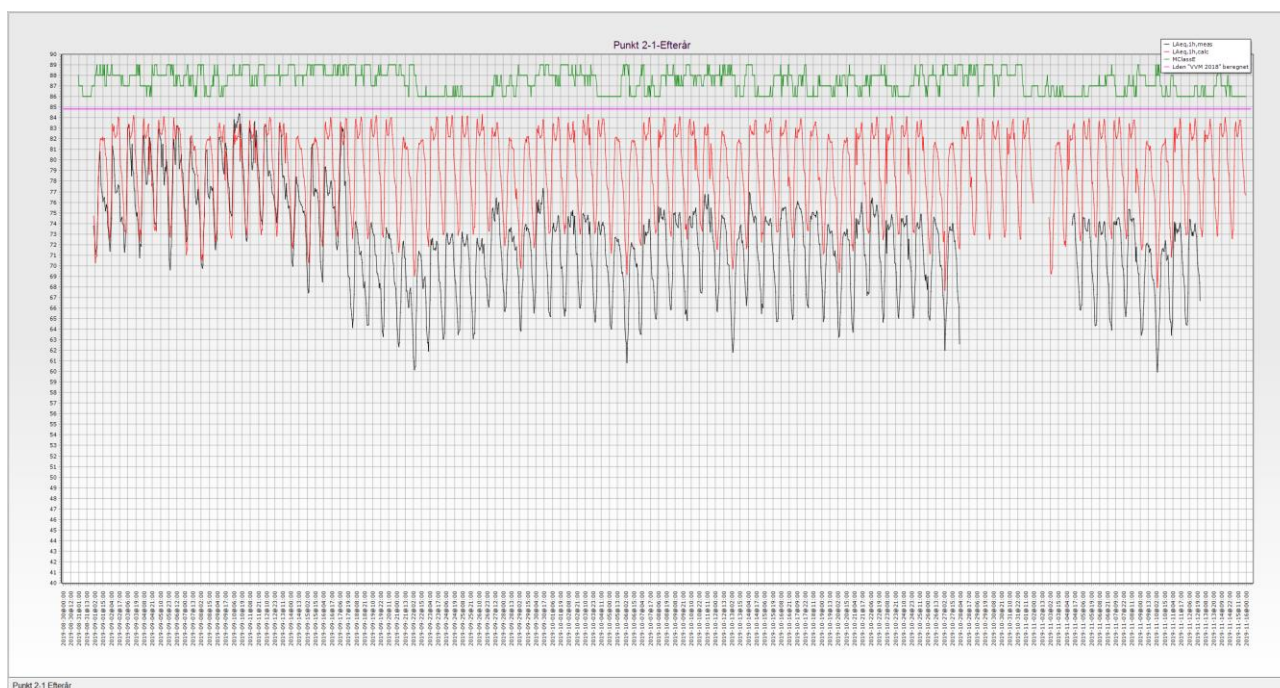
Figur 48 viser forskellene ΔL mellem niveauerne målt i Pos. 2-1 tæt på vejen og niveauerne målt i Pos. 2-2 længere fra vejen, som er vist i Figur 7, side 24. På den vandrette akse er for nemheds skyld vist nummeret af timen i måleserien i stedet for klokkeslættet for målingen. Disse støj dæmpninger var tydeligt højere i starten end i den øvrige tid.

I Tabel 26 er vist gennemsnitsværdierne af hhv. $L_{Aeq,1h}$ målt i position 2-1 og position 2-2 og støj dæmpningen ΔL fra position 2-1 til position 2-2 samt standardafvigelsen på disse middelværdier. Alle værdier er vist for hver af tre perioder i starten, i midten og i slutningen af målingerne. Middelværdierne af $L_{Aeq,1h}$ i position 2-1 var højere i de første knapt 2 uger, nemlig ca. 7 dB, end i de følgende uger. Støjniveaernes variation var mindre i slutningen af måleserien end i begyndelsen og midten, men denne sidste del af måleserien var også den korteste.

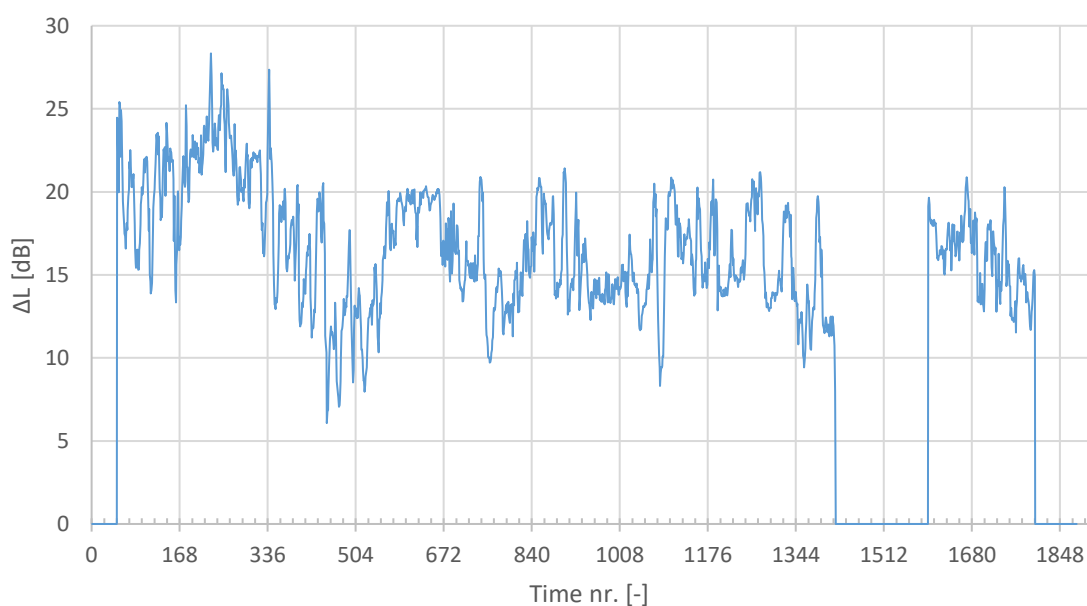
Støj dæmpningerne var tydeligt større, af størrelsesordenen 5 dB, i starten af måleserien end i resten af perioden, mens variationen i støj dæmpningen pr. time var nogenlunde den samme over alle tre tidsrum.

	Tidsrum 2019		
Datoer	1-13/09	14/9-28/10	4-12/11
Timer nr.	49-346	347-1419	1597-1800
Pos 2-1			
$L_{Aeq,1h}$ middel [dB]	77,8	71,1	70,3
Stdafv [dB]	3,6	3,9	5,0
Pos 2-2			
$L_{Aeq,1h}$ middel [dB]	56,6	55,7	53,3
Stdafv [dB]	4,4	4,8	2,0
Pos 2-1 minus Pos 2-2			
ΔL middel [dB]	21,2	15,5	17,0
Stdafv [dB]	2,7	3,0	3,0

Tabel 26 Gennemsnit og standardafvigelse på gennemsnittet af $L_{Aeq,1h}$ og støj dæmpningen ΔL for tre dele af måleperioden om efteråret, målested nr. 2, Skibby.



Figur 47 Målte og beregnede støjniveauer $LA_{eq,1h}$ i position 2-1 som funktion af tiden, Skibby, Efterår.



Figur 48 Støjdæmpning fra positionen tæt på vejen til positionen langt fra vejen, målested nr. 2, Skibby, Efterår.