



We help ideas meet the real world

Rapport

Vurdering af støjmålinger ved byggepladser

Udført for Transportministeriet og Metroselskabet I/S

TC-100645

Sagsnr.: I100332-04

Side 1 af 54

26. juni 2014

DELTA

Venlighedsvej 4

2970 Hørsholm

Danmark

Tlf. +45 72 19 40 00

Fax +45 72 19 40 01

www.delta.dk

CVR nr. 12275110

Titel
Vurdering af støjmålinger ved byggepladser

Journal nr.
TC-100645

Sagsnr.
I100332-04

Vores ref.
CB/JEL/ilk

Rekvirent
Transportministeriet og Metroselskabet I/S
Metrovej 5
2300 København S

Rekvirentens ref.
Margot Brabrand

DELTA, 26. juni 2014



Claus Backalarz
Akustik



Jens E. Laursen
Akustik



Indholdsfortegnelse

1. Baggrund for undersøgelsen	5
1.1 Ny lov, bekendtgørelser og VVM.....	5
1.2 Byggefaser og støjgrænser.....	6
1.3 Kommissorium fra Transportministeriet	6
1.4 Undersøgelsens parter.....	6
1.5 Uvildighed og kompetence	7
1.6 Fagudtryk	7
2. Fremgangsmåde i undersøgelsen	8
2.1 Besøg på byggepladserne.....	8
2.2 Konsultationer hos Metroselskabet, CMT og Grontmij	8
2.3 Korrespondance med Sigicom	8
2.4 Parallelle støjmålinger og kalibreringer.....	9
2.5 Vurdering af målepositioner	9
2.6 Møder med følgegruppen.....	9
2.7 Borgermøde	9
3. Borgermøde	10
3.1 Generelle spørgsmål og kommentarer	10
3.1.1 Kommentarer fra DELTA vedr. de generelle spørgsmål og kommentarer	10
3.2 Ønsker og spørgsmål fra nabo til Marmorkirken.....	12
3.2.1 Kommentarer fra DELTA til ønsker og spørgsmål fra nabo til Marmorkirken	12
3.3 Ønsker og spørgsmål fra nabo til Nørrebroparken	12
3.3.1 Kommentarer fra DELTA til ønsker og spørgsmål fra nabo til Nørrebroparken	12
3.4 Henvendelse fra nabo til Nørrebroparken.....	13
3.4.1 Kommentarer fra DELTA til henvendelse fra nabo til Nørrebroparken	13
4. CMT's støjmålinger	14
4.1 Arbejdsgang og dataflow	14
4.2 Måleprincipper.....	16
4.3 Lydmålerplaceringer.....	17
4.4 Usikkerhedsfaktorer.....	18
4.4.1 Instrumentbetinget usikkerhed.....	18
4.4.2 Usikkerhed på grund af meteorologien.....	18
4.4.3 Usikkerhed på grund af refleksion i egen facade.....	18

4.4.4 Usikkerhed på grund af baggrundsstøj	19
4.5 Baggrundsstøj	19
5. Observationer og måleresultater	21
5.1 Byggepladsbesigtigelser	21
5.2 DELTA's kalibreringer af CMT's lydtrykmålere.....	21
5.3 CMT's kalibreringer	23
5.4 Parallelmålinger.....	23
6. Forslag til ændringer	25
6.1 Procedurer for kontrol og kalibreringer	25
6.2 Procedurer for kontrol af databehandling hos CMT	25
6.3 Procedurer for registrering af nedbrud af målerne.....	25
6.4 Procedure for flytning af lydmålere i forbindelse med skift af anlægsfase	26
6.5 Korrektion af mikrofonernes placering i forhold til de reflekterende flader	26
6.6 Anbefalinger til ændrede og nye placeringer af lydmålere.....	28
6.7 Implementering af anbefalingerne	30
7. Konklusion	31
8. Referencer.....	32
Appendiks 1 - Billeder af CMT's lydmålere	33
Appendiks 2 - Fotos fra de besøgte byggepladser.....	35
Appendiks 3 - Kommissorium	38
Appendiks 4 - Oversigt over byggepladser	39
Appendiks 5 - Følgegruppen	40
Appendiks 6 - Opgørelse af målerudfald	41
Appendiks 7 - Sigicom's målesystem	42
Appendiks 8 - Kontrol af CMT's lydmålere	43
Appendiks 9 - Byggefaser	45
Appendiks 10 - Nye og ændrede lydmålerplaceringer	46
Appendiks 11 - StøjABC	50
Appendiks 12 - Støjbarometer	54

1. Baggrund for undersøgelsen

DELTA er af Transportministeriet og Metroselskabet blevet rekvireret til at undersøge støjmålingerne, som entreprenøren CMT (Copenhagen Metro Team) løbende foretager ved hver af de 20 byggepladser, hvor der foretages udgravninger til stationer og tunnelskakter til den kommende Metro-Cityring.

Formålet med undersøgelsen er at sikre, at støjmålingerne fungerer efter hensigten i forbindelse med ikrafttrædelsen af Lov om ændring af lov om en Cityring og ligningsloven [1] og de deraf følgende bekendtgørelser om forurening, gener og kompensation fra anlægget af Cityringen.

1.1 Ny lov, bekendtgørelser og VVM

Transportministeriet oplyser følgende om baggrunden for ”Lov om ændring af lov om en Cityring” (citerer fra trm.dk dateret 21. februar 2014):

Et bredt politisk flertal gør nu lovgivningen omkring Cityringen mere klar. Det sker både af hensyn til projektets økonomi og tidsplan og for at forbedre retsstillingen for naboerne, der nu får lettere adgang til erstatning og genhusning.

Baggrunden for lovindgrebet er, at der på baggrund af en række klageforløb i Natur- og Miljøklagenævnet er skabt betydelig usikkerhed omkring Cityringen. Senest har Natur- og Miljøklagenævnet den 5. februar 2014 ophævet Københavns Kommunes principbeslutning om udvidet arbejdstid på metroen og alle tilladelser udstedt på baggrund heraf.

Parterne bag aftalen er enige om at støtte et lovforslag fra transportministeren, som forventes vedtaget i denne folketingssamling. Det ændrer rammerne om metrobyggeriet på en række områder:

1) Der kommer en nabopakke, som fordobler de samlede midler til kompensation for generne fra byggeriet.

2) Transportministeriet vil gennemføre en supplerende VVM-vurdering af projektet.

3) Der kommer klare rammer omkring metrobyggeriet, både når det gælder støj og håndtering af grundvand. Støjen fra metrobyggeriet vil for fremtiden være reguleret gennem generelle regler i en ny bekendtgørelse. Da der bliver tale om generelle regler i stedet for konkrete afgørelser, vil det ikke være muligt at klage til Natur- og Miljøklagenævnet. Det skaber til gengæld sikkerhed for vilkårene omkring byggeriet for både projektet og naboerne.

1.2 Byggefaser og støjgrænser

I forbindelse med arbejdet med den nye lov er der blevet defineret en række anlægsfaser, som er gengivet i udkast til Bekendtgørelse om forurening og gener fra anlægget af Cityringen [3]. For hver anlægsfase og for hver byggeplads er der i den nævnte bekendtgørelse angivet støjgrænseværdier for støjen fra byggepladserne i dag-, aften- og natperioden. Anlægsfaserne er beskrevet i denne rapport's Appendiks 9 - *Byggefaser*.

1.3 Kommissorium fra Transportministeriet

Transportministeriet har skrevet et kommissorium for undersøgelsen, der i den fulde ordlyd kan ses i Appendiks 3 - *Kommissorium*.

Undersøgelsen skal ifølge kommissoriet omfatte:

- Indretningen af det samlede målesystem og dokumentation for teknisk korrekt udførelse (f.eks. støjmålerens placering, antal støjmålere, deres funktion, offentliggørelse af støjmålinger mv.)
- Eventuelle anbefalinger til forbedringer af det samlede målesystem
- Eventuelle anbefalinger til justeringer som følge af det forventede nye regelsæt

Undersøgelsen skal altså alene afdække den tekniske del af målingerne og granske målekæden fra mikrofon til færdig støjkurve på Metroselskabets hjemmeside. Andre aspekter af støjmålingerne og byggeriet i det hele taget, som fx grænseværdier, administrative forhold og genevirkninger af støjimpulser, er ikke en del af kommissoriet.

1.4 Undersøgelsens parter

Metroselskabet, der ejes af Staten, Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune.

Transportministeriet, der har udarbejdet en supplerende VVM-redegørelse og iværksat undersøgelsen af støjmålesystemet.

Entreprenøren CMT (Copenhagen Metro Team), der udfører arbejdet på byggepladserne og har ansvaret for de løbende støjmålinger, som undersøgelsen omfatter.

Grontmij, der er CMT's støjrådgiver og ejer af målesystemet, der registrerer støjen ved byggepladserne. Grontmij har udlånt en medarbejder til CMT, som tager sig af praktiske og datatekniske forhold vedr. målingerne.

COWI, der er Metroselskabets støjrådgiver og bl.a. har udarbejdet facadestøjberegningerne i den supplerende VVM-redegørelse.

Naboerne til byggepladserne, der via et borgermøde afholdt i forbindelse med undersøgelsen har haft mulighed for at fremkomme med kommentarer og ønsker til undersøgelsen.

Undersøgelsens følgegruppe bestående af repræsentanter for Københavns Kommune, Frederiksberg Kommune, Transportministeriet og Metroselskabet. Følgegruppens medlemmer er listet i Appendiks 5 - *Følgegruppen*.

DELTA, der af Metroselskabet er hyret til at forestå undersøgelsen.



1.5 Uvildighed og kompetence

DELTA er akkrediteret af DANAK til at foretage støjmålinger på en lang række områder, herunder måling og beregning af ekstern støj. DELTA Akustiks aktiviteter startede i 1941, og DELTA har gennem årene stået for en stor del af udviklingen af støjmålemetoder og standarder i Danmark, herunder en del af Miljøstyrelsens vejledninger om ekstern støj.

Det er beskrevet i DELTA's vedtægter § 2, at *DELTA Dansk Elektronik, Lys & Akustik er en selvejende og almennyttig virksomhed, som skal være uafhængig af særinteresser og eksterne parter.*

DELTA Akustik har tidligere foretaget undersøgelsen af Metroselskabets støjberegninger (se [2]) og været rådgiver for Ekspropriationskommissionen i forbindelse med naboernes erstatninger for støjgener. Desuden har DELTA foretaget orienterende støjmålinger for naboerne til byggepladserne Aksel Møllers Have og Nørrebroparken samt rådgivet vedrørende de støjmålinger, naboerne selv foretager.

DELTA har inden for rammerne af Transportministeriets kommissorium (se Appendiks 3 - *Kommissorium*) selv planlagt undersøgelsen og udpeget de parter i sagen, der er blevet inddraget i undersøgelsen.

Transportministeriet har via kommissoriet pålagt Metroselskabet at få foretaget undersøgelsen. Sidstnævnte betaler DELTA's honorar for opgaven.

1.6 Fagudtryk

Der benyttes en del akustiske fagudtryk i denne rapport. Der henvises til Appendiks 11 - *StøjABC*, hvori de mest almindelige udtryk og begreber er forklaret.

2. Fremgangsmåde i undersøgelsen

Undersøgelsen startede den 21. maj 2014, hvor DELTA for følgegruppen fremlagde planen for undersøgelsen.

2.1 Besøg på byggepladserne

Samtlige byggepladser på nær tunnelarbejdspladsen på Otto Bussesvej (hvor der ikke foretages støjmålinger) er inspiceret af DELTA den 28. maj og den 3. juni 2014. Ved besøgene deltog repræsentanter for følgegruppen, Metroselskabet, CMT og Grontmij. For at kunne nå at besøge de 20 byggepladser blev deltagerne delt op i to hold hver med en DELTA-medarbejder og én eller flere repræsentanter for de øvrige involverede. Datoerne for besøgene er vist i Tabel 1.

Til brug for de videre undersøgelser blev der ved hjælp af kameraer monteret på kulfiberstænger foretaget filmoptagelser af byggepladserne fra alle lydmålerplaceringerne. Endvidere blev der taget billeder af lydmålerne og byggepladserne. For hver lydmåler blev der taget noter om højde over terræn, monteringsprincip, specielle forhold m.m.

For tilfældigt udvalgte lydålere fremviste CMT for DELTA kabelføring, dataopsamler, strømforsyning og andre tekniske detaljer ved måleudstyret.

2.2 Konsultationer hos Metroselskabet, CMT og Grontmij

CMT blev på adressen Metrovej 11, København S, besøgt den 16. juni 2014, hvor CMT demonstrerede, hvordan måledata fra lydålerne blev downloadet, og hvordan kurverne over de målte støjniveauer blev fremstillet. Desuden har CMT løbende besvaret spørgsmål om praktiske forhold ved målingerne både ved besøgene på byggepladserne den 28. maj og den 3. juni 2014 samt ved efterfølgende besøg på pladserne.

Grontmij har i kraft af deres omfattende støjmålinger på byggepladsernes maskiner og arbejdsprocesser en stor viden om de støjende aktiviteter på pladserne. Grontmij er derfor under byggepladsbesøgene, og efterfølgende pr. telefon, blevet konsulteret vedr. støjmæssige forhold.

Metroselskabet har under et besøg på adressen Metrovej 5, København S, den 18. juni 2014 redegjort for deres håndtering af støjdata fra byggepladsmålingerne, inden de lægges på Metroselskabets hjemmeside.

2.3 Korrespondance med Sigicom

Det svenske firma Sigicom har leveret systemet, der måler støjen ved byggepladserne. Sigicom er via mail og telefon blevet kontaktet vedr. spørgsmål om kalibrering, dataoverførsler m.m.



2.4 Parallele støjmålinger og kalibreringer

Under besøgene på byggepladserne den 3. juni 2014 foretog DELTA med eget kalibreret udstyr målinger tæt på to tilfældigt udvalgte af CMT's målemikrofoner (parallelmåling) ved Nørrebroparken og Frederiksberg Allé. Desuden blev der på to ligeledes tilfældigt udvalgte CMT-målere påført et kalibrerings-signal med DELTA's kalibrator ved Aksel Møllers Have og Nørrebroparken.

Den 5. juni 2014 blev der ved CMT's mikrofon i Aksel Møllers Have foretaget parallelmålinger samt målinger forskellige steder på facaden og vinduet tæt ved CMT's mikrofon. Sidstnævnte blev ligeledes påført et kalibreringssignal.

Den 12. juni 2014 blev der tæt ved lydmåleren på Nuuks Plads foretaget parallelmålinger, og CMT's mikrofon blev også her påført et kalibreringssignal. Desuden blev der foretaget målinger med DELTA's udstyr forskellige steder på facaden nær vinduet, hvorpå CMT's lydmåler er monteret samt på selvsamme vindue.

2.5 Vurdering af målepositioner

Alle målepositioner er kritisk gennemgået under hensyntagen til placeringen i forhold til den mest støjbelastede facade. Denne undersøgelse har taget udgangspunkt i COWI's facadestøjberegninger, der er en del af supplementet til VVM-redegørelsen. Tillige er Grontmij's støjberegninger [10] benyttet i denne vurdering.

2.6 Møder med følgegruppen

Der er afholdt møder med følgegruppen 21. maj, 2. juni, 10. juni og 20. juni 2014. På første møde blev DELTA's plan for målingerne forelagt og godkendt, på de øvrige møder blev fremdriften og foreløbige observationer fremlagt. På mødet den 20. juni blev resultater, konklusioner og anbefalinger fremlagt og diskuteret.

2.7 Borgermøde

Den 11. juni 2014 afholdte Transportministeriet på Metroselskabets adresse et offentligt møde for naboerne til byggepladserne. Formålet med mødet var at informere om undersøgelsen og høre naboernes synspunkter. DELTA fortalte om undersøgelsen og dennes fremdrift, og der var efterfølgende mulighed for at stille spørgsmål, fremkomme med forslag til yderligere undersøgelser og kommentere undersøgelsen.

3. Borgermøde

Transportministeriet afholdt som nævnt den 11. juni 2014 et offentligt møde for naboerne til byggepladserne. Ca. 20 naboer var mødt op.

Nedenstående spørgsmål og ønsker er noteret af DELTA under mødet. Nederst er desuden refereret til en efterfølgende henvendelse fra en borger, der er nabo til Nørrebroparkens byggeplads.

3.1 Generelle spørgsmål og kommentarer

1. Forslag om – alternativt til facademålinger – at montere lydmåleren i en dæmpet, lydabsorberende kasse, således at man undgår refleksioner og derved måler i en slags frit felt.
2. Forslag om, at 6 dB-målingen – i stedet for på beboernes facader – foretages på en plade opsat over byggepladshegnet. Målingen korrigeres herefter for afstand til beboere.
3. Hvad er bedst: En 6 dB-måling på murværk eller på sprosser?
4. Flere beboere påpeger, at impulslyde er alvorlige, fordi de vækker folk. Det foreslås, at impulslydene måles og dokumenteres for offentligt at synliggøre omfanget af disse.
5. Er der i støjmålingerne taget højde for støjgenen fra impulser?
6. Lastbilernes bakalarmer er meget generende.
7. Forslag om at gemme lydfiler for at kunne dokumentere årsager til særligt kraftige lyde.
8. Bør støjen ved beboerne ikke sammenlignes med grænseværdierne for akkumuleret støj?
9. Kan vi blive skadet af støjen, og hvordan påvirker støjen os på længere sigt?

3.1.1 Kommentarer fra DELTA vedr. de generelle spørgsmål og kommentarer

Ad.1. Ideen er besnærende, men en sådan kasse absorberer og reflekterer imidlertid ikke alle frekvenser i samme grad, hvilket giver en skævvridning af frekvensspektret og støjniveauet, og resultatet vil derfor ikke være et udtryk for dét som beboeren oplever. Metoden egner sig derfor ikke til denne sag.

Ad.2. Målingen på en plade over byggepladshegnet kunne have den fordel, at en del af trafikstøjen uden for hegnet ville blive skærmet, så målingen blev mindre forstyrret af baggrundstøj. Forslaget minder om ekstrapolationsmetoden, som er beskrevet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1993. En ulempe ved denne placering på målepladen er, at lydmåleren i højere grad opfanger de aktiviteter, der foregår tæt på og lige neden for hegnet - en støj som ellers kunne være skærmet af hegnet. Afhængigt af byggepladsen, reflekterende bygninger i nærheden og af boligens placering kan en måling på byggepladshegnet give et mere eller mindre korrekt billede af støjbidraget på facaden. Metoden vil i de fleste situationer ikke være repræsentativ for naboens

virkelige støjoplevelse, i hvert fald skal måleresultaterne korrigeres, så de repræsenterer støjbidraget i frit felt ved nærmeste facade.

- Ad.3. Ideelt set bør en 6 dB-måling foretages på en meget stor, helt reflekterende og ensartet plade. Dette findes sjældent i virkeligheden, hvor man må tage til takke med mindre flader. Det anses dog for en god løsning at foretage målingen på murværk, hvor der er mere end ca. 1 meter til større reflekterende fremspring. Opsætning på midtersprossen på et vindue kan være en tilstrækkelig god løsning for byggepladsstøj, men præcisionen kan øges ved at måle på ruden eller på en opsat plade foran ruden.
- Ad.4. Ønsket er noteret, men det ligger uden for DELTA's opgave at foreslå ændringer til de målte parametre.
- Ad.5. Nej, der tillægges ikke 5 dB for impulser. I §4 i Byggepladsbekendtgørelsen [3] står (citater): *Ved vurdering af støjniveauet skal der ikke tillægges 5 dB(A) for tone- og impulsstøj.*
- Ad.6. Lastbilernes bakalarmer indgår i den samlede støj fra byggepladsen og måles af CMT's lydmålere. Det er korrekt, at støjen fra bakalarmerne virker mere generende end mere stationær støj. Metroselskabet har indskærpet, at bakalarmer kun må benyttes på hverdage i dagperioden kl. 07-18.
- Ad.7. Der er generelle juridiske spørgsmål omkring overvågning, som først skal afklares.
- Ad.8. Akkumuleret støj kaldes også for "støjdosis". Begrebet anvendes normalt i forbindelse med den støj som medarbejdere på en arbejdsplads udsættes for. Her er det Arbejdstilsynets regler, der er gældende. Disse regler er imidlertid ikke relevante i den aktuelle sag, som handler om støj i det eksterne miljø. Støjgrænserne for miljøstøj er langt mere restriktive end for støj på arbejdspladsen. Spørgeren har en pointe i, at den samlede støjpåvirkning over længere perioder kan være bestemmende for graden af genevirkningerne.
- Ad.9. Der foreligger en del undersøgelser af dette emne, men det er ikke et felt, hvor DELTA har stor viden. Der henvises derfor til undersøgelserne, der er beskrevet flere steder på Internettet. Endvidere beskrives sundhedsaspekter i den supplerende VVM-redegørelse [5].

3.2 Ønsker og spørgsmål fra nabo til Marmorkirken

1. Bør støj fra ventepladser uden for pladsen ikke regnes med i beregningsmodellen, især med tanke på de mange lastbiler der kommer i fremtiden?
2. Står lydmålerne hensigtsmæssigt ved Marmorkirken?
3. Er lydmålerne placeret højt nok?
4. Forslag om opsætning af en ekstra lydmåler på Frederiksgade 2.

3.2.1 Kommentarer fra DELTA til ønsker og spørgsmål fra nabo til Marmorkirken

- Ad.1. Ønsket er noteret. Metroselskabet påpeger, at støjen fra lastbiler på offentlig vej ikke skal medregnes til byggepladsstøjen. Eventuel støj fra holdende lastbiler uden for byggepladserne indgår ikke i støjberegningerne, men måles af CMT's lydmålere.
- Ad.2. Den sydlige af de 2 lydmålere på byggepladsen ved Marmorkirken er monteret på toppen af en reglar (lægte) i skellet til byggepladsen. Hvis den var placeret på facaden af den nærmeste bygning, ville støjniveauet nok være mere veldefineret (en +6 dB-måling) og ville dermed mere korrekt beskrive den oplevede gene ved boligen. Den østlige lydmåler er placeret for enden af byggepladsen på en boligfacade med god udsigt til støjklenderne på byggepladsen.
- Ad.3. Ja. Med de forholdsvis store højder, der er valgt, vil kun en lille del af støjbidraget fra støjklenderne være skærmet af støjvæggene rundt om pladserne. De mest belastede boliger (beliggende over stueetagen og 1. sal) er derfor godt repræsenteret.
- Ad.4. Ønsket er noteret.

3.3 Ønsker og spørgsmål fra nabo til Nørrebroparken

1. Beboer kommenterer, at lydmålerne ved Nørrebroparken ofte er "faldet ud".
2. Beboer foreslår, at DELTA undersøger "bagkataloget".
3. Vil DELTA fremover hjælpe med at kontrollere, at lydmålerne måler rigtigt?

3.3.1 Kommentarer fra DELTA til ønsker og spørgsmål fra nabo til Nørrebroparken

- Ad.1. CMT siger, at dette oftest har skyldtes batterier, som ikke er blevet skiftet i tide. Problemet er stærkt reduceret, efter at mange af lydmålerne har fået en 230V strømforsyning eller et solcellepanel. Der henvises til Appendiks 6 - *Opgørelse af målerudfald*, hvor alle lydmålernes udfald er listet.
- Ad.2. En undersøgelse af støjhistorikken for lydmålerne ligger uden for rammerne af den aktuelle undersøgelse med at kontrollere mikrofoner, målekæde og måleudskrifter.
- Ad.3. DELTA vurderer, at kontrollen af lydmålerne er i sikre hænder hos Grontmij, som allerede varetager denne opgave. Grontmij er akkrediteret af DANAK.

3.4 Henvendelse fra nabo til Nørrebroparken

En nabo til Nørrebroparken har den 17. juni 2014 kontaktet DELTA med følgende spørgsmål og kommentarer:

1. DELTA skrev i notatet [2], at baggrundsstøjen ikke var et problem, men DELTA hævdede på borgermødet, at det (nu) er et problem for målingerne.
2. Der holder ofte lastbiler i kø på Hillerødgade i perioden kl. 06.30 til 07.00 med motorerne i tomgang, hvorved støjgrænserne overskrides.
3. Lydmåleren på Krogerupgade bør flyttes, da den sidder for højt og afskærms af altanen under lydmåleren.

3.4.1 Kommentarer fra DELTA til henvendelse fra nabo til Nørrebroparken

Ad.1. Beboeren henviser til følgende i afsnit 7.2 i [2]: *Baggrundsstøjen vil have en vis betydning for målingernes validitet med hensyn til at beskrive støjen fra byggepladserne. Ved gennemgang af en del af de målinger, der allerede er foretaget (fundet på Metroselskabets hjemmeside), kan det konkluderes, at baggrundsstøj over 50 dB(A) normalt kun forekommer kortvarigt. Da grænsen for tildeling af erstatninger er 55 dB(A) - og der beregnes og måles støjbidrag på op til 70 dB(A) og højere - må det forventes, at baggrundsstøjen normalt kun har en mindre indvirkning på målingerne af støjen fra byggepladserne.*

Et mere omfattende udvalg af støjkurver fra Metroselskabets hjemmeside er gennemgået ved undersøgelsen i 2014. Hvis man for de byggepladser, hvor der ikke må arbejdes om natten, tager støjniveauet lige før kl. 07, hvor morgentrafikken er godt i gang, og hvor de støjende aktiviteter på byggepladsen normalt ikke er i drift, som udtryk for baggrundsstøjen kan man se, at denne på nogle dage ligger mellem ca. 50 og 60 dB(A) ved visse byggepladser. For Nørrebroparken, hvor der er døgnarbejde, ses samme tendens for lydmålerne på Krogerupgade og Hillerødgade, der begge måler en del støj fra den meget trafikerede Hillerødgade. På det grundlag er det stadig DELTA's vurdering, at lydmålerne er velegnede til at dokumentere de høje grænseværdier (ca. 65 til 90 dB(A)).

Men indeværende undersøgelse, herunder diskussioner med Metroselskabet og CMT, har klargjort, at resultater fra lydmålere, der sidder på meget trafikerede gader som fx Hillerødgade ved Nørrebroparken, er betydeligt påvirkede af baggrundsstøjen, når overholdelse af lavere grænseværdier på fx 62 dB(A) skal dokumenteres. Der henvises i øvrigt til afsnit 4.5.

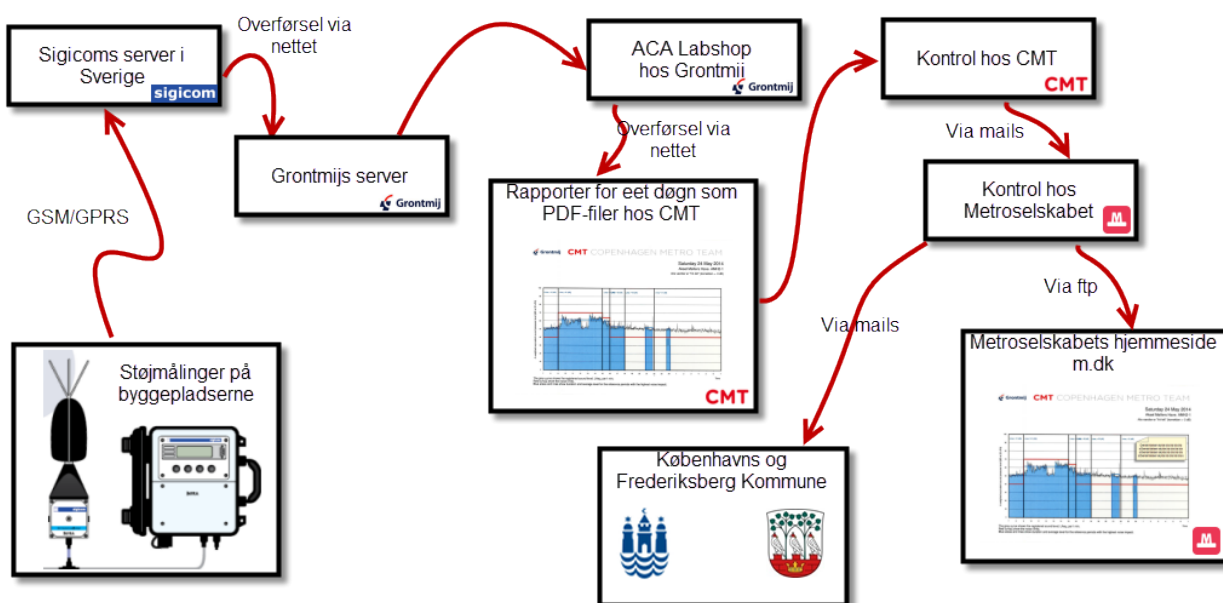
Ad.2. Denne observation er videregivet til Metroselskabet.

Ad.3. Flytningen af lydmåleren på Krogerupgade er en af DELTA's anbefalinger.

4. CMT's støjmålinger

4.1 Arbejdsgang og dataflow

Det overordnede dataflow fra mikrofon til tilsynsmyndighed samt offentliggørelse på Metroselskabets hjemmeside er illustreret i Figur 1.



Figur 1

Dataflow fra mikrofon til tilsynsmyndighederne og Metroselskabets hjemmeside.

Den benyttede lydmåler S50 er et klasse 1 instrument, hvilket betyder, at den måler med høj præcision. Der kræves fx klasse 1 instrumenter, hvis støjmålinger skal kunne rapporteres som "Miljømåling - ekstern støj", der er et kvalitetskrav til målinger af ekstern støj.

Lydmålerne midler støjen målt for hvert minut med tidskonstanten FAST (125 ms) og sender $L_{Aeq,1min}$ til dataloggeren (kassen med displayet nederst til venstre på Figur 1). Selvom hver datalogger kan opsamle data fra flere lydtrykmålere, er der normalt kun én lydtrykmåler tilsluttet hver datalogger. Visse steder er der også tilsluttet Sigicom's såkaldte geofoner, der måler vibrationer på fx fundamenter. Målingerne er via Sigicom's server synkroniseret, så de altid følger lokal tid og starter på hele minuttal fx kl. 13.00:00, 13.01:00 og 13.02:00. Udover $L_{Aeq,1min}$ registreres og gemmes også den højeste $L_{pAmaxFAST}$ værdi, der er målt i det pågældende minut, men denne værdi benyttes ikke af CMT. Der er også mulighed for at optage op til 10 sekunder af den lyd mikrofonen opfanger, når $L_{pAmaxFAST}$ overstiger en forudindstillet værdi fx 90 dB(A), men denne mulighed udnyttes ikke, dels fordi det genererer store datamængder, dels fordi lovligheden af sådanne optagelser ikke er afklaret. Lydoptagelserne er i øvrigt af hensyn til datamængden af Sigicom

begrænset til et mindre frekvensområde og kan således ikke benyttes til frekvensanalyser og anden mere avanceret databehandling.

Dataloggerne var i starten hovedsageligt strømforsynet med batterier, men der sker en løbende udskiftning til 230V strømforsyninger og batterier kombineret med solceller. I Appendiks 6 - *Opgørelse af målerudfald* er det angivet, hvordan de forskellige lyd-målere/dataloggere er forsynet med strøm.

I dagtimerne overføres data fra dataloggerne til Sigicom's server hver time via mobiltelefonnettet. Om aftenen og natten sker overførslen sjældnere af hensyn til bl.a. batteristrømforbruget.

Hver morgen sørger Grontmij's PC-program ACA Labshop for at downloade data fra alle dataloggerne for de foregående 24 timer fra Sigicom's server til Grontmij's server. Hver lyd-måler genererer $24 \times 60 = 1440$ $L_{Aeq,1minut}$ -værdier pr. døgn. For hver af de pt. 24 lyd-målere gennemløber programmet de 1440 resultater, og de mest belastede 8 timer, 1 time og ½ time findes, og de tilsvarende $L_{Aeq,dag}$ -, $L_{Aeq,aften}$ - og $L_{Aeq,nat}$ -værdier beregnes. Tilsvarende for lørdage, søndage og helligdage, hvor der er andre referenceperioder jf. [7].

Sluttelig optegner ACA Labshop de 1440 værdier på en kurve (se fx Figur 4) sammen med grænseværdierne ved den pågældende lyd-måler (røde vandrette streger), de beregnede $L_{Aeq,dag}$, $L_{Aeq,aften}$ og $L_{Aeq,nat}$ -værdier (blå vandrette linjer samt værdierne som tal), korrektion for måleren (-3 eller -6 dB) samt dato, navn på byggeplads og lyd-måler-id. Kurverne er korrigeret til frit felt svarende til, at der for +3 dB og +6 dB målere er fratrukket henholdsvis 3 og 6 dB fra alle $L_{Aeq,1minut}$ -værdierne. Kurven gemmes som en PDF-fil, der videregendes til CMT.

CMT kontrollerer gårsdagens (om mandagen: fredagens, lørdagens og søndagens) pt. 24 kurver for dataudfald eller andre tekniske problemer og sender data (PDF-filerne) videre til Metroselskabet via mail inden kl. 14. Eventuelle udfald forklares af CMT i mailen.

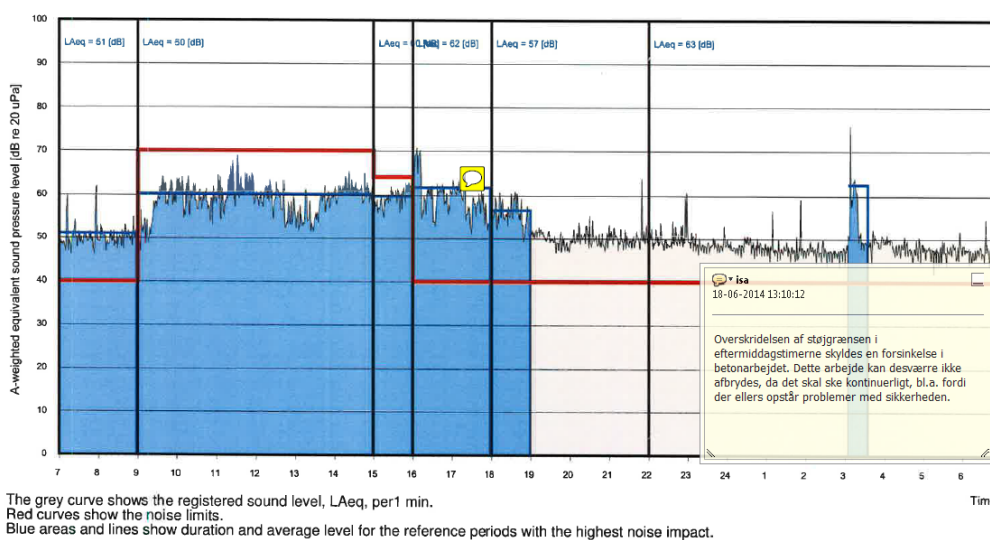
Hidtil har proceduren været, at når Metroselskabet modtog PDF-filerne med kurverne blev disse gennemgået. Hvis der var overskridelser, blev PDF-dokumentet/kurven forsynet med en forklaring vha. en såkaldt Sticky Note, som er et gult tekstfelt, hvori forklaringen blev skrevet, se Figur 2.

I forbindelse med Byggepladsbekendtgørelsens [3] ikrafttræden ændres proceduren, så Metroselskabets fremover skal sende døgnets støjkurver til Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune via mail inden for 2 hverdage efter målingen er foretaget. Mindst én gang om ugen skal Metroselskabet fremsende en rapport, der redegør for eventuelle overskridelser.

Saturday 31 May 2014

Aksel Møllers Have. AMH2-1

Alle værdier er "frit-felt" (korrektion = -3 dB)



Figur 2

Eksempel på en kurve for $L_{Aeq,1\text{minut}}$, der af Metroselskabet er forsynet med en note om en overskridelse. Kurven viser døgnet's 1440 $L_{Aeq,1\text{minut}}$ -værdier for Aksel Møllers Haves lyd-måler AMH2-1, der er placeret på altanen til nr. 12, 3. sal. De blå arealer viser de mest støjbelastede referenceperioder (lørdag). De blå vandrette streger er de tilhørende støjbidrag i disse referenceperioder, der desuden er angivet som tal med blå skrift øverst. De vandrette røde streger er grænseværdierne for lørdagens referenceperioder. Korrektionsværdien, der omregner til frit felt, kan aflæses i øverste højre hjørne.

Det er vigtigt at bemærke, at fra det tidspunkt, hvor data downloades fra Sigicom's server til tidspunktet, hvor støjkurven af Grontmij's PC-program ACA Labshop gemmes som PDF-fil, er der ingen umiddelbare muligheder for at ændre data. Ligeledes kan data gemt som PDF-filer ikke umiddelbart ændres fra CMT modtager dem fra Grontmij til de præsenteres på Metroselskabets hjemmeside.

4.2 Måleprincipper

Det er i Danmark praksis, at man i forbindelse med ekstern støj, der er reguleret af Miljøloven, lader grænseværdier gælde for såkaldt frit felt. Med frit felt menes i denne sammenhæng, at der i målepunktet ikke forekommer lydrefleksioner fra lodrette genstande på ejerens/lejerens grund, men gerne fra terræn og eventuelle genstande på virksomhedens eller naboernes grunde.

Når naboerne til byggepladsen bor i etageejendomme, hvilket er gældende for Metrobyggepladserne, må der ved målingerne ikke forekomme lydrefleksioner fra boligens egen facade, men gerne fra terræn og andre lodrette flader på byggepladsen eller naboejendomme. Da refleksionen fra egen facade ikke kan undgås, anbefaler Miljøstyrelsens vejledninger, at man enten måler helt tæt på den reflekterende flade (+6 dB-måling) eller 1-2 meter fra facaden (+3 dB-måling). Ved +6 dB-målinger fratrækker man 6 dB fra resultatet, hvorved man får måleresultater svarende til en måling i frit felt, og disse kan dermed sammenlignes med støjgrænseværdierne. Det tilsvarende gør sig gældende for +3 dB-målinger, hvor der fratrækkes 3 dB.

I Appendiks 11 - *StøjABC* er +3 og +6 dB-målinger også beskrevet.

CMT har benyttet +3 dB og +6 dB-målinger afhængigt af, hvad mulighederne har været for adgang til lejligheder, trappeopgange mv. ved opsætningen af målesystemerne.

4.3 Lydmålerplaceringer

Alle lydmålerens placeringer er vist i Appendiks 1 - *Billeder af CMT's lydmålere*.

CMT har benyttet tre typer opsætninger:

- På murværk eller skur (12 stk.) som svarer til +6 dB-målinger.
- På vinduer på midtersprossen (8 stk.) som ligeledes svarer til +6 dB-målinger.
- Monteret på altaners rækværker eller lægte (4 stk.) der giver +3 dB-målinger.



Figur 3
De tre opsætningstyper som CMT har anvendt.

På murværk og skurvogn sidder lydtrykmåleren med den brede side ind mod den reflekterende flade svarende til, at mikrofonens centerlinje er ca. 2 cm fra denne. På vinduessprosser er lydmåleren af praktiske grunde opsat med den smalle side mod sprossen, hvilket giver en afstand på ca. 4 cm fra sprossen til mikrofonens centerlinje.

Lydmålere på altangelændere sidder fra ca. 0,5 til 1,5 m fra en reflekterende flade.

4.4 Usikkerhedsfaktorer

Resultaterne af målingerne skal i princippet være byggepladsens støjbidrag målt i frit felt uden bidrag fra baggrundsstøj, svarende til at bygningen bag lydmåleren ("egen facade") ikke var til stede, og at byggepladsen var eneste støjkilde. Med udgangspunkt i dette kan usikkerhedsbidragene opdeles i:

1. Instrumentbetinget usikkerhed
2. Usikkerhed på grund af meteorologien
3. Usikkerhed vedrørende den reflekterende flades bidrag
4. Usikkerhed på grund af baggrundsstøjens bidrag

4.4.1 Instrumentbetinget usikkerhed

Sigicom's lydmålere er klasse 1 målere og har derfor en høj præcision. Dette bekræftes af DELTA's parallelmålinger og kontrol med egen kalibrator. Den instrumentbetingede ubestemthed vurderes derfor at være ca. 0,5 dB.

4.4.2 Usikkerhed på grund af meteorologien

Miljøstyrelsens vejledning 6/1984 [8] foreskriver, at der skal måles under svag medvind og lille numerisk temperaturgradient, således at det vejræssigt er worst case situationer, der måles under (støjen "bæres" hen mod målepunktet).

Da afstandene er forholdsvis korte mellem de betydende kilder og lydmålere, vurderes dette usikkerhedsbidrag at være 1-2 dB, jf. [8].

4.4.3 Usikkerhed på grund af refleksion i egen facade

Med mikrofonen ganske tæt på den reflekterende flade svarende til en +6 dB-måling er der i frekvensområdet 500-1000 Hz (der er det område, hvor byggepladsstøj normalt har det energimæssige tyngdepunkt) en usikkerhed på ca. 1 dB. Det skal forstås sådan, at korrektionen med -6 dB på det målte støjsignal korrigerer til frit felt med en usikkerhed på ca. 1 dB. Denne lille usikkerhed forudsætter, at den reflekterende flade er større end ca. 1 m x 1 m, og at den er uden betydende fremspring og lignende på dette areal. DELTA's målinger i forbindelse med denne undersøgelse underbygger denne vurdering af usikkerheden selv for flader, der ikke helt opfylder kravene om størrelse og planhed.

Ubestemtheden på +3 dB-målinger vurderes at være ca. 3 dB, bl.a. fordi der ikke er tale om en trykfordobling i målepunktet (som er gældende for +6 dB-målinger), og fordi den opnåede refleksion er afhængig af lydets indfaldsvinkel.

4.4.4 Usikkerhed på grund af baggrundsstøj

Der henvises til afsnit 4.5 vedr. faktorer, der påvirker baggrundsstøjen.

Overordnet kan usikkerhedsbidraget på grund af baggrundsstøj opdeles i følgende 3 tilfælde:

- Totalstøjen (som er summen af byggepladsstøj og baggrundsstøj) er mere end 10 dB kraftigere end baggrundsstøjen: Usikkerhedsbidraget er ca. 1 dB eller mindre.
- Totalstøjen er 3-10 dB kraftigere end baggrundsstøjen: Usikkerhedsbidraget er ca. 1 til 3 dB.
- Totalstøjen er 0-3 dB kraftigere end baggrundsstøjen: Usikkerhedsbidraget er fra 3 dB til mere end 10 dB. I denne situation kan støjbidraget fra byggepladsen være fx 40 dB(A), og baggrundsstøjen fra fx asfaltarbejde uden for byggepladsen kan være 60 dB(A).

4.5 Baggrundsstøj

Baggrundsstøj vil generelt betyde, at der måles for høje værdier af støjen fra byggepladsen. Hvis baggrundsstøjen er mere end ca. 10 dB under totalstøjen (summen af byggepladsstøjbidrag og baggrundsstøj), vil baggrundsstøjen være uden betydning. Ved forskelle mellem baggrundsstøj og totalstøj på ca. 3-10 dB kan man principielt korrigere for baggrundsstøjen, så det "rene" støjbidrag fra byggepladsens fremgår. Men da både byggepladsstøj og baggrundsstøj ændrer sig løbende, ville dette kræve, at støjen fra byggepladsen mange gange gennem døgnet blev stoppet, så målinger af baggrundsstøjen kunne gennemføres, hvilket selvsagt ikke lader sig gøre. Det er derfor ikke muligt at foretage korrektioner for baggrundsstøj, som beskrevet i Miljøstyrelsens vejledninger fx [8].

I tilfælde hvor baggrundsstøjen er mindre end ca. 3 dB under totalstøjen, bør man ikke foretage korrektion af baggrundsstøjen, men blot konstatere at måleresultatet er for højt.

Da målingerne ikke er overvågede, er der heller ikke mulighed for løbende at udelade eller kommentere måleperioder, hvor baggrundsstøjen åbenlyst er betydende.

Den bedste måde at vurdere en et-minuts L_{Aeq} -kurve (se fx Figur 2) er at sammenligne kurven med tidligere målinger med samme lydmåler i perioder, hvor man med sikkerhed ved, at der ikke har været støj fra byggepladsen. Sammenligningen bør foregå for perioder, hvor man må forvente, at baggrundsstøjen niveaumæssigt er sammenlignelig. Man bør altså ikke sammenligne kurver for weekender med kurver for hverdage. Med en sådan sammenligning kan man give en kvalificeret vurdering af baggrundsstøjens betydning.

Et specielt forhold er kortvarige støjende perioder, der registreres af CMT's lydmålere bl.a. fordi der i Byggepladsbekendtgørelsens [3] i § 4 er et krav om, at støjen om natten målt som et-minuts L_{Aeq} -værdier ikke må overstige grænseværdien med mere end 10 dB. Det er vanskeligt at afgøre, om kortere eller længerevarende pludselige stigninger i det målte lydniveau aflæst på kurverne skyldes aktiviteter fra byggepladsen eller fx et forbi-passerende udrykningskøretøj. CMT og Metroselskabet har forsøgt sig med de optagefaciliteter, som er indbygget i målesystemet, men erfaringerne er ikke entydigt positive og

anvendelige. For nogle hændelser var det klart, om støjen kom fra byggepladsen eller ej (fx ved råb og forbikørende udrykningskøretøjer), for andre hændelser (fx motorstøj) var det svært at høre, om støjen kom fra offentlig vej eller byggepladsen.

Målesystemet giver ikke mulighed for at lade optagelserne overføre på grundlag af L_{Aeq} -værdier, men alene af L_{pAmax} - eller L_{pApeak} -værdier, hvormed der genereres mange optagelser og store datamængder. Det er ikke afklaret, om der kan gives tilladelse til sådanne støjoptagelser.

Det er Metroselskabets vurdering, at de mange optagelser i praksis ikke er egnede til at vurdere, om støjen kommer fra byggepladsen. Dels vil optagelserne i mange tilfælde ikke afklare, hvor støjen kommer fra, dels vil det kræve en stor kontrolindsats.

Metroselskabet meddeler, at de efterhånden har opbygget en stor erfaring med at vurdere støjkurverne bl.a. ved som beskrevet at sammenligne med kurver målt, når byggepladsen har været stoppet. Der er præcedens for, at støjspidser, der ikke umiddelbart kan forklares eller afvises som kommende fra byggepladsen, pr. kulance accepteres som støj hidhørende fra byggepladsen.

Alt i alt er det DELTA's vurdering, at Metroselskabet og CMT foretager grundige vurderinger af baggrundsstøjen og generelt accepterer, at uforklarlige støjhændelser ikke blot afskrives som baggrundsstøj.

5. Observationer og måleresultater

5.1 Byggepladsbesigtigelser

Som nævnt er der foretaget byggepladsbesigtigelser den 28. maj og den 3. juni 2014. I Tabel 1 ses en oversigt over de besøgte byggepladser. I Appendiks 1 - *Billeder af CMT's lydmålere* findes fotos af alle lydmålermonteringer og i Appendiks 2 - *Fotos fra de besøgte byggepladser* findes et udvalg af de billeder, der blev taget under besøgene på byggepladserne.

Lokation	CMT Nr.	Højde	Placering	Dato	DELTA
Aksel Møllers Have	AMH2-1	3.sal	Gelænder på lukket indvendig altan	03-06-2014	CB
Enghave Plads	EHP2-0	2.sal	Gelænder på åben altan	03-06-2014	JEL
Frederiksberg Station	FB2-0	1.-2.sal	Murfacade ml. vinduer (lodret)	03-06-2014	CB
Frederiksberg Allé	FBA2-0	8m	Murfacade uden vinduer	03-06-2014	CB
Gammel Strand	-	-	Ingen mikrofon	03-06-2014	JEL
Kongens Nytorv	KGN2-1	2.sal	Murfacade ml. vinduer (lodret)	28-05-2014	CB
Københavns Hovedbanegård	KH2-0	2.sal	Vinduessprosse	28-05-2014	CB
Marmorkirken	MMK2-2	5m	På lægte 2-3m fra facade	28-05-2014	CB + JEL
Marmorkirken	MMK2-4	6m	Murfacade	28-05-2014	CB + JEL
Nuufs Plads	NUP2-0	2.sal	Vinduessprosse	03-06-2014	JEL
Nørrebro	NØ2-0	3.sal	Gelænder på åben altan (på hjørne)	28-05-2014	JEL
Nørrebroparken	NØP2-2	2.sal	Vinduessprosse	03-06-2014	CB + JEL
Nørrebroparken	NØP2-3	2.sal	Vinduessprosse	03-06-2014	CB + JEL
Nørrebroparken	NØP2-4	4.sal	Bagmur på altan (lukket)	03-06-2014	CB + JEL
Nørrebros Runddel	NØR2-1	2.sal	Vinduessprosse	28-05-2014	JEL
Poul Henningsens Plads	PHP2-0	2.sal	På facade af skurvogn	28-05-2014	JEL
Rådhuspladsen	RHP2-1	6m	Murfacade mellem 2 altaner	28-05-2014	CB
Skjolds Plads	SKP2-0	4.sal	Altanforkant	28-05-2014	JEL
Skjolds Plads	SKP2-1	1.sal	Murfacade mellem vinduer (vandret)	28-05-2014	JEL
Sortedams Sø (Øster Søgade)	OSO2-0	4.sal	Vinduessprosse	28-05-2014	JEL
Sønder Boulevard	SBV2-0	3.sal	Vinduessprosse	28-05-2014	CB
Sønder Boulevard	SBV2-2	2.sal	Vinduessprosse	28-05-2014	CB
Trianglen	TRI2-0	4.sal	Bagmur på altan (åben)	28-05-2014	JEL
Vibenshus Runddel	VHR2-1	2.sal	Bagmur på altan (åben)	28-05-2014	JEL
Østerport (Kk)	KK2-0	1.-2.sal	Mur mellem vinduer (lodret)	28-05-2014	JEL

Tabel 1

Skema med datoer for besigtigelser.

5.2 DELTA's kalibreringer af CMT's lydtrykmålere

DELTA har foretaget kalibreringer af tre tilfældigt udvalgte lydtrykmålere.

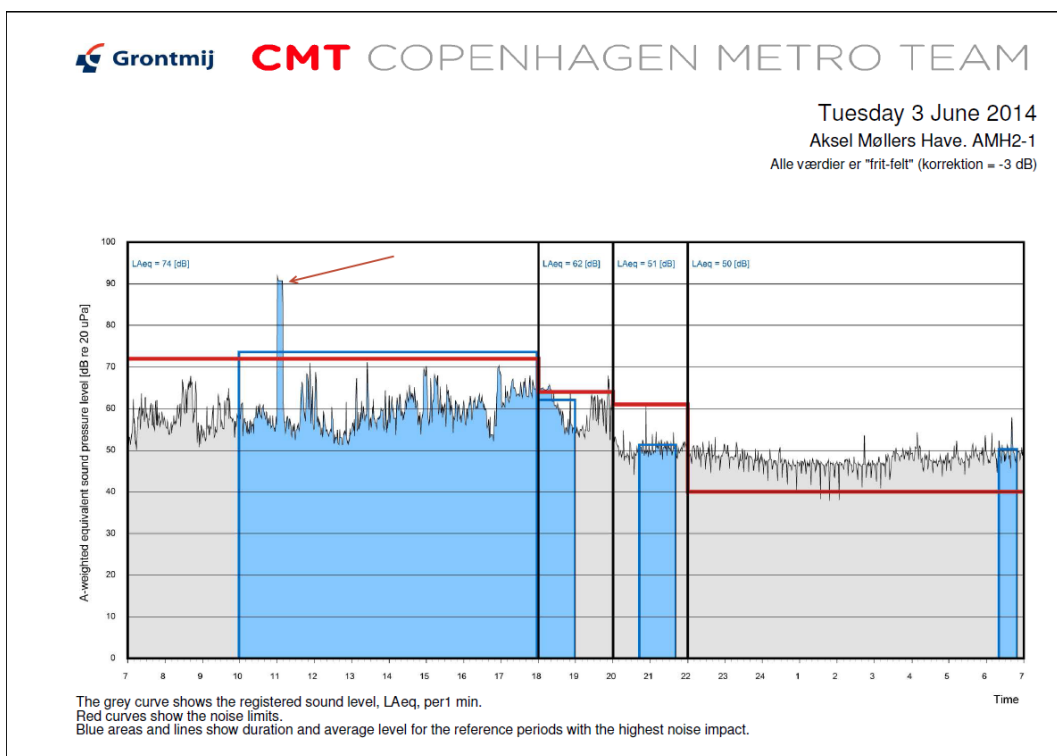
Lokation	CMT Nr.	Højde	Placering	Dato	DELTA	Kalibrering af DELTA	Målt
Aksel Møllers Have	AMH2-1	3.sal	Gelænder på lukket indvendig altan	03-06-2014	CB	03-06-2014, kl.11:01-11:08	93,8 dB(A)
Nuufs Plads	NUP2-0	2.sal	Vinduessprosse	03-06-2014	JEL	12-06-2014, kl.13:30-13:35	93,9 dB(A)
Nørrebroparken	NØP2-2	2.sal	Vinduessprosse	03-06-2014	CB + JEL	03-06-2014, kl.9:55-9:59	94,1-94,2 dB(A)

Tabel 2

Skema med datoer for kalibreringer af CMT's målere.



Kalibreringen foregik ved, at DELTA's kalibrerede (kontrollerede) kalibrator blev påsat CMT's lydsmålere i ca. 5 minutter. De tre lydtrykmålerne var tilfældigt udvalgt blandt de i alt 24 CMT-lydmålere. Kalibratoren giver et kontrolleret og kendt støjniveau på 93,8 dB(A). Efterfølgende har DELTA modtaget udskrifter af støjniveauet målt af de tre udvalgte CMT-målere svarende til de udskrifter, der vises på CMT's hjemmeside. Et eksempel er vist i Figur 4. Værdien $L_{Aeq,1minut} = 91$ dB(A) aflæses i perioden, hvor DELTA's kalibrator var påsat CMT's lydmåler. Da denne position måler +3 dB-værdier, er der for alle værdier i kurven fratrukket 3 dB, hvilket forklarer, hvorfor det aflæste niveau under DELTA's kalibrering er 3 dB lavere end 94 dB(A). Tilsvarende betragtninger gør sig gældende ved kalibreringerne af +6 dB-positionerne på Nuuks Plads og ved Nørrebro-parken (Hillerødgade). I Appendix 8 - *Kontrol af CMT's lydsmålere* er $L_{Aeq,1minut}$ -kurver for alle tre undersøgte positioner vist for den dag, hvor kalibreringerne blev foretaget.



Figur 4

$L_{Aeq,1minut}$ -kurve fra Aksel Møllers Have 3. juni 2014. DELTA's kalibrering ses ved pilen.

I Tabel 3 ses talværdier for $L_{Aeq,1minut}$ i de perioder, hvor DELTA's kalibrator var monteret. På grund af af- og genmontering af vindhætte og lydmåler er der ekstra høje værdier før og efter kalibreringen. De viste værdier er ikke korrigerede med 3 dB eller 6 dB, så de er direkte sammenlignelige med det kontrollerede støjniveau i DELTA's kalibrator på 93,8 dB(A).

Det ses, at NØP2-3 måler en anelse for højt, at AMH2-1 måler præcist, og NUP2-0 måler en anelse for højt.

Det er almindeligt, at lydtrykmålere har et offset, som man korrigerer for, så de aflæste værdier passer med kalibratorens lydtryk. Dette kan man også gøre for CMT's målere. De konstaterede afvigelser er minimale og betyder, at værdierne aflæst på Metroselskabets hjemmeside har været lidt for høje.

Den testede CMT-lydmåler registrerer altså det rigtige støjniveau målt på membranen, og lydmålerne er tidsmæssigt synkroniserede korrekt.

Nøp2-3	LAeq,1min	Amh2-1	LAeq,1min	NUP2-0	LAeq,1min
03-06-2014 09:53	72,5	03-06-2014 11:00	62	12-06-2014 13:26	> 80,7
03-06-2014 09:54	64	03-06-2014 11:01	> 94,8	12-06-2014 13:27	41,5
03-06-2014 09:55	> 99,9	03-06-2014 11:02	93,8	12-06-2014 13:28	93,8
03-06-2014 09:56	94,2	03-06-2014 11:03	93,8	12-06-2014 13:29	> 80,6
03-06-2014 09:57	94,2	03-06-2014 11:04	93,8	12-06-2014 13:30	> 98,7
03-06-2014 09:58	94,1	03-06-2014 11:05	93,8	12-06-2014 13:31	93,9
03-06-2014 09:59	94,1	03-06-2014 11:06	93,8	12-06-2014 13:32	93,9
03-06-2014 10:00	> 82,6	03-06-2014 11:07	93,8	12-06-2014 13:33	93,9
03-06-2014 10:01	66,6	03-06-2014 11:08	93,8	12-06-2014 13:34	93,9
03-06-2014 10:02	67,8	03-06-2014 11:09	> 88,2	12-06-2014 13:35	93,9
03-06-2014 10:03	65,2	03-06-2014 11:10	64,8	12-06-2014 13:36	> 77,3

Tabel 3

Talværdier for $L_{Aeq,1minut}$ fra tre af CMT's lydsmålere i perioder med DELTA's kalibrator påsat målemikrofonen.

5.3 CMT's kalibreringer

CMT sender deres lydtrykmålere til kalibrering hos Sigicom ca. hvert andet år. Når de leveres fra Sigicom er de kalibrerede. Ifølge [9] har lydtrykmålerne AMH2-1, NUP2-0 og NØP2-2 (se Tabel 3) været til kalibrering hos Sigicom henholdsvis 15-06-2013, 16-06-2013 og 29-03-2012.

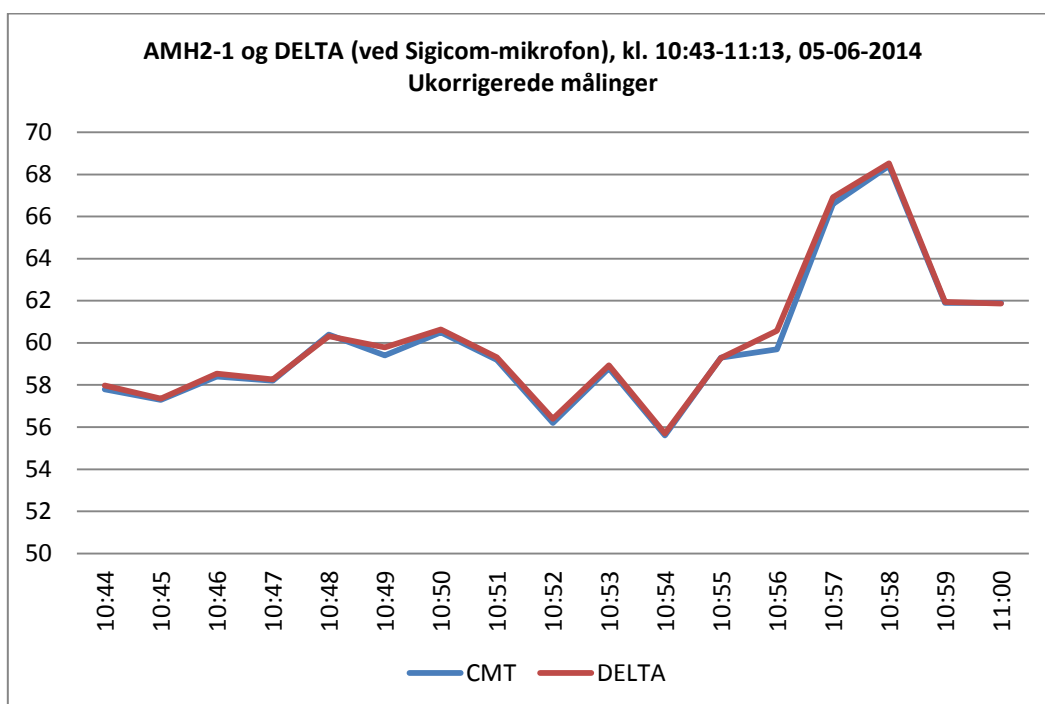
5.4 Parallelmålinger

DELTA har i forbindelse med undersøgelsen foretaget målinger med DELTA's eget kalibrerede udstyr i positioner tæt på CMT's mikrofoner. Et eksempel på en parallelmåling foretaget ved CMT's mikrofon i Aksel Møllers Have er vist i Figur 6, der er en kurve over de målte $L_{Aeq,1minut}$ -værdier målt med henholdsvis CMT's lydmåler og DELTA's kalibrerede og kontrollerede udstyr.





Figur 5
Placering af DELTA's mikrofon (tv) ganske tæt på CMT's mikrofon den 5. juni 2014.



Figur 6
 $L_{Aeq,1min}$ -kurve fra Aksel Møllers Have 5. juni 2014 i tidrummet kl. 10.44 til 11.00.

Det ses, at støjniveauerne i form af et-minuts L_{Aeq} -værdier følger hinanden inden for ca. 1 dB, hvilket indikerer, at CMT's udstyr udover at kunne måle det konstante kalibrerings-signal korrekt også måler den både frekvens- og niveaumæssigt komplekse byggepladsstøj korrekt.

6. Forslag til ændringer

6.1 Procedurer for kontrol og kalibreringer

DELTA vurderer, at CMT's lydmålere bør kalibreres oftere end i dag, hvor der kan gå mere end 2 år mellem kalibreringerne. Det foreslås derfor, at alle lydmålere in situ-kalibreres mindst hver 6. måned samt sendes til kontrol hos producenten ifølge de tidsintervaller, som denne anbefaler.

In situ-kalibreringen foregår ved (svarende til DELTA's kontrol i forbindelse med denne undersøgelse), at målemikrofonen påsættes en kontrolleret kalibrator med et kendt lydtrykniveau i ca. 5 minutter. Efterfølgende kontrolleres de i perioden opsamlede $L_{Aeq,1\text{minut}}$ -værdier, der kan downloades fra Sigicom's server. Borgerne vil kunne se kalibreringen på udskriften på Metroselskabets hjemmeside og dermed få en sikkerhed for, at kalibreringerne gennemføres.

Til de svært tilgængelige lydmålere kan det overvejes at udvikle et system, hvor en højttaler monteret på toppen af en udskydelig kulfiberstang føres hen til CMT-lydmåleren og holdes i korrekt afstand af en på kulfiberstangen vinkelret monteret rundstok eller lignende. Fra terræn eller et andet tilgængeligt sted startes afspilningen i højttaleren af et kraftigt støjsignal med et kendt og kontrolleret lydniveau i ca. 5 minutter. Målingerne kontrolleres derefter som ovenfor beskrevet. Dette er en mindre præcis kontrol, men det vil give en udmærket indikation af målerens tilstand.

Udover kontrollen i forbindelse med in situ-kalibreringen nedtages måleren og sendes til kontrol hos producenten ifølge dennes anbefalede tidsintervaller.

CMT opretter under deres kvalitetssystem procedurer for in situ-kalibreringens udførelse samt procedurer for nedtagning, erstatning og afsendelse af lydtrykmålerne til kontrol hos producenten.

6.2 Procedurer for kontrol af databehandling hos CMT

Grontmij's program ACA Labshop, der foretager den automatiske databehandling (downloader data fra Sigicom's server, beregner L_{Aeq8t} , L_{Aeq7t} , L_{Aeq1t} , $L_{Aeq\frac{1}{2}t}$, fremstiller PDF-filer med kurverne etc.), bør i forbindelse med rettelser af programmet kontrolleres.

Det foreslås, at CMT under deres kvalitetssystem opretter en procedure for kontrol af resultaterne, der udføres, når Grontmij meddeler, at programmet er blevet ændret.

6.3 Procedurer for registrering af nedbrud af målerne

Det har førhen vist sig svært at få et overblik over, hvornår lydmålerne har været ude af drift på grund af batteriudløb, fejlfunktioner o.l., samt hvilke målere der har været placeret i de enkelte målepositioner. Det foreslås derfor, at CMT under deres kvalitetssystem opretter procedurer, der beskriver, hvordan målerens nedetid systematisk registreres, samt procedurer der beskriver en logbog eller lignende, hvoraf det fremgår, hvilke målere (identificeret ved fx serienummer) der gennem tiden har været benyttet i de enkelte målepositioner.



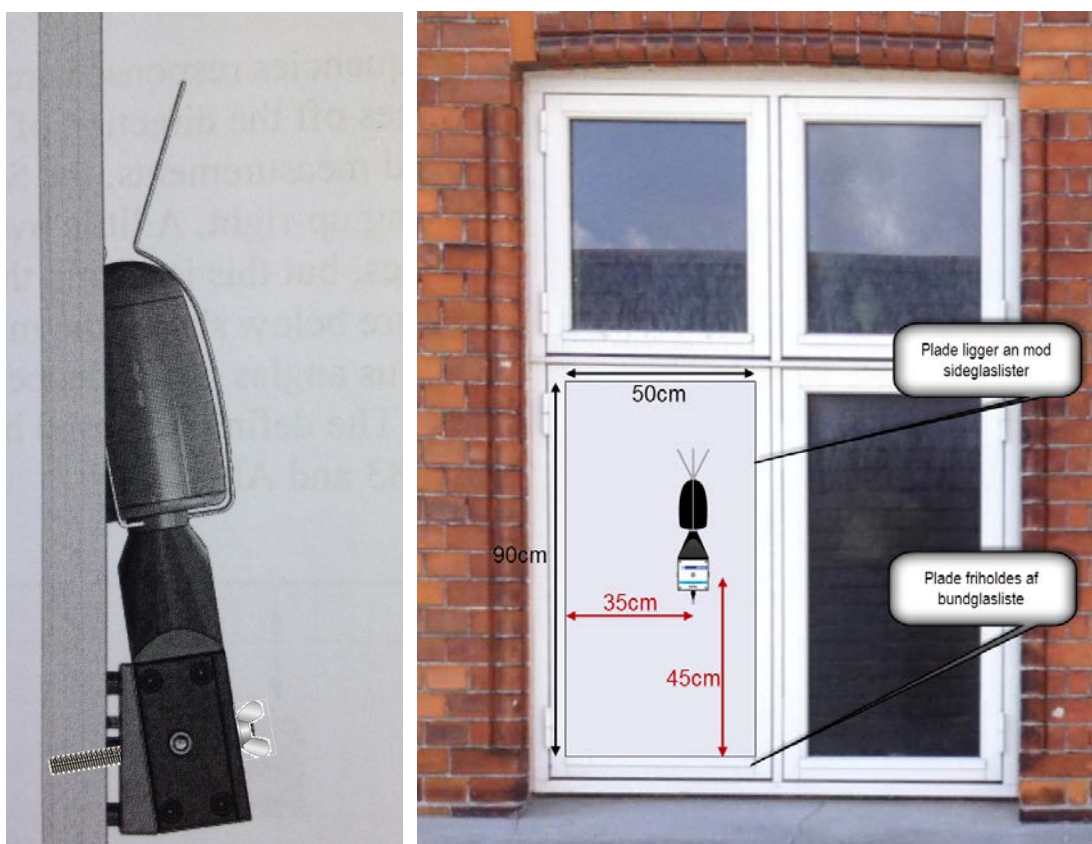
6.4 Procedure for flytning af lydmålere i forbindelse med skift af anlægsfase

Gennemgangen af støjdbredelseskortene har vist, at i forbindelse med Fase 3-2, udgravning og støbning af udvendig trappe, flyttes støjtyngdepunkterne for en del af byggepladserne, og det kan blive nødvendigt at flytte nogle af lydmålerne. Hvor målerne mest hensigtsmæssigt placeres er ikke studeret nærmere i denne undersøgelse, men en vurdering vil kunne foretages om 2-4 år, når Fase 3-2 startes. Det anbefales, at CMT opretter en procedure under deres kvalitetssystem, der sikrer, at det for hver byggeplads jævnligt vurderes, om det på grund af byggefaseskift er hensigtsmæssigt at flytte en lydmåler.

6.5 Korrektion af mikrofonernes placering i forhold til de reflekterende flader

Generelt er usikkerheden ved +6 dB-målinger mindre end ved +3 dB-målinger, så det anbefales, at alle CMT's lydmålere opsat på altangelændere flyttes til en position på murværket, så der fremover er tale om +6 dB-målinger i alle målepositioner. Det drejer sig om 4 lydmålere, der skal flyttes, jf. Tabel 1. Alternativt kan lydmålerne flyttes til et vindue efter principperne beskrevet nedenfor.

De 8 steder, hvor lydmålerne er opsat på vinduessprosser, er refleksionsforholdene mindre veldefinerede på grund af bl.a. sprækkerne mellem midtersprosse og vinduerne. For at opnå mere præcise og konsistente målinger anbefales det derfor, at der for alle 8 målepositioner foran én af de nederste store ruder opsættes en plade af vandfast krydsfiner (15-19 mm) eller en ca. 20 mm plade af gennemsigtigt materiale, fx plexiglas eller polykarbonat, som skitseret på Figur 7.



Figur 7

Anbefalet placering af lydmåler, når denne skal sidde foran et dannebrogsvindue. Tv. ses lydmåleren placeret på en kile, som Sigicom fremstiller.

Lydmåleren placeres på pladen på Sigicom's kile (Mounting Wedge), der placerer mikrofonens centerlinje 15 mm fra pladen, hvilket giver den i praktisk bedst mulige +6 dB-måling. Pladen kan monteres med en gevindstang og fløjmmøtrik, så lydmåleren let kan nedtages ved tilsyn og kalibrering.

For de 8 lydmålere, der er opsat på murværk (og de der eventuelt flyttes til murværk), anbefales det, at de monteres med Sigicom's kile for at få mikrofonen tættere på den reflekterende flade.

6.6 anbefalinger til ændrede og nye placeringer af lydmålere

På grundlag af DELTA's inspektioner på byggepladserne og gennemgang af byggefaser-nes støjbelastninger på facaderne foreslås nedenstående ændringer i de nuværende lydmå-leres placering samt opsætning af nye lydmålere:

Lokation	Nr.	Højde	Anbefaling
Aksel Møllers Have	AMH2-1	3.sal	Flyttes til mur mellem altan og vindue. Ny lydmåler opsættes nær Aksel Møllers Have nr. 6.
Enghave Plads	EHP2-0	2.sal	Flyttes til mur mellem 2 altaner.
Frederiksberg Station	FB2-0	1.-2.sal	OK
Frederiksberg Allé	FBA2-0	8m	OK
Gammel Strand	-	-	Opsættes som før CMT's arbejde blev stoppet.
Kongens Nytorv	KGN2-1	2.sal	OK
Københavns Hovedbanegård	KH2-0	2.sal	Ny lydmåler opsættes ved Reventlowsgade 22.
Marmorkirken	MMK2-2	5m	Mikrofonen på reglen (lægten) flyttes ind på muren. Ny lydmåler opsættes ved Frederiksgade 2, nordfacaden.
-	MMK2-4	6m	OK
Nuuk's Plads	NUP2-0	2.sal	OK
Nørrebro	NØ2-0	3.sal	Flyttes til murværk.
Nørrebroparken	NØP2-2	2.sal	OK
-	NØP2-3	2.sal	OK
-	NØP2-4	4.sal	Flyttes til Krogerupgade 59, 2. sal.
Nørrebros Runddel	NØR2-1	2.sal	OK
Poul Henningsens Plads	PHP2-0	2.sal	Flyttes fra skur til facade Jagtvej 219G, 3. sal.
Rådhuspladsen	RHP2-2	6m	OK
Skjold's Plads	SKP2-0	4.sal	OK
-	SKP2-1	1.sal	OK
Sortedams Sø (Øster Søgade)	OSO2-0	4.sal	OK
Sønder Boulevard	SBV2-0	3.sal	OK
-	SBV2-2	2.sal	OK
Triangeln	TRI2-0	4.sal	Flyttes til varmeværkets facade.
Vibenhush Runddel	VHR2-1	2.sal	OK
Østerport	KK2-0	1.-2.sal	OK

Tabel 4

Forslag til ændrede og nye placeringer af lydmålere.

I Appendiks 10 - *Nye og ændrede lydmålerplaceringer* er placeringerne for de lydmålere, der anbefales flyttet, vist på fotos fra byggepladserne. Det samme gælder de anbefalede ekstra lydmålere.

Ved vurderingen af placeringerne er COWI's og Grøntmij's støjkort for de fremtidige byggefaser gennemgået for at sikre, at lydmålerne fremover sidder på den eller de facader ved boliger, der er mest støjbelastede gennem alle de kommende byggefaser. Nogle byggepladser har tilnærmelsesvis symmetrisk lydudbredelse og symmetrisk omkringliggende bebyggelse. For disse er det hovedsageligt vurderet, at en enkelt lydmåler på den ene af facaderne er dækkende.

Det vurderes, at de hidtidige lydmålerpositioner har været dækkende for de byggefaser, som byggeriet har gennemgået indtil nu. Med nedenstående anbefalinger til nye og ændrede lydmålerpositioner vurderes det, at også støjen fra de fremtidige byggefaser bliver målt dækkende.

Ved Aksel Møllers Have opsættes en ekstra lydmåler længere mod nord, da denne del af bebyggelsen i visse af de kommende byggefaser er mere støjbelastet end ved den nuværende måler AMH2-1.

Den ekstra måler ved Københavns Hovedbanegård på facaden ved Reventlowsgade 22 er begrundet med, at støjkortene viser, at facaden her er lige så - eller mere - belastet end facaden ved den nuværende måler KH2-0 i visse af de kommende byggefaser.

Den anbefalede nye tredje lydmåler ved Marmorkirken i Frederiksgade 2 skyldes, at støjkortene viser, at denne facade (sammen med facaden overfor ved Frederiksgade 1) i visse af de kommende byggefaser er den mest støjbelastede facade.

Lydmåleren NØP2-3 på Hillerødgade ved Nørrebroparken er diskuteret med følgegruppen. Ved at studere støjbreddeskortene fra COWI og Grontmij kan man se, at der omtrent er symmetriske støjforhold mellem lydmåler NØP2-3 og lydmåler NØP2-2 på Nordbanegade. Da målingerne med NØP2-3 ofte er påvirket af baggrundsstøjen fra Hillerødgade, viser denne position generelt højere støjniveauer end NØP2-2. Lydmåleren NØP2-3 (Hillerødgade) er med placeringen ved en befærret gade mellem byggeplads og lydmåler ikke egnet til at dokumentere støjbidraget fra byggepladsen. Men Metroselskabet ser det som en fordel at beholde lydmåler NØP2-3, selvom den altså måler betydende baggrundsstøj og i øvrigt kunne repræsenteres ved NØP2-2. Målingerne i Nordbanegade med NØP2-2 kan nemlig verificeres med målinger fra Hillerødgade, når der er tvivl om, hvorvidt overskridelser skyldes trafikstøj fra Hillerødgade.

Støjkortene viser, at facaderne på Krogerupgade (også beliggende ved Nørrebroparken) er mindre støjbelastede end facaderne ved Hillerødgade og Nordbanegade, så lydmåleren NØP2-4 på Krogerupgade kunne udgå. Men Københavns Kommune ønsker den bevaret, men flyttet mod syd af hensyn til klager fra naboerne i Krogerupgade omkring den midterste del af byggepladsen. NØP2-4 anbefales derfor flyttet som vist i Appendiks 10 - *Nye og ændrede lydmålerplaceringer*.

Lydmåleren PHP2-0 på mandskabsskuret på byggepladsen ved Poul Henningsens Plads anbefales flyttet til boligfacaderne mod vest, men også rykket mod nord. Dette anbefales dels for at få lydmåleren placeret dér, hvor støjgrænserne er gældende i de kommende faser, dels fordi støjkortene viser, at den generelt mest belastede del af facaden vil ligge nordligere end den nuværende placering. Med den nuværende placering ca. 15 meter fra facaden til boligerne mod vest vurderes det, at resultaterne fra de hidtidige målinger har ligget over det støjniveau, der ville kunne have været målt i den anbefalede kommende position.

Lydmåleren TRI2-0 ved Trianglen anbefales flyttet fra den nuværende placering på 5. sal, hvor den muligvis sidder skærmet af altanen, til Østre Varmecentrals facade i ca. 2. sals højde. Støjkortene viser, at det er bygningen, hvor lydmåleren sidder nu, der er den mest støjbelastede, men bygningens mange fremspring gør det vanskeligt at placere en lydmåler, derfor anbefales facaden på varmeværket.

6.7 Implementering af anbefalingerne

Som det fremgår af Transportministeriets kommissorium (se Appendiks 3 - *Kommissorium*) skal Metroselskabet efter offentliggørelsen af denne rapport udarbejde en plan med prioriteringer og tidsplan for implementeringen af eventuelle anbefalinger.

Metroselskabet og CMT har nævnt, at det er forbundet med en del ventetid at få adgang til lejligheder og opgange i forbindelse med opsætning af lydmålere, ligesom det visse steder har været tidskrævende eller ligefremt umuligt at opnå tilladelse til opsætning af lydmålere på facader.

Til brug for Metroselskabets prioritering vil DELTA foreslå følgende rækkefølge af arbejdet:

1. Opsætning af de anbefalede nye lydmålere ved Aksel Møllers Have, Københavns Hovedbanegård og Marmorkirken.
2. Flytning af lydmålerne ved Poul Henningsens Plads (PHP2-0), Trianglen (TRI2-0) og Nørrebroparken (NØP2-4).
3. Flytning af +3 dB lydmålerne i Aksel Møllers Have (AMH2-1), Enghave Plads (EHP2-0), Marmorkirken (MMK2-2) og Nørrebro (NØ2-0) til facader (eller plader på vinduer), så de fremover virker som +6 dB lydmålere.
4. Opsætning af plader på vinduer så lydmålerne på sprosserne kan flyttes til disse plader.

Det er oplagt at udnytte ventetiden på nye målere og adgangs- og opsætningstilladelser, således at de samlede anbefalinger gennemføres så effektivt som muligt.

7. Konklusion

Foranlediget af ikrafttrædelsen af Lov om ændring af lov om en Cityring og ligningsloven - og de deraf følgende bekendtgørelser om forurening, gener og kompensation fra anlægget af Cityringen - har DELTA undersøgt de løbende, uovervågede støjmålinger, der foretages ved hver af de 20 byggepladser. Undersøgelsen har omfattet indretningen af det samlede målesystem og tekniske forhold såsom fx lydmålerens placering, antal lydmalere, deres funktion og offentliggørelse af støjmålingerne.

DELTA har grundigt undersøgt alle dele af målesystemet, fra hver af lydmålerens detaljerede placeringer ved byggepladserne til de færdige støjrapporter, der tilgår tilsynsmyndighederne Københavns og Frederiksberg Kommune samt borgerne, sidstnævnte i form af offentliggørelse af rapporterne på Metroselskabets hjemmeside. Desuden er der på stikprøvebasis foretaget nøje undersøgelser af målerens funktion med parallelmålinger og kalibreringer med DELTA's udstyr.

De foretagne undersøgelser og observationer viser, at CMT's målesystem overordnet giver et retvisende billede af støjen fra byggepladserne, og at det overordnet ikke er nødvendigt med større justeringer som følge af det forventede nye regelsæt.

Lydmålerens placeringer kan til brug for målingerne ved de kommende byggefaser forbedres både ved at justere de enkelte mikrofoners afstande til reflekterende flader og ved helt at flytte nuværende lydmalere og opsætte ekstra lydmalere ved udvalgte byggepladser. Med de foreslåede nye og ændrede målerplaceringerne vurderer DELTA, at støjen fra alle byggefaser fremover måles på en måde, så der altid er mindst én lydmåler, der måler på den mest støjbelastede facade. Det kan dog i forbindelse med Fase 3-2, udgravning og støbning af udvendig trappe, blive nødvendigt at flytte nogle af lydmålerne.

Udover justeringerne i lydmålerens placeringer anbefales det, at der indføres nye kontrolprocedurer, der sikrer, at systemet løbende og oftere kontrolleres og kalibreres, at efterbehandlingen af data altid forløber korrekt, og at der føres logbøger over målepositionernes historik, herunder en entydig identifikation af lydmålerens placeringer og registreringer af udfald som følge af fx tekniske problemer.

8. Referencer

- [1] Lov om ændring af lov om en Cityring og ligningsloven
<https://www.retsinformation.dk/forms/R0710.aspx?id=163831>
- [2] Vurdering af støjberegninger i forbindelse med erstatninger til naboer.
DELTA Teknisk Notat, TC-100480. 31. oktober 2013.
- [3] Udkast til Bekendtgørelse om forurening og gener fra anlægget af Cityringen (Byggepladsbekendtgørelsen).
- [4] Udkast til Bekendtgørelse om kompensation, genhusning eller overtagelse som følge af forurening og gener fra af anlægget af Cityringen (Byggepladsbekendtgørelsen).
- [5] Supplerende VVM for Cityringen. Transportministeriet. April 2014.
- [6] Metroselskabet. Notat. Beregninger af støj - støjudbredelseskort. 8. juli 2013.
- [7] Miljøstyrelsens vejledning 5/1984: Ekstern støj fra virksomheder.
- [8] Miljøstyrelsens vejledning 6/1984: Måling af ekstern støj fra virksomheder.
- [9] CMT målepunkter støj 2014 05 27.pdf - Adobe Acrobat Pro.pdf. En foreløbig oversigt over CMT's målepositioner på dansk og engelsk med angivelse af målepositioner, kalibreringsdatoer, historik m.m.
- [10] Grontmij har, rekvireret af CMT, udført målinger af kildestyrker på en del af byggepladserne i efterår og vinter 2013-14, og på det grundlag foretaget beregninger af støjbidraget fra byggepladserne i diskrete punkter på de mest belastede facader samt udarbejdet støjudbredelseskort. Der foreligger 33 rapporter med 11 tillæg af typen "Miljømåling - ekstern støj" om disse målinger og beregninger. Et eksempel er: Rapport nr.: P2.036.13, 10. december 2013, Sag: 35.3701.09, task 21: Metrobyggeplads Enghave Plads. MILJØMÅLING - EKSTERN STØJ.

Appendiks 1 - Billeder af CMT's lydsmålere

AMH2-1 Aksels Møllers Have



EHP2-0 Enghave Plads



FBA2-0 Frederiksberg Allé



FB2-0 Frederiksberg



GLS2-0 Gammel Strand Nedtaget



KH2-0 Københavns Hovedbanegård



KK2-0 Østerport



KGN2-1 Kongens Nytorv



MMK2-2 Marmorkirken



MMK2-4 Marmorkirken



NUP2-0 Nuuks Plads



NØ2-0 Nørrebro



<p>NØP2-2 Nørrebroparken</p> 	<p>NØP2-3 Nørrebroparken</p> 	<p>NØP2-4 Nørrebroparken</p> 
<p>NØR2-1 Nørrebro Runddel</p> 	<p>PHP2-0 Poul Henningsens Plads</p> 	<p>SBV2-0 Sønder Boulevard</p> 
<p>SBV2-2 Sønder Boulevard</p> 	<p>SKP2-0 Skjolds Plads</p> 	<p>SKP2-1 Skjolds Plads</p> 
<p>TRI2-0 Triangeln</p> 	<p>VHR2-0 Vibehus Runddel</p> 	<p>RHP2-0 Rådhuspladsen</p> 
<p>OSO2-0 Øster Søgade</p> 		

Appendiks 2 - Fotos fra de besøgte byggepladser



Figur 8
Nørrebroparken. Besigtigelse af pladsen og lydmålere den 3. juni 2014.



Figur 9
Frederiksberg Allé. Besigtigelse af CMT-lydmåler nr. FBA0-2 den 3. juni 2014.



Figur 10
Marmorkirken. Besigtigelse af CMT-lydmåler nr. MMK2-2 den 28. maj 2014.



Figur 11
Marmorkirken. Besigtigelse af CMT-lydmåler nr. MMK2-4 den 28. maj 2014 (til højre for billedet).



Figur 12
Nørrebro. Besigtigelse af CMT-lydmåler nr. NØ2-0 den 28. maj 2014 (til højre for billedet). Billedet er fortegnat, fordi det er sammensat af flere fotos.



Figur 13
Poul Henningsens Plads. Besigtigelse af CMT-lydmåler nr. PHP2-0 den 28. maj 2014.



Figur 14
Skjolds Plads. Besigtigelse af CMT-lydmåler nr. SKP2-0 og SKP2-den 28. maj 2014.



Figur 15
Trianglen. Besigtigelse af CMT-lydmåler nr. TRI2-0 den 28. maj 2014.



Figur 16
Vibenshus Runddel. Besigtigelse af CMT-lydmåler nr. VHR2-1 den 28. maj 2014.

Appendiks 3 - Kommissorium



NOTAT

Dato
J. nr.

Kommissorium for eksternt review af overvågningen af støjgener fra byggeriet af Cityringen

Baggrund, formål og indhold

Det forventes, at der pr. 1. juli træder ny regulering af støjgener fra metrobyggeriet i kraft. Dette forventes at ske som følge af vedtagelsen af Lov om ændring af lov om en Cityring og den bekendtgørelse om forurening og gener fra anlæget af Cityringen, der udstedes i forlængelse af lovens vedtagelse.

Inden den nye regulering ikrafttrædelse skal der gennemføres et eksternt review af den eksisterende overvågning af støj fra byggepladserne. Dette sker med henblik på at sikre, at overvågningen fungerer efter hensigten i forhold til den fremtidige regulering.

Review'et skal omfatte følgende:

- Indretningen af det samlede målesystem og dokumentation for teknisk korrekt udførelse (f.eks. støjmålerens placering, antal støjmålere, deres funktion, offentliggørelse af støjmålinger mv.)
- Eventuelle anbefalinger til forbedringer af det samlede målesystem
- Eventuelle anbefalinger til justeringer som følge af det forventede nye regelsæt

Organisering, finansiering og tidsplan

Der nedsættes en følgegruppe med Københavns kommune, Frederiksberg kommune, Transportministeriet og Metroselskabet, der står for iværksættelse og overvågning af og opfølgning på review'et.

Et anerkendt og støj-akkrediteret rådgivningsfirma gennemfører reviewet. Metroselskabet forestår den praktiske koordinering med rådgivningsfirmaet og entreprenøren (CMT). Endvidere er Metroselskabet ansvarlig for formidling af diverse materiale og den hertil knyttede fagtekniske dialog.

Reviewet afrapporteres skriftligt og indeholder anbefalinger til eventuelle justeringer af målesystemet. Rapporten offentliggøres efter gennemførelse og inden den nye lovgivning træder i kraft.

Metroselskabet udarbejder på baggrund af rapporten en implementeringsplan for de eventuelle forbedringer. Planen indeholder en prioriteret vurdering af de justeringer, som reviewet evt. giver anledning til, samt tidsplan for implementering heraf.

Metroselskabet er derefter ansvarlig for at implementere eventuelle forbedringsforslag over for entreprenøren, samt gennemføre af forslag som påhviler Metroselskabet at implementere i egen organisation.

Review og heraf eventuelle afledte omkostninger finansieres af Metroselskabet.

Rapport og implementeringsplan skal foreligge til godkendelse medio juni 2014.



Appendiks 4 - Oversigt over byggepladser



Appendiks 5 - Følgegruppen

Transportministeriet:

Mikkel Sune Smith

Klaus V. Larsen

Anitta Hilda Vandman Bugenhagen

Metroselskabet:

Margot Brabrand

Jens Ulrik Jensen

Peter Byskov Dalgaard

Rune Butzbach

Københavns Kommune:

Davis Ramati

Frederiksberg Kommune:

Kenneth Hansen

DELTA:

Jens E. Laursen

Claus Backalarz



Appendiks 6 - Opgørelse af målerudfald

Nedenstående opgørelse er modtaget fra Metroselskabet 18. juni 2014.

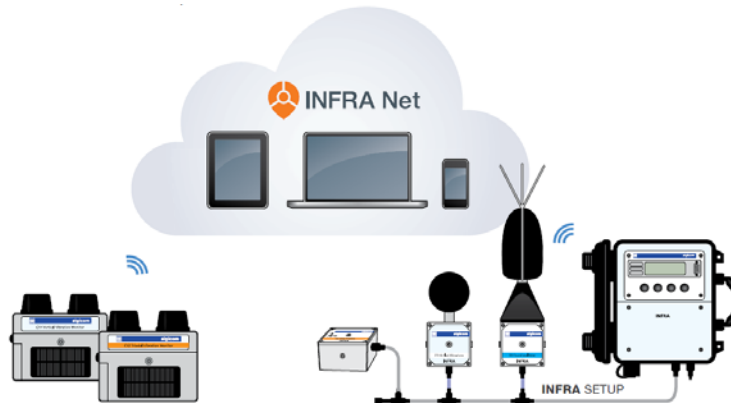
	Manglende målinger fra 1. januar til 1. juni 2014	Strømkilde batteri= b Solcellebatteri= sb Faststrøm= s
AMH2-1	0	b
EHP2-0	0	s
FB	0	s
FBA	0	s
GLS (NB: inaktiv siden 27-02-2014)	Ingen aktivitet	0
KGN	0 (Store perioder, hele januar, uden målinger pga. trafik om-lægninger)	s
KH	1	s
KK	0	s
MMK2-2	0	s
MMK2-4	0	s
NUP	7	b
NØ	1	sb
NØP2-2	1	b
NØP2-3	1	sb
NØP2-4 (NB: starter 11. november 2013)	10*	
NØR	0	b
PHP	0	s
RHP	0	sb
SBV2-0	0	s
SBV2-2 (NB: starter 20. november 2013)	0	s
SKP2-0 (NB: starter 31. juli 2013)	43**	s
SKP2-1 (NB: starter 21. august 2013)	0	s
TRI (NB: starter 27. august 2013)	0	sb
VHR (NB: begynder 7. august 2013)	0	sb
ØSØ	0	b

* CMT kunne ikke få adgang til denne måler fra den 18.-27. marts 2014. Erfaringer viser, at den måler det samme niveau som NØP2-2, dog opfanger NØP2-4 for meget trafikstøj.

** CMT kunne ikke få adgang til denne måler i længere perioder i februar og marts 2014. Men der blev målt på den anden måler i hele perioden, hvilket giver et godt billede af støjen på pladsen.



Appendiks 7 - Sigicom's målesystem



Sound Level Meter S50 Class 1

- INFRA Sound Level Meter class 1. Measures sound levels outdoor, indoor and structure-born sound.
- The sound level meter measures the equivalent, or average, sound pressure level Leq. In addition, it measures the instantaneous, maximum and peak sound levels Lmax, at the same time. The interval time can be set from 5 seconds to 20 minutes.
- Measuring range 20-130 dB in four ranges, each with a dynamic range of 75 dB
- When triggered, a sound clip up to 10 sec. will be recorded
- Weighting: dBA & dBC
- Fast & Slow
- Dimensions: 78 x 270 x 70 mm (3.0 x 10.6 x 2.9 in), excl. pads, connector & bird spikes
- Weight approx. 750 gram (1.7 lbs)
- Designed for vertical mounting on a wall, pole or tripod
Various mounting accessories are available.



INFRA Mini

with built in communication and CompactFlash Memory



4000 INFRA Mini

Measures:

- Vibration
- Vibration on sensitive electronic equipment in buildings
- Sound level
- Air blast
- Motion
- Crack displacement
- Inclination
- Pollution
- Ground water level
- Pore pressure
- Wind speed and direction
- Rain intensity
- Air temperature

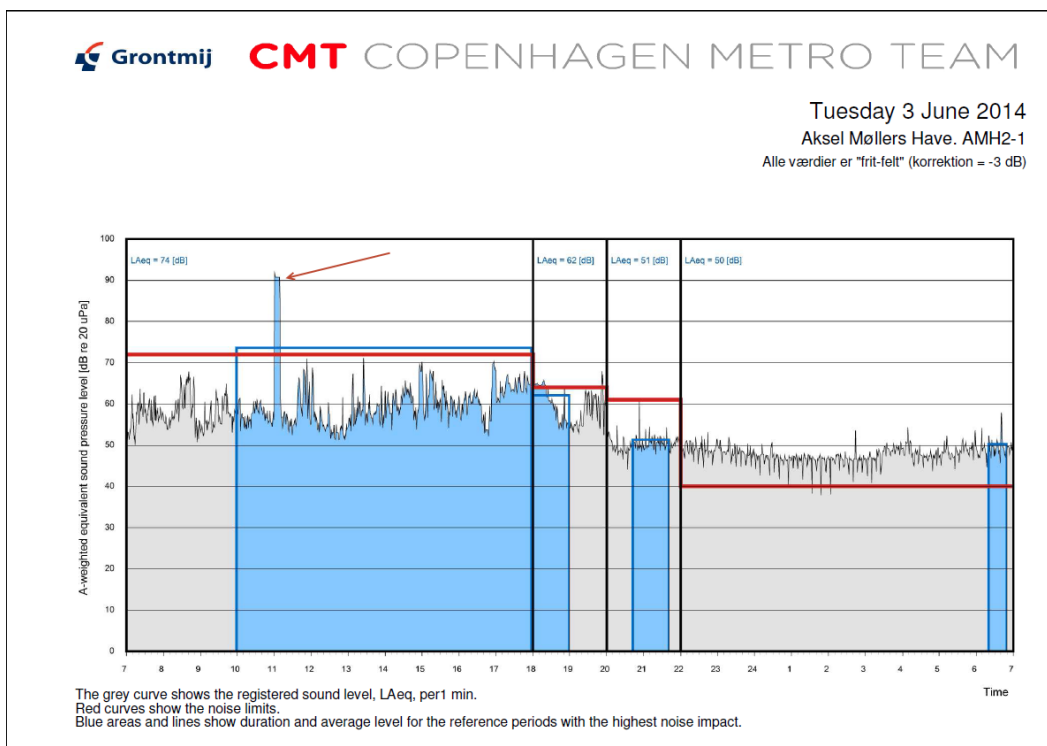
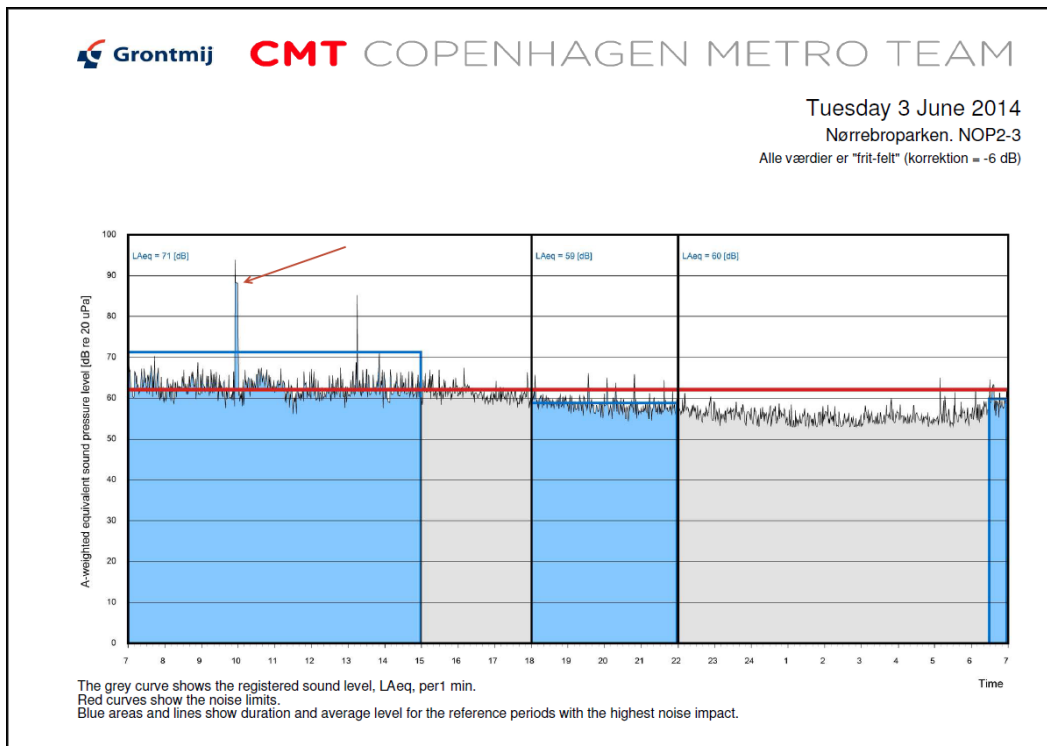
INFRA Mini is a complete battery operated data logger with a built in GSM/GPRS modem and GSM antenna. The logger has one outgoing connection for the INFRA bus cable and has a connection for an external GSM Antenna.

INFRA Mini is either operated with six alkaline batteries or on external power.

The data is stored on the exchangeable CompactFlash card. The INFRA Mini contains no measurement electronics that need calibration.

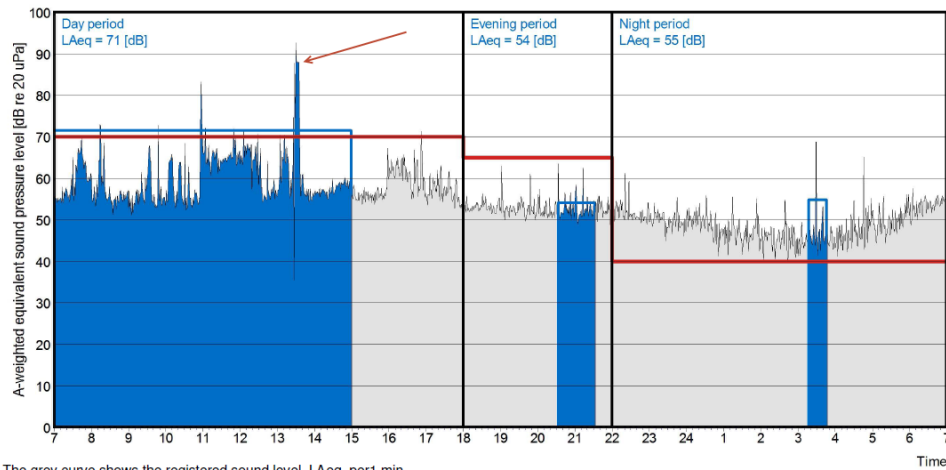
Appendiks 8 - Kontrol af CMT's lydsmålere

Perioder hvor DELTA's kalibrator har været påsat CMT's lydsmålere er vist med en pil.



Project:
Contact information:.

Client:



The grey curve shows the registered sound level, LAeq, per 1 min.
Red curves show the noise limits.
Blue areas and lines show duration and average level for the reference periods with the highest noise impact.

SIGICOM, ver. 1.0.12

Nuuks Plads. +6 dB-måling.

Appendiks 9 - Byggefaser

Uddrag af Bilag 1 i Bekendtgørelse om forurening og gener fra anlægget af Cityringen.

Bygge- og anlægsarbejdet på Cityringens byggepladser er jf. § 3 opdelt i følgende anlægsfaser med anførte forventede tidsrammer:

Fase	Aktivitet	Forventet tidsramme
Fase 1-1	I Fase 1 etableres stationens eller skaktens topdæk. I Fase 1-1 udgraves der ca. 3-4 meter ned i stationsboksen og dernæst udføres kapning af pæletoppe, slidsevægstoppe og/eller rensning af udsparinger. Ved Øster Søgade vil kapning af toppen af slidsevæggen dog først ske i fase 6 sammen med opfyldning og genetablering af Sortedamssoen.	0-8 måneder
Fase 1-2	I Fase 1-2 udføres armeringsarbejder, forskalling og støbning af stationsboksen eller skaktens topdæk. ¹	
Fase 2-1	I Fase 2 udgraves under topdækket og etableres tværafstivning. I Fase 2-1 udgraves under topdækket.	0-14 måneder
Fase 2-2	I Fase 2-2 monteres og bagstøbes tværbjælker under topdækket.	
Fase 3-1	I Fase 3 etableres de indvendige betonkonstruktioner, bundplade, vægge og beklædninger samt udvendig trappe. I Fase 3-1 støbes under topdækket, herunder opbygning af støbformene og armering.	4-23 måneder
Fase 3-2	I Fase 3-2 udgraves og støbes den udvendige trappe.	
Fase 4-1	I Fase 4 etableres de mekaniske og elektriske installationer på stationerne og i tunnelerne og der udføres arkitektonisk færdiggørelse af stationsboksene.	15-20 måneder
Fase 5	I Fase 5 monteres spor og tekniske installationer i tunnelen, og der udføres forberedelser til at støbe sporene fast. Fra tunnelarbejdspladserne vil der ske transport af skinnesektioner og øvrige forsyninger ind i tunnelerne.	18-24 måneder
Fase 6	I Fase 6 foretages test og prøvekørsel med metrotogene på de blivende skinner nede i tunnelen. Der vil endvidere ske afvikling af tunnelarbejdspladserne. ²	8-14 måneder
Fase 7	I Fase 7 demobiliseres og reetableres stationsområderne.	4-8 måneder

¹ På byggepladsen Kongens Nytorv skal der ske jordforstærkning under Magasin du Nord, hvilket planlægges udført fra en ca. 4-5 meter dyb udgravning i Lille Kongensgade i fase 1-2 i dagtimerne, inden tunnelboremaskinen kan sendes videre fra Kongens Nytorv.

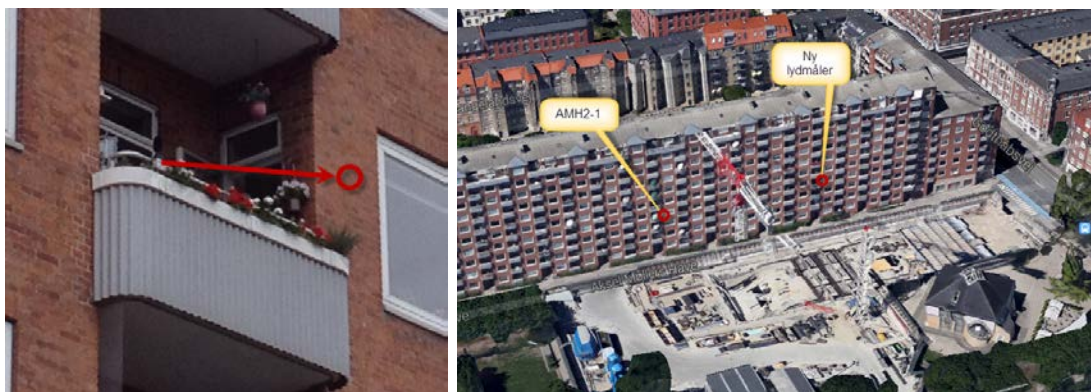
² For Øster Søgade vil der først i fase 6 ske kapning af toppen af slidsevæggen samt fjernelse af inddækning og reetablering af Sortedams Sø

Bygge- og anlægsarbejdet på Cityringens tunnelbyggepladser Øster Søgade, Nørrebroparken og Tømmergraven vil endvidere have følgende anlægsfase:

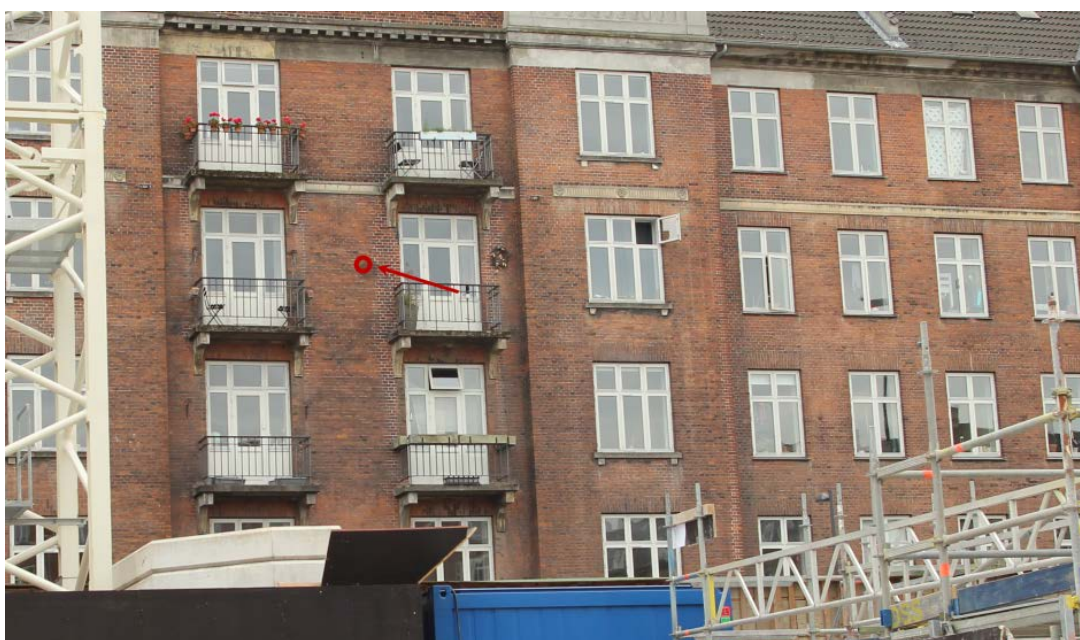
Fase	Aktivitet	Forventet tidsramme
Fase 3-3	Fase 3-3 er drift af tunnelarbejdspladserne med håndtering af tunnelementer og muck.	14 – 26 måneder

På tunnelarbejdspladserne sker der, når arbejdet er færdigt, afvikling af tunnelarbejdspladsen og for Nørrebroparkens vedkommende, reetablering af parken.

Appendiks 10 - Nye og ændrede lydmålerplaceringer



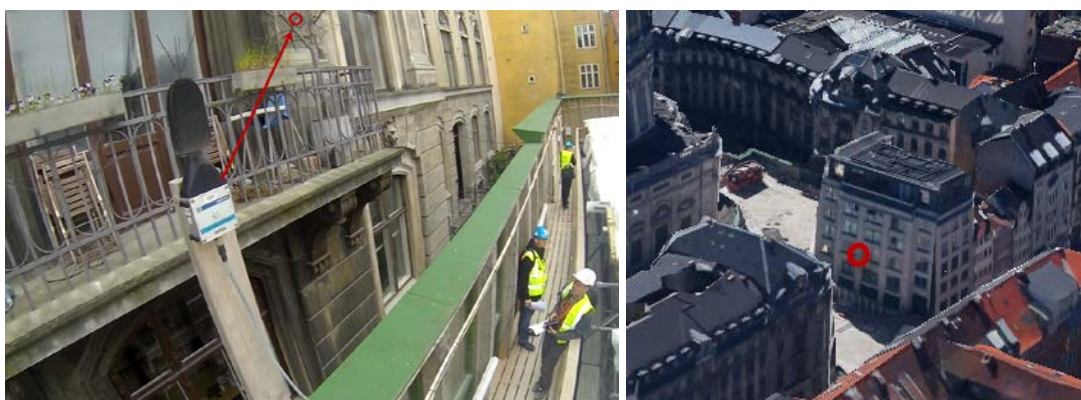
Aksel Møllers Have. Tv. ny placering af AMH2-1. Th. placering af ny lydmåler ved nr. 6.



Enghave Plads. Ny placering af EHP2-0.



Københavns Hovedbanegård. Placering af ny lydmåler ved Reventlowsgade 22, 3. sal. Kan også placeres på en plade på et af vinduerne til venstre eller højre for murværket. (Fotoet er fra før udgravningen startede).



Marmorkirken. Tv. ny placering af MMK2-2. Th. ekstra lydmåler ved Frederiksgade 2.



Nørrebroparken. Ny placering af NØP2-4, Krogerupgade 59, 2. sal.



Nørrebro Station. Flytning af NØ2-0 fra altangelænder til murværk.



Poul Henningsens Plads. Flytning af PHP2-0 fra pavillon til Jagtvej 219G, 3. sal.



Trianglen. Flytning af TRI2-0 fra 5. sal til facade på Øster Varmeværk.

Appendiks 11 - StøjABC

Hvordan opfattes støjniveauer?

Generelt skal støjniveauet øges med 10 dB, for at man i gennemsnit opfatter dette som en fordobling af støjniveauet. Tilsvarende skal støjniveauet dæmpes med 10 dB, for at det opfattes som en halvering af støjniveauet.

En forskel i lydtrykniveauet på 3 dB vil de fleste mennesker netop kunne opfatte. Ikke alle kan høre en forskel på 1 dB. Eksemplerne gælder såkaldte A-B-test, hvor man først præsenteres for den ene lyd og straks efter den anden lyd. Er der længere tid mellem lyd eksemplerne, vil de fleste have svært ved at vurdere en forskel på 3 dB.

Lytter man til to ens støjkilder i samme afstand, vil lydtrykniveauet falde med 3 dB, hvis den ene støjkilde slukkes. Det er forudsat, at der ikke høres andre betydende støjkilder.

Hvis en støjkilde i en given afstand giver et bidrag på fx 55 dB(A), vil X tilsvarende kilder, der tændes i samme afstand, give et samlet bidrag på $55 + 10 \cdot \log(X)$ dB(A), hvor log betegner titals-logaritmen. Eksempel: Hvis én betonhammer i 100 m afstand giver et støjbidrag på 55 dB(A), så vil 3 ekstra identiske betonhamre, der startes tæt på den første, give en forøgelse på $10 \cdot \log(3) = 4,8$ dB, så det samlede bidrag bliver $55 + 4,8 = 59,8$ dB(A).

Hvis forskellen mellem to støjbidrag er større end 10 dB, vil man - hvis ellers støjspektrene er nogenlunde ens - ikke kunne høre den svageste af de to støjkilder. Tilsvarende vil summen af to støjbidrag, hvis indbyrdes forskel er mere end 10 dB, være omtrent lig med den kraftigste kildes bidrag. Adderes to støjbidrag på fx henholdsvis 50,0 og 60,0 dB fås et samlet støjniveau 60,4 dB, se eksempler i afsnittet "Addition af støjniveauer".

Driftstid

Hvis en støjkilde er i drift i 50 % af tiden i en given periode (fx 1 time), vil støjbidraget midlet over denne tidsperiode stige med 3 dB, hvis driftstiden ændres til 100 %.

A-vægtning

Generelt angiver A'et i fx dB(A), L_{WA} , L_{pA} og L_{Aeq} , at der er A-vægtet. Med A-vægtningen opnås, at lyden måles eller beregnes i overensstemmelse med menneskets hørelse ved frekvenserne 20-20.000 Hz, som er det hørbare frekvensområde for et ungt, normalt hørende menneske. Vi hører bedst ved frekvenser i området 500-5000 Hz og fx ca. 30 dB dårligere ved 50 Hz. En lydtrykmåler vil, når den indstilles til A-vægtning, filtrere støjen, så den lavfrekvente og højfrekvente del af lyden bidrager mindre end mellemfrekvensområdet, når det samlede lydtrykniveau beregnes. Er en dB-værdi ikke A-vægtet (eller på anden måde vægtet), taler man om det "lineære niveau", og enheden angives da af og til som dBlin eller dB(Z).

Kildestyrke og lydtrykniveau

Kildestyrke eller lydeffektniveau L_{WA} kan sammenlignes med Lumen- eller watt-angivelsen på en elektrisk pære og er et udtryk for den lydeffekt, støjilden udsender. En støjkilde med $L_{WA} = 60$ dB(A) er i byggepladssammenhæng en ubetydelig kilde, og en kilde med $L_{WA} = 120$ dB(A) er en overordnet kraftig støjkilde. Helt korrekt angives kildestyrker med enheden dB re 1pW, fx $L_{WA} = 120$ dB re 1pW. Oftest ser man dem blot angivet med enheden dB(A).

Lydtrykniveau L_{pA} er et udtryk for styrken af den målte eller beregnede lyd eller støj på et bestemt sted. Helt korrekt angives lydtrykniveauer med enheden dB re 20 μ Pa, fx $L_{pA} = 65$ dB re 20 μ Pa. Oftest ser man blot enheden dB(A) anvendt eller dB, hvis der ikke er A-vægtet (eller hvis A'et er glemt).

Det er vigtigt at angive og vide, om en dB-angivelse er A-vægtet eller ej. Normalt er A-vægtede værdier adskillige dB lavere end lineære værdier. Fx er lydeffektniveauet for en typisk lastbil i tomgang A-vægtet $L_{WA} = 96$ dB re 1pW og lineært $L_W = 105$ dB re 1pW. Inden for ekstern støj er der næsten altid tale om A-vægtede værdier.

Maksimalværdier, $L_{pA,maxFAST}$

For at beskytte folks nattesøvn stilles der i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984 - udover kravet til gennemsnitsstøjen (støjbelastningen) - også et krav til de maksimalt forekommende støjniveauer (øjebliksværdier), der kan forekomme i hele natperioden kl. 22-07: $L_{pA,maxFAST}$. Grænseværdien for denne maksimalstøj er normalt 15 dB højere end grænsen for gennemsnitsstøjen om natten. Fx gælder der for normal industristøj i etageboligområder en vejledende støjgrænse for støjbelastningen i natperioden på 40 dB(A), og en grænse for maksimalstøjen på: 40 dB + 15 dB = 55 dB(A). Når der måles $L_{pA,maxFAST}$ benyttes en midlingstid på 125 ms, hvilket medfører, at når målingerne vises grafisk, fremstår de som meget fluktuerende kurver med generelt højere værdier end gennemsnitsstøjen.

Midlingstid

I forbindelse med ekstern industristøj (herunder byggepladsstøj) midles støjen over en bestemt periode, fx 8 timer i dagperioden kl. 07-18, 1 time i aftenperioden kl. 18-22 og ½ time i natperioden kl. 22-07. Derudover vil man normalt udvælge den periode, hvor støjbidraget er størst, og man kan fx benytte vendingen ”den værst belastede ½ time i natperioden”. Man benytter det A-vægtede energimidlede lydtrykniveau L_{Aeq} . Der midles, fordi der altid er en vis variation i støjbidraget, og fordi genen af støjen i store træk afspejles i middelværdien. I forbindelse med trafikstøj benytter man L_{den} , der vægter støjbidrag i aften- og natperioden højere end i dagperioden.

Midlingstidens længde er meget afgørende for den middelværdi L_{Aeq} , der beregnes. I det ekstreme tilfælde, hvor der midles over få sekunder, kan der fås meget høje niveauer i en (kort) periode, hvor der netop er en støjende aktivitet, fx når en gummihjulslæssers grab rammer underlaget. Omvendt kan støjen fra samme gummihjulslæsser, hvis den kun opererer 5 minutter om dagen, blive helt ubetydeligt, hvis der midles over et helt døgn.

Af disse grunde bør man altid angive midlingstiden, når L_{Aeq} -værdier angives.



Impulser og toner

Mange undersøgelser har vist, at impulsholdig støj og støj med tydeligt hørbare toner er mere generende end støj uden disse komponenter. Hvis der er toner eller impulser i den målte støj hos naboerne, vil man normalt addere 5 dB til støjbidraget (der kan højst gives ét 5 dB tillæg, også hvis der både er impulser og toner i støjen). I nogle sammenhænge er der ”indbygget” et fast impulstillæg i den vejledende grænseværdi, fx ved støj fra skydebaner, og denne støjgrænse er så 5 dB lavere, end hvis der havde været tale om konstant støj.

Støjen aftager med afstanden

Støj i det fri aftager som håndregel med 6 dB pr. afstandsfordobling. Hvis der fx 25 m fra en lastbil i tomgang måles $L_{pA,25m} = 60$ dB(A), vil der i 50 m afstand måles $L_{pA,50m} = 54$ dB(A) og i 100 m afstand måles $L_{pA,100m} = 48$ dB(A). Dette kan generelt udtrykkes ved $L_{pA,R2} = L_{pA,R1} - 10 \cdot \log((R2)^2/(R1)^2)$, hvor $L_{pA,R2}$ og $L_{pA,R1}$ er lydtrykniveauer i henholdsvis afstanden R2 og R1.

Addition af støjniveauer

Støjbidrag adderes logaritmisk efter formlen:

$$L_{pA,\text{total}} = 10 \cdot \log(10^{(L_{pA1}/10)} + 10^{(L_{pA2}/10)} + \dots + 10^{(L_{pAn}/10)})$$

Eksempler:

60dB(A) ”+” 60dB(A) = 63dB(A) og

55dB(A) ”+” 60dB(A) ”+” 63dB(A) = 65dB(A).

Afrunding af dB'er

I ”daglig brug” giver det normalt ikke mening at angive dB-værdier med decimaler pga. af det menneskelige øres manglende evne til at skelne små lydniveauforskelle og usikkerheden på støjmålinger og -beregninger generelt. I forbindelse med ekstern støj benytter man alligevel dB-værdier med én decimal, dels i forbindelse med kontrol af overholdelse af grænseværdier, dels for ikke at skjule virkninger af ændrede driftsforhold m.m. i afrundingsfejl.

Støjudbredelseskort og refleksioner i egen facade

I forbindelse med måling og beregning af ekstern støj vil man normalt altid benytte såkaldte fritfeltværdier, når man skal sammenligne den målte eller beregnede støj med grænseværdier. Fritfeltværdier er målte eller beregnede støjbidrag, der ikke indeholder refleksioner fra beboerens egne bygninger eller andre reflekterende genstande på grunden. Det gælder både i åben, lav bebyggelse og ved etageboliger. Når man måler støjen fra en virksomhed/byggeplads i en villahave, skal man sørge for at placere sig et sted på grunden, hvor der ikke forekommer refleksion fra grundens/beboerens bygninger. Der må gerne forekomme refleksioner fra naboens bygninger eller fra virksomhedens bygninger. Hvis man ikke kan undgå refleksioner, kan man benytte såkaldte +6 dB-målinger, hvor målemikrofonen placeres direkte på en (større) reflekterende flade, fx en mur. Hvis støjbidraget beregnes, kan man indstille beregningerne, så refleksionen fra egen facade ikke medregnes.



Når støjen skal måles ud for en bolig i en etageejendom, vil man normalt benytte en +6 dB-måling, da refleksionen fra egen facade ikke kan undgås, uanset hvordan man placerer mikrofonen.

Det forhold, at refleksioner fra egen facade eller bygninger IKKE skal medregnes, men at refleksioner fra "alle andre bygninger" SKAL medregnes, kan vanskeliggøre korrekte beregninger af støjbidrag. Hvis man "slukker" for alle refleksioner fra egne facader (hvilket lader sig gøre i alle støjberegningsprogrammer), så får beregningspunkterne på nabogrunden/nabofacaden ikke et støjbidrag fra disse facader, hvilket ikke er korrekt. Hvis man omvendt ikke slukker for "egne refleksioner", bliver det beregnede støjbidrag på egen facade/grund for højt, typisk 1-3 dB for højt.

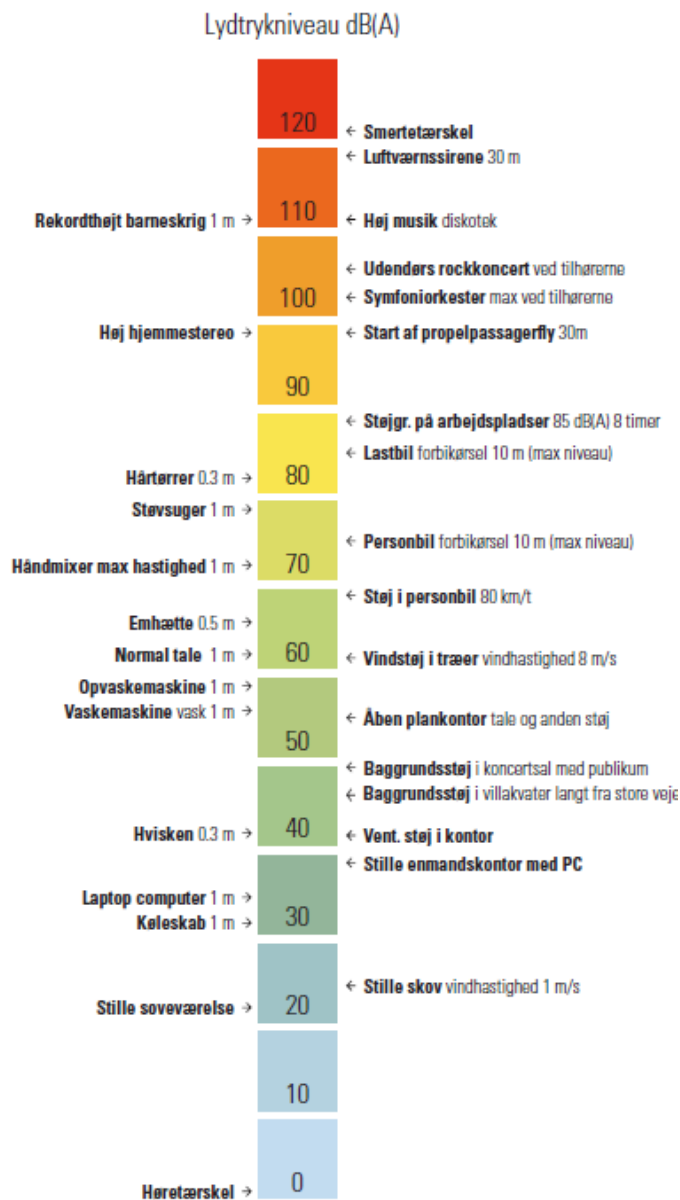
For at undgå disse problemer vil man derfor normalt benytte såkaldte facadepunkter, der i støjmodellen placeres ganske tæt på facaden (1 cm). Støjberegningsprogrammet sørger så for ikke at medregne refleksionen fra facaden, hvorpå punktet er placeret, men facaden reflekterer stadig mod andre beregningspunkter.

Forholdet omkring refleksioner i egen facade er en af grundene til, at beregninger i netværk af punkter (som resulterer i støjudbredelseskort) skal bruges med forsigtighed. Lydudbredelseskort giver visuelt et meget fint og korrekt billede af støjens udbredelse, men skal resultaterne sammenholdes med grænseværdier, som gælder for frit felt, vil de aflæste værdier (i form af farver, tal eller konturlinjer) være for høje nær bygninger. Facadeberegninger giver korrekte støjbidrag på facader, men visualiserer ikke støjens udbredelse.

Appendiks 12 - Støjbarometer



Støjbarometer



DELTA
Venlighedsvej 4
2970 Hørsholm
Tlf. +45 72 19 40 00
delta@delta.dk
madebydelta.com

We help ideas meet the real world | delta.dk/akustik

