

RAPPORT

Målinger af virkninger af lokale støjhegn

Udført for Gate 21

Sagsnr.: 120-30820

TC-101624 Revision 1

Side 1 af 35

Hørsholm, 21. januar 2021

Akustik, støj og vibrationer

Kvalitetssikret af

Udfærdiget af

OVERSIGT

Titel	Målinger af virkninger af lokale støjhegn
Sagsnr.	120-30820
TC-nr.	TC-101624 Rev. 1
Testperiode	20. august 2020 - 11. september 2020
Kunde	Gate 21 Vognporten 2 2620 Albertslund Tlf.: 53797003
Kontaktpersoner	Sif Enevold og Emma Liisberg E-mail: sif.enevold@gate21.dk emma.liisberg@gate21.dk
Resume	FORCE Technology har som en del af projektet Rolig Have foretaget målinger af støj i tre haver beliggende tæt ved Motorring 3, Hillerødmotorvejen og Køge Bugt Motorvejen i Gladsaxe og Brøndby. Målingerne blev foretaget i august og september 2020. I projektet er effekten af støjhegn opstillet i haver undersøgt og dokumenteret, og der er indsamlet viden og inspiration til boligejere, kommuner og leverandører, som ønsker at undersøge mulighederne for at dæmpe støjen lokalt med mindre støjhegn nær boligen. Målingerne dokumenterer, at der kan opnås støjdæmpninger på op til 7 dB under ideelle placeringer af støjhegn og lytteposition.
Revisioner	Denne rapport er en revision og erstatter Rapport TC-101624 af 1. december 2020. I denne rapport er et afsnit tilføjet i konklusionen, og modulykkelsen er rettet i Bilag 7.
Testlokation	Septembervej 126, 2860 Søborg Augustvej 116, 2860 Søborg Bækkelunden 136, 2660 Brøndby Strand
Vores ref.	CB/MCHE/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.

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Indledning	5
1.1	Beskrivelse af projektet.....	5
1.2	Projektets partnere	5
2	Overordnet fremgangsmåde	6
3	Analyse og fremstilling af resultaterne	7
3.1	Analyse af lydoptagelserne	7
3.2	Præsentation af resultaterne	8
4	Bolig 1, Septembervej 126	10
4.1	Resultater for støjmålingerne ved Bolig 1, Septembervej 126 i Gladsaxe	11
4.2	Støjbidrag og vejr i haven ved Bolig 1 under målingerne	12
5	Bolig 2, Augustvej 116	13
5.1	Resultater for støjmålingerne ved Bolig 2, August 116 i Gladsaxe	14
5.2	Støjbidrag og vejr i haven ved Bolig 2 under målingerne	15
6	Bolig 3, Bækkelunden 136	16
6.1	Resultater for støjmålingerne ved Bolig 3, Bækkelunden 136 i Brøndby	17
6.2	Støjbidrag og vejr i haven ved Bolig 3 under målingerne	18
7	Ubestemthed	19
8	Konklusion.....	20
	Bilag 1 Resultater i 1/1-oktaver for Bolig 1.....	21
	Bilag 2 Resultater i 1/1-oktaver for Bolig 2.....	22
	Bilag 3 Resultater i 1/1-oktaver for Bolig 3.....	23
	Bilag 4 Instrumentliste	24
	Bilag 5 Fotos.....	25
	Bilag 6 Målepunkter og støjhegn	29
	Bilag 7 Støjhegn	35

1 Indledning

Denne rapport dokumenterer resultaterne af støjmålingerne, som blev foretaget af FORCE Technology i projektet.

1.1 Beskrivelse af projektet

Projektet er beskrevet i dokumentet "Projektbeskrivelse – Rolig Have. Test af løsninger til støjreduktion i boligens udearealer" udgivet af Gate 21, dateret 25. juni 2020.

Fra projektbeskrivelsen citeres:

*Undersøgelser viser, at beboere i enfamiliehuse påvirket af motorvejsstøj er mere generede end støjbela-
stede beboere i etageejendomme. ... Da støjen fra en motorvej typisk er diffus, er det ikke muligt at redu-
cere støjen på hele havens areal, men der bør være gode muligheder for at skabe afgrænsede opholdsarea-
ler, hvor støjen er reduceret væsentligt. ... Branchen mangler imidlertid konkrete erfaringer med og demon-
stration af hvordan man optimerer sådanne løsninger akustisk, hvad det koster og hvilke muligheder man
har ift. design. Projektet Rolig Have vil undersøge og dokumentere effekt af støjafskærmning af mindre om-
råder i haver og dermed indsamle viden og inspirere boligejere, kommuner og leverandører til at arbejde vi-
dere med denne type af løsninger.*

Projektets formål

*Dette projekt skal bidrage til et bedre vidensgrundlag for at designe og udforme løsninger til støjdem-
pning af udearealer i haver ved diffuse støjkloder. Projektets resultater vil blive formidlet på forskellig vis til forskel-
lige målgrupper, afhængig af resultatet af projektet.*

1.2 Projektets partnere

Partnere: Gate 21, Vejdirektoratet, Gladsaxe Kommune, Brøndby Kommune, FORCE Technology, Rambøll og Ishøj Hegn.

Projektleder: Gate 21.

2 Overordnet fremgangsmåde

Der er målt i tre haver, der alle ligger ca. 200 m fra den nærmeste motorvej. Målingerne blev foretaget før og efter opsætning af støjhegn i målepositioner i typisk to eller tre forskellige afstande fra støjhegnet. Forskellen i de målte støjniveauer med og uden støjhegn giver en god indikation af den støjdæmpende effekt, som ofte benævnes indsætningsdæmpningen.

Målingerne fandt sted på følgende adresser:

Bolig 1: Septembervej 126, 2860 Søborg. Måling den 20. august 2020.

Bolig 2: Augustvej 116, 2860 Søborg. Måling den 1. september 2020.

Bolig 3: Bækkelunden 136, 2660 Brøndby Strand. Måling den 11. september 2020.

Ved målingerne deltog repræsentanter for projektets partnere. FORCE Technology stod for målingerne.

Der er i hver af de 3 haver målt i perioden ca. kl. 07-15. Måledagen blev startet med en diskussion sammen med partnere og beboerne om støjhegnenes mulige placeringer i den aktuelle have, og de bedste placeringer under hensyntagen til bl.a. eksisterende terrasser, motorvejens beliggenhed, lysindfald og udsyn til haven blev besluttet. I nogle tilfælde blev støjhegnene placeret på steder i haverne, hvor der kunne opnås nyttig viden fra målingerne, men hvor man normalt ikke ville opsætte et støjhegn.

For hver placering blev der foretaget eksperimenter med forskellige højder og længder af støjhegnet. Når hegnet blev forlænget, blev forlængelsen i nogle tilfælde vinklet i forhold til det oprindelige og kortere støjhegn. En vinklet forlængelse af støjhegnet er i denne rapport kaldt en "vinge".

Ved alle målingerne i alle tre haver blev der opsat mikrofoner i et hjørne af haven, der målte støjniveauet i haven upåvirket af placeringen af støjhegnene. Målingerne fra disse er efterfølgende benyttet til at korrigere resultaterne i de tilfælde, hvor støjen fra motorvejen blev kraftigere eller svagere mellem målingen uden støjhegn og målingen med støjhegn.

Når de ønskede placeringer af støjhegnene var fastlagt, blev der foretaget målinger uden støjhegn i 1-3 positioner nær det sted, hvor støjhegnet var besluttet opstillet. Disse positioner var typisk på en terrasse og svarede til en plads ved et havebord, i en liggestol eller en anden placering, hvor man typisk ville sidde i længere tid. Alle målinger blev foretaget i højden 1,2 m over terræn svarende til ørehøjde på en siddende person.

Målingerne foregik med stereomikrofoner i både referencepositionen og i positionerne på terrassen. Ved at måle med stereomikrofoner (som var to omnidirektionale kvalitetsmålemikrofoner placeret med 16 centimeters mellemrum svarende til afstanden mellem ørerne på en voksen person) vil der være mulighed for at foretage naturtro gengivelser af støjen i målepunktet med og uden støjhegn ved at afspille stereosignalet fra optagelserne i kvalitetshovedtelefoner.

Efter målingerne uden støjhegn opstillede medarbejdere fra Ishøj Hegn støjhegnet på det aftalte sted, og målingerne blev gentaget i de samme mikrophonplaceringer som før opstillingen af støjhegnet, dvs. i referencepositionen og i målepositionerne på terrassen. Derefter blev målingerne i de fleste tilfælde gentaget med andre højder af støjhegnet og eventuelt med en forlængelse af hegnet, sidstnævnte kombineret med en vinkling i forhold til det oprindelige støjhegn. I ét tilfælde blev der også foretaget målinger med den hårde side af støjhegnet vendt ind mod terrassen for at undersøge virkningen af at have en lydabsorberende overflade på siden mod lyttepositionen. Resultaterne af disse målinger vil kunne bruges, hvis man overvejer at udføre dele eller hele støjhegnet i glas, fx for at bevare lysindfald og udsigt til haven.

Der blev af og til afvejet fra ovenstående generelle fremgangsmåde, når de praktiske omstændigheder bød det. Fx blev der i nogle tilfælde foretaget en ekstra mellemliggende måling uden støjhegn, hvis målingerne med de forskellige kombinationer af et støjhegn (højde og længde) havde stået på i lang tid. Derved blev det sikret, at støjen fra motorvejen ikke ændredes alt for meget mellem målinger med og uden støjhegn.

Alle målinger blev foretaget som kalibrerede lydoptagelser samtidigt i fire kanaler. I to kanaler blev signalerne fra mikrofonerne i referencemikrofonerne optaget, og i to andre kanaler blev signalerne fra mikrofonerne på terrassen optaget. Alle målinger blev foretaget over ca. 10 minutter. Denne relativt lange måleperiode gav mulighed for ved analysen at fravælge perioder med forstyrrelser og stadig have brugbare perioder til rådighed.

I forbindelse med de forskellige opstillinger af støjhegnet blev der foretaget opmålinger af disse, både med hensyn til længde og højde, men også med hensyn til afstande fra husfacader eller andre faste genstande i haven. Ligeledes blev der under målingerne nedskrevet noter om mikrofonplaceringen og eventuelle forstyrrelser under målingen.

Der blev taget fotos af alle opstillinger af støjhegnene, se eksempler i Bilag 5.

Målingerne i hver af de 3 haver blev som nævnt foretaget over én dag i tidsrummet fra ca. kl. 07-15. Før og efter målingerne (morgen og eftermiddag) blev der foretaget kalibrering af den samlede målekæde (mikrofon-forforstærker-coaxkabel-harddiskoptager) ved at optage signalet fra hver mikrofon med en påsat kalibrator med et kendt lydtrykniveau. Under målingerne blev signalerne fra de fire mikrofoner jævnligt aflyttet via hovedtelefoner for at sikre, at der ikke var udfald eller andre tekniske problemer.

Efter målingerne blev der foretaget analyser af lydoptagelserne, og på dette grundlag blev virkningen (indsætningsdæmpningen) beregnet.

3 Analyse og fremstilling af resultaterne

3.1 Analyse af lydoptagelserne

Der blev målt i 1-3 positioner i ca. 10 minutter ved hver placering af støjhegnet (og ved hver af de tilhørende modifikationer med hensyn til højde, bredde etc.), og der blev i hver måleposition (referencepositionen langt fra støjhegnet og positionen på terrassen) målt med to mikrofoner. Optagelserne blev foretaget uden frekvensvægtning (fx A-vægtning), så de senere vil kunne bruges til naturtro stereogengivelser i hovedtelefoner.

Analyserne af lydoptagelserne er foretaget med PC-programmet NoiseLAB Capture 4.0.4 og NoiseLAB Batch 4.1, der begge er udviklet af FORCE Technology.

Inden analyserne blev tidsforløbet af optagelserne ("skriverudskriften") studeret. Hvis der kortvarigt eller i perioder viste sig høje støjniveauer, blev der lyttet til optagelserne i de pågældende perioder. Hvis der har været tale om væsentlige forstyrrelser (fx fra fly, trafik på de omkringliggende mindre veje, motoriserede haveredskaber eller kirkeklokker) blev disse perioder taget ud af analysen. Denne indledende proces resulterede i et antal klip, der var uden betydende forstyrrelser.

Resultatet af analyserne blev A-vægtede totalniveauer L_{Aeq} og A-vægtede 1/1-oktavniveauer i oktavbåndene med centerfrekvenserne 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 og 8000 Hz.

Et aritmetisk gennemsnit af de to lydtrykniveauer målt med hver af mikrofonerne i stereo-koblingen blev beregnet til at give et samlet lydtrykniveau for hver måleposition. Forskellene på lydtrykket målt i hver af stereomikrofonerne er forsvindende, og aritmetisk midling (frem for energimidling) kan derfor anvendes.

Da opsætning af støjhegnene tog en vis tid, og der for nogle opstillinger skulle måles i flere lyttepositioner, ville trafikstøjen kunne være ændret i perioden fra uden-støjhegn-målingen til med-støjhegn-målingen. Der blev derfor også foretaget en måling i et referencepunkt for at kunne korrigere for den varierende trafikstøj fra motorvejene. Målingen i referencepunktet blev foretaget i så stor en afstand fra støjhegnenes placering, at eventuelle støjrefleksioner fra disse var uden betydning.

Støjreduktionen (indsætningsdæmpningen), som er differensen mellem det A-vægtede lydtrykniveau L_{Aeq} målt før og efter opstillingen af støjhegnet for hver måleposition, er blevet korrigeret for trafikstøjens variation målt med referencemikrofonerne. Korrektionen er differensen mellem det totale, A-vægtede lydtrykniveau L_{Aeq} målt med referencemikrofonerne i de samme tidsperioder, som uden-støjhegn- og med-støjhegn-målingen i målepositionerne blev udført.

Eksempel: Der er i en måleposition på terrassen målt $L_{Aeq,uden} = 42$ dB(A) uden støjhegn og $L_{Aeq,med} = 39$ dB(A) med støjhegn. Samtidig blev der målt henholdsvis $L_{Aeq,ref,uden} = 40$ dB(A) og $L_{Aeq,ref,med} = 41$ dB(A) i referencepositionen. Indsætningsdæmpningen kan derefter beregnes af $\Delta L_{Aeq} = 42 - 39 - (40 - 41) = 4$ dB.

Lydtrykniveauerne, som er benyttet til brug af beregning af indsætningsdæmpningen i hver måleposition, er det energiekvivalente A-vægtede lydtrykniveau L_{Aeq} målt over 3-10 minutter, afhængigt af om forstyrrelser forekom under målingen. Det er disse værdier, der er vist som hovedresultater i kapitel 4, 5 og 6.

Indsætningsdæmpningerne som 1/1-oktaver er vist i Bilag 1, Bilag 2 og Bilag 3.

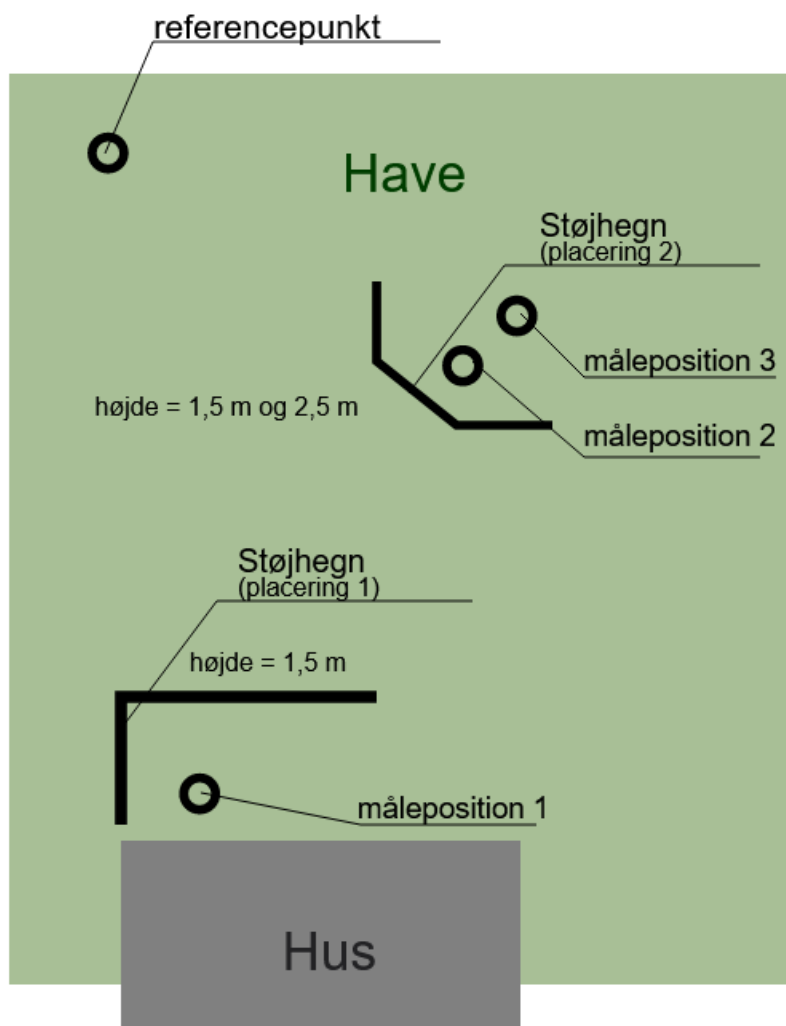
3.2 Præsentation af resultaterne

I dette afsnit vil præsentationen af resultaterne i kapitel 4-6 blive gennemgået. På Figur 1 ses et eksempel på, hvordan en måling i en have kunne se ud. I dette eksempel er vist, at der blev målt i én måleposition for støjhegnspacering 1 (måleposition 1), og i to forskellige målepositioner for støjhegnspacering 2 (måleposition 2 og 3). Desuden blev der foretaget målinger med kun én støjhegnshøjde for støjhegnspacering 1 (1,5 m), og to forskellige støjhegnshøjder for støjhegnspacering 2 (1,5 og 2,5 m).

Referencepunktets placering er angivet i øvre venstre hjørne.

Den beregnede indsætningsdæmpning i dB vil blive angivet for hver måleposition (rækkevis) delt op, så man kan se, hvilken støjhegnspacering de tilhører. Højderne af støjhegnene er angivet i kolonnerne, se Tabel 1.

Eksempel fra Tabel 1: Indsætningsdæmpningen for støjhegnspacering 2, med støjhegnshøjden 2,5 m i måleposition 3 er 3,8 dB.



Figur 1 Eksempel på en måleopstilling.

		Indsætningsdæmpning i dB Højde af støjhegn = 1,5 m	Indsætningsdæmpning i dB Højde af støjhegn = 2,5 m
Placering 1	Pos 1	0,2	-
Placering 2	Pos 2	3,6	5,1
	Pos 3	2,4	3,8

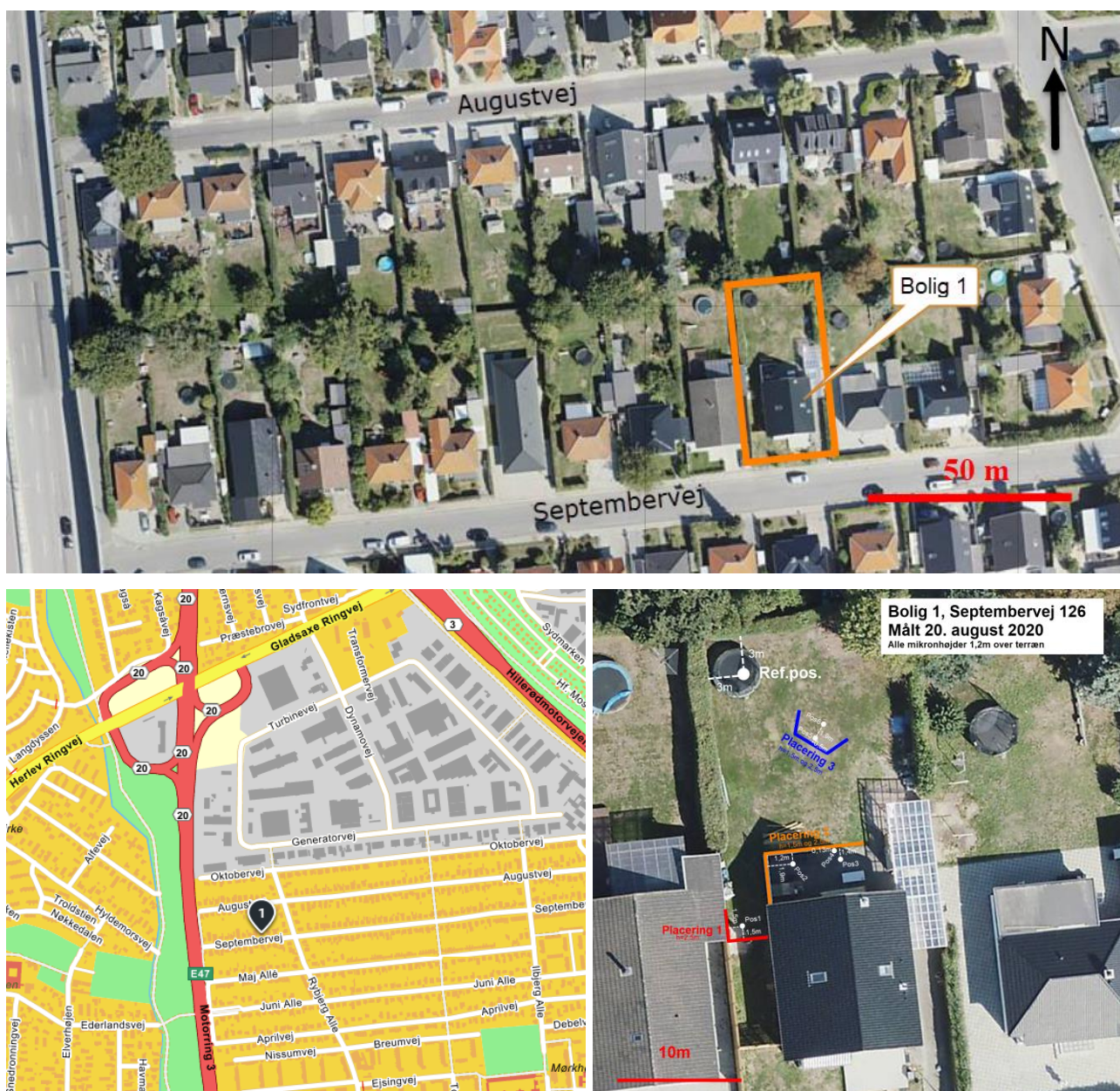
Tabel 1 Eksempel på hvordan resultaterne er angives. Denne tabel tager udgangspunkt i Figur 1.

Farverne i tabellen er farvekoder, som indikerer, hvor god indsætningsdæmpningen er i de forskellige scenarier: Hvid eller lys grøn: Ringe dæmpning. Mørkere grønne farver: Bedre dæmpning. En bindestreg betyder, at der ikke er målt i den angivne kombination af støjhegnsplacering og -højde.

I Bilag 1, Bilag 2 og Bilag 3 er vist indsætningsdæmpningen for hvert heloktavbånd for alle de forskellige scenarier. Desuden findes skitser af haverne med støjhegns- og målepositionerne i detaljeret form i Bilag 6.

4 Bolig 1, Septembervej 126

Tre forskellige støjhegnsplaceringer blev afprøvet i denne have, se Figur 2. Støjhegnsplacering 2 og 3 blev afprøvet med to forskellige højder: 1,5 m og 2,5 m. Støjhegnsplaceringerne og målepositionerne er vist i en større udgave i Bilag 6.



Figur 2 Oversigt over adressen, omliggende motorveje samt støjhegnsplaceringer og målepositioner. Nord er op på alle tre grafikker.

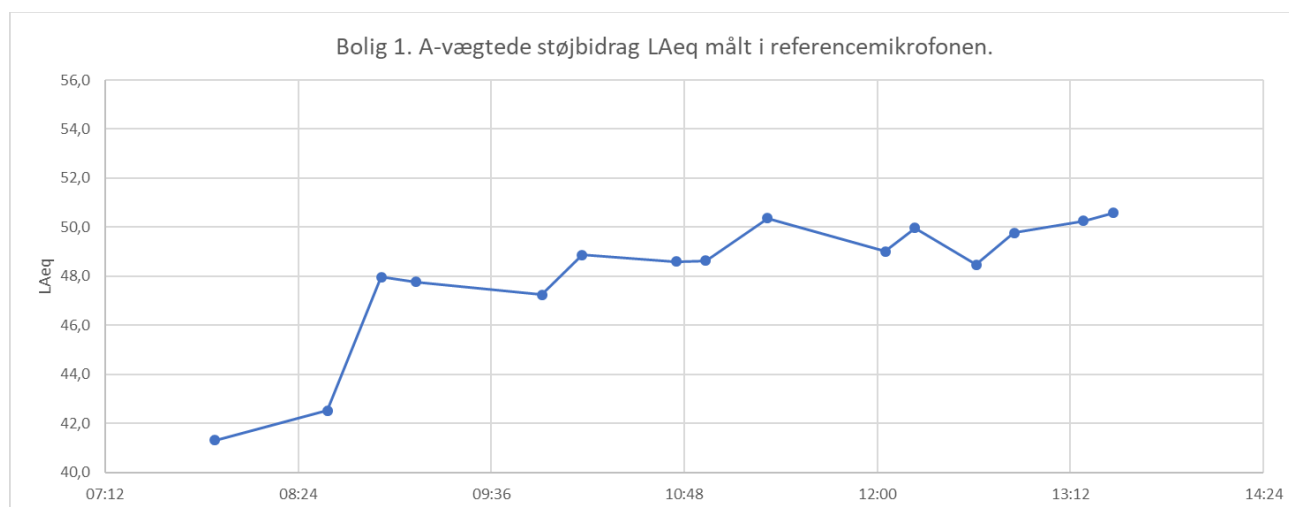
4.1 Resultater for støjmålingerne ved Bolig 1, Septembervej 126 i Gladsaxe

Den beregnede indsætningsdæmpning i dB er vist for hver støjhegnsplacering i Tabel 2. Disse værdier er korrigeret for en evt. varierende trafikstøj (målt i referencepositionen). Målepositionerne (Pos 1 til Pos 6) er vist på Figur 2 og i Bilag 6.

		Indsætningsdæmpning i dB Højde af støjhegn = 1,5 m	Indsætningsdæmpning i dB Højde af støjhegn = 2,5 m
Placering 1	Pos 1	-	3,8
	Pos 2	3,6	5,1
Placering 2	Pos 3	2,4	3,8
	Pos 4	5,5	-
Placering 3	Pos 5	4,0	5,8
	Pos 6	2,2	2,8

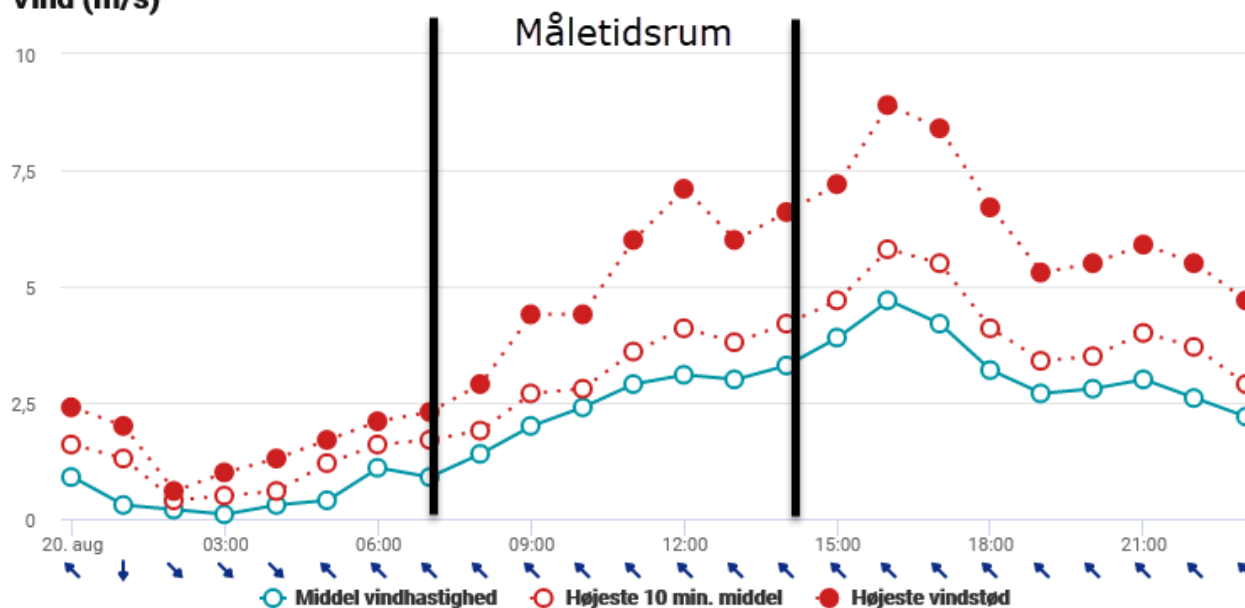
Tabel 2 Indsætningsdæmpningen målt i position 1 til 6 med og uden støjhegn for de to forskellige støjhegnshøjder (1,5 m og 2,5 m) og støjhegnsplaceringer (1-3).

4.2 Støjbidrag og vejr i haven ved Bolig 1 under målingerne



Gladsaxe kommune 20. august 2020

Vind (m/s)



Figur 3 Støjbidrag og vejr i haven ved Bolig 1 under målingerne.

Det var tørt under målingerne først på dagen uden nedbør med let skydække. Sidst på dagen kom en smule regn. Temperaturen var 15-25°C.

5 Bolig 2, Augustvej 116

To forskellige støjhegnsplaceringer blev afprøvet i denne have, se Figur 4. Støjhegnsplacering 1 blev opsat og målt både med og uden vinge (vinge markeret med lysere blå farve på Figur 4) og afprøvet i tre forskellige højder: 1,5 m, 2,0 m og 2,5 m. Støjhegnsplacering 2 blev afprøvet med to forskellige højder: 2,0 m og 2,5 m. Støjhegnsplaceringerne og målepositionerne er vist i en større udgave i Bilag 6.



Figur 4 Oversigt over adressen, omliggende motorveje samt støjhegnsplaceringer og målepositioner. Nord er op på alle tre grafikker.

5.1 Resultater for støjmålingerne ved Bolig 2, August 116 i Gladsaxe

Den beregnede indsætningsdæmpning i dB ses i Tabel 3. Disse værdier er korrigeret for en evt. varierende trafikstøj (målt i referencepositionen). Målepositionerne (Pos 1 til Pos 4) er vist på Figur 4 og i Bilag 6.

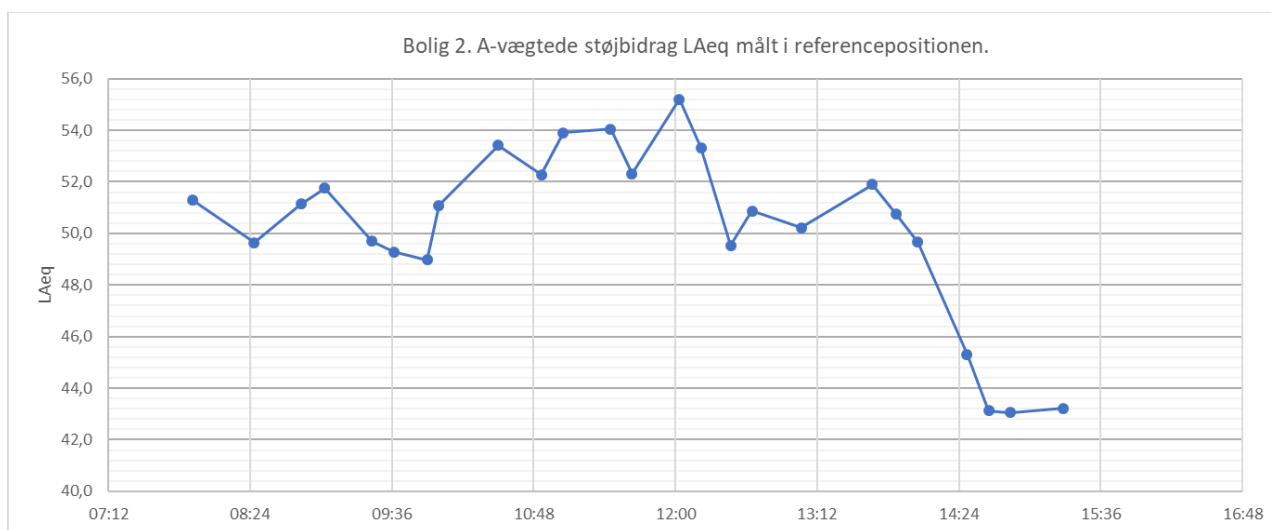
I denne have blev der ved støjhegnsplacering 1 målt med både en akustisk hård og en akustisk porøs overflade af støjhegnet vendt mod målepositionen. Derudover blev der testet med og uden vinge ved støjhegnsplacering 1.

For at undersøge virkningen af støjhegnet på lidt større afstande blev måleposition 1 også benyttet ved målingen med støjhegnet i placering 2. Afstanden fra måleposition 1 til støjhegnet i placering 2 var ca. 5,5 m. Til sammenligning var afstanden 1,2 m med støjhegnet i placering 1.

		Inds.dæmp i dB Højde af støjhegn = 1,5 m		Inds.dæmp i dB Højde af støjhegn = 2,0 m			Inds.dæmp i dB Højde af støjhegn = 2,5 m			
		Ej vinge	Med vinge	Ej vinge	Med vinge		Ej vinge	Med vinge		
		Porøs	Porøs	Porøs	Porøs	Hård	Porøs	Hård	Porøs	Hård
Placering 1	Pos 1	2,7	2,2	2,8	3,5	2,1	4,1	3,4	4,4	2,6
	Pos 2	0,0	2,1	-	1,5	0,3	-	-	2,8	1,2
Placering 2	Pos 1	-	-	-	3,8	-	-	-	3,1	-
	Pos 3	-	-	-	4,4	-	-	-	3,1	-
	Pos 4	-	-	-	1,8	-	-	-	2,1	-

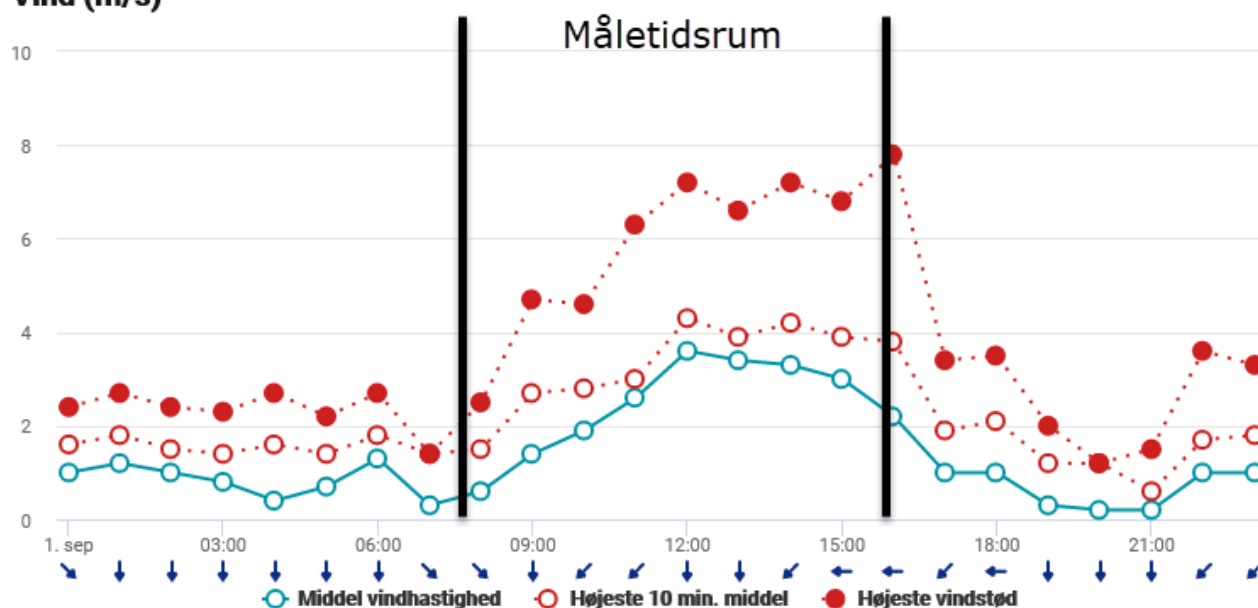
Tabel 3 Indsætningsdæmpning målt i position 1 til 4 med og uden støjhegn for tre forskellige støjhegnshøjder (1,5 m, 2,0 m og 2,5 m) og støjhegnsplaceringer (1 og 2). Ved støjhegnsplacering 1 blev der også målt med den hårde, reflekterende side vendt mod lyttepositionen. Dette er angivet i tabellen i kolonnerne "Hård". "Porøs" er den typiske montering af støjhegnet med den absorberende side vendt mod lyttepositionen.

5.2 Støjbidrag og vejr i haven ved Bolig 2 under målingerne



Gladsaxe kommune 1. september 2020

Vind (m/s)



Figur 5 Støjbidrag og vejr i haven ved Bolig 2 under målingerne.

Det var tørt under målingerne uden nedbør med klar himmel først på dagen, om eftermiddagen var der delvis skydække. Temperaturen var 10-20°C.

6 Bolig 3, Bækkelunden 136

Tre forskellige støjhegnsplaceringer blev afprøvet i denne have, se Figur 6. Støjhegnsplacering 1 blev afprøvet med tre forskellige højder: 1,5 m, 2,0 m og 2,5 m. De to andre støjhegnsplaceringer (2 og 3) blev afprøvet med to forskellige højder henholdsvis 2,0 m og 2,5 m samt 1,5 m og 2,0 m. Derudover blev både støjhegnsplacering 1 og 2 monteret med og uden vinge. Vingen på støjhegnsplacering 1 og 2 er vist med en lidt ændret farve, jf. Figur 6. Støjhegnsplaceringerne og målepositionerne er vist i en større udgave i Bilag 6.



Figur 6 Oversigt over adressen, omliggende motorveje samt støjhegnsplaceringer og målepositioner. Nord er op på alle tre grafikker.

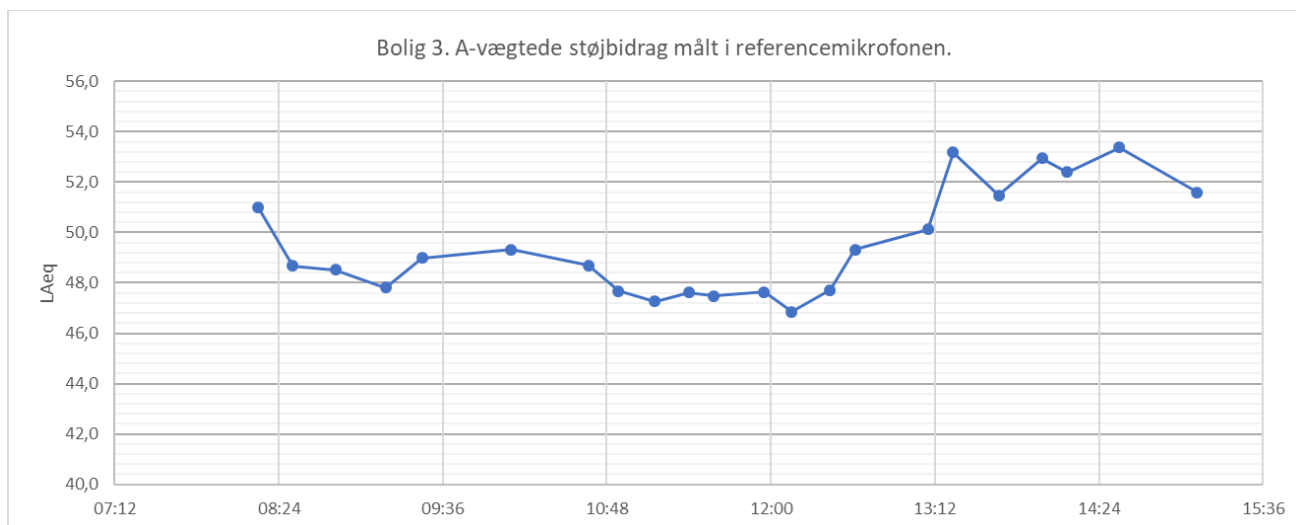
6.1 Resultater for støjmålingerne ved Bolig 3, Bækkelunden 136 i Brøndby

Den beregnede indsætningsdæmpning i dB ses i Tabel 4. Disse værdier er korrigeret for en evt. varierende trafikstøj (målt i referencepositionen). Målepositionerne (Pos 1 til Pos 5) er vist på Figur 6 og i Bilag 6.

		Inds.dæmpning dB Højde af støjhegn = 1,5 m		Inds.dæmpning dB Højde af støjhegn = 2,0 m		Inds.dæmpning dB Højde af støjhegn = 2,5 m	
		Ej vinge	Med vinge	Ej vinge	Med vinge	Ej vinge	Med vinge
Placering 1	Pos 1	4,3	-	5,6	7,4	6,9	7,3
Placering 2	Pos 2	-	-	3,6	3,0	4,0	4,8
	Pos 3	-	-	4,1	3,8	4,3	6,0
Placering 3	Pos 4	-	5,4	-	5,7	-	-
	Pos 5	-	4,0	-	4,0	-	-

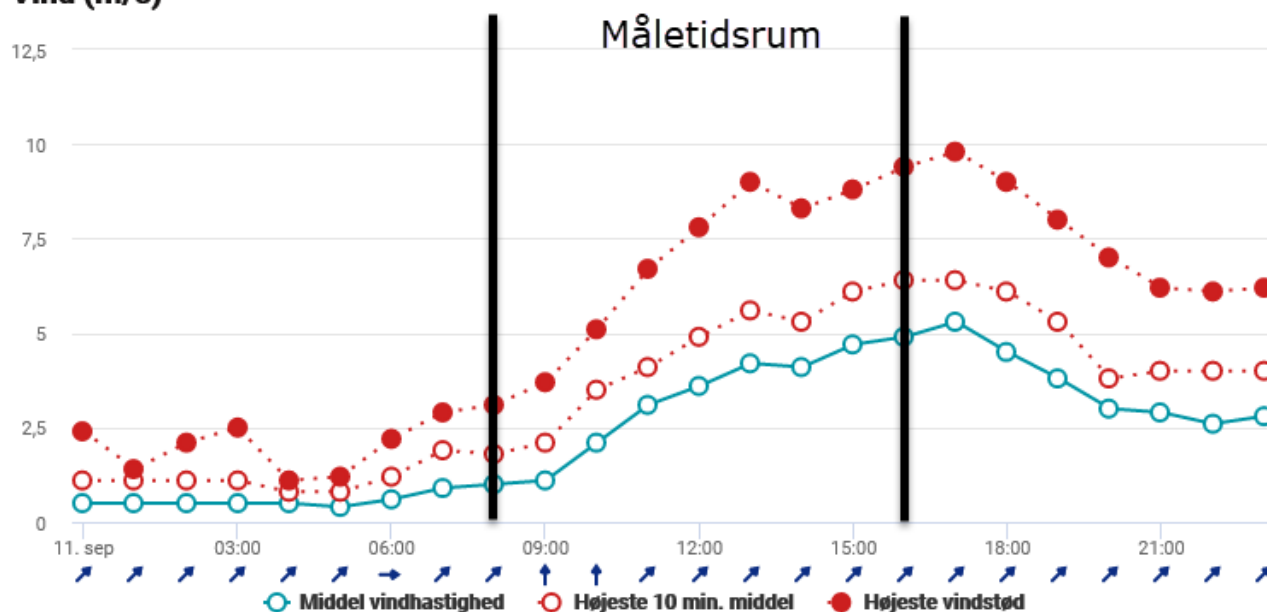
Tabel 4 Indsætningsdæmpningen målt i position 1 til 5 med og uden støjhegn for op til tre forskellige støjhegnshøjder (1,5 m, 2,0 m og 2,5 m) og støjhegnsplaceringer (1-3).

6.2 Støjbidrag og vejr i haven ved Bolig 3 under målingerne



Brøndby kommune 11. september 2020

Vind (m/s)



Figur 7 Støjbidrag og vejr i haven ved Bolig 3 under målingerne.

Det var tørt under målingerne først på dagen. Det var overskyet hele dagen. Temperaturen var 10-18°C.

7 Ubestemthed

Ved bestemmelsen af indsætningsdæmpningen af et støjhegn er der følgende kilder til fejl:

1. Instrumentbetinget usikkerhed
2. Placeringen af målepunktet
3. Uens støjbidrag fra motorvejene i haven ved målingen henholdsvis med og uden støjhegn
4. Meteorologien

Instrumentbetinget usikkerhed: Der er anvendt kalibreret og kontrolleret udstyr, og det instrumentbetingede usikkerhedsbidrag er lille, i størrelsesordenen 0,5 dB eller mindre. Dette bidrag er i denne sammenhæng uden betydning.

Placering af målepunktet: Da målepositionerne blev tydeligt markeret med tape eller lignende, er en eventuel forskydning af en måleposition ved målingen henholdsvis med og uden støjhegn ubetydelig. Men selve valget af målepositionen har betydning for indsætningsdæmpningen: Jo tættere målepunktet placeres på støjskærmen, jo bedre vil den målte indsætningsdæmpning være under forudsætning af, at støjhegnet er placeret mellem målepositionen og støjilden. Denne forudsætning er overordnet opfyldt for målingerne ved alle boliger, men da en trafikeret vej er en – i princippet – uendelig lang linjekilde, vil der være dele af vejen, hvorfra der kommer støjbidrag, der ikke dæmpes af støjhegnet. Det samme støjhegn kan derfor give meget forskellig beskyttelse, afhængigt af hvor man placerer sig i forhold til dette. Et eksempel er Bolig 1, støjhegnsplacering 2, måleposition 3 og 4, der er placeret i afstanden henholdsvis 140 og 13 cm fra støjhegnet. Støjhegnet var 1,5 m højt, og målehøjden var 1,2 m. Indsætningsdæmpningen er målt til 5,5 dB 13 cm fra hegnet og til 2,4 dB 140 cm fra hegnet.

Uens støjbidrag: Da målingerne med og uden støjhegn ikke kan foregå simultant, vil der gå et stykke tid mellem målingerne i en position, før og efter at støjhegnet er opsat. Derfor kan støjen fra den støjkilde, som støjhegnet skal beskytte imod, ændre sig mellem målingerne. I dette tilfælde er støjilden motorvejene. Denne fejlkilde er forsøgt elimineret ved at korrigere forskellen på L_{Aeq} i målepositionen (middelværdien af totalniveauet af støjbidraget i måleperioden) målt med og uden støjhegn med den tilsvarende forskel målt i referencepositionen. Denne metode vil overordnet mindske usikkerheden ved bestemmelsen af indsætningsdæmpningen, men forbedringen af resultaterne er afhængig af eventuelle ændringer i meteorologien og frekvensfordelingen af støjen fra motorvejen. Ændres fx vindretningen mellem målingerne med og uden støjhegn, vil støjbidraget kunne ændres "uens" i målepositionen og referencepositionen, hvis de to punkter eksponeres forskelligt af støj fra motorvejen ved forskellige vindretninger. Dette kan forekomme på grund af lokale lydudbredelsesforhold, fx skærmvirkning fra bygninger på grunden. Hvis hastigheden eller fordelingen af køretøjer (mellem tung og let trafik) ændres mellem målingerne med og uden støjhegn, vil det ændre støjbidragets frekvensfordeling, og en korrektion alene på grundlag af totalniveauet af L_{Aeq} vil derfor kunne give anledning til fejl. En bedre metode er at foretage alle korrektioner i 1/3- eller 1/1-oktaver, men dette er ikke gennemført i dette projekt pga. begrænsede ressourcer.

Meteorologi: Som nævnt ovenfor kan ændringer i meteorologien give fejl ved bestemmelsen af indsætningsdæmpningen. Men meteorologien vil også overordnet have betydning for, hvor godt et støjhegn dæmper støjen. På dage, hvor der fx ikke er medvind fra motorvejen mod haven (og støjhegnet er opstillet så dele eller hele motorvejen afskærms af støjhegnet i lyttepositionen), vil støjhegnet have mindre effekt end på dage med medvind.

Som det ses af ovenstående, kan mange forhold påvirke de målte indsætningsdæmpninger. Da der ikke er tale om gentagne målinger, og da trafikintensitet og vejrforhold påvirker resultaterne, er ubestemtheden relativ stor, formodentlig 3 dB eller mere afhængigt af, hvor mange af ovenstående usikkerhedsbidrag der indregnes. Resultaterne skal derfor ses som en indikation af støjhegnenes virkning, der kan variere med trafik- og vejrforhold.

8 Konklusion

FORCE Technology har som en del af projektet Rolig Have foretaget målinger af støj i tre haver beliggende tæt ved Motorring 3, Hillerød motorvejen og Køge Bugt Motorvejen i Gladsaxe og Brøndby kommuner. Målingerne blev foretaget i august og september 2020.

I projektet blev effekten af mindre støjhegn opstillet i haver undersøgt og dokumenteret, og der er indsamlet viden og inspiration til boligejere, kommuner og leverandører, der ønsker at undersøge mulighederne for at dæmpe støjen lokalt med mindre støjhegn nær boligen.

Resultatet af undersøgelsen er et antal indsætningsdæmpninger for forskellige kombinationer af

- placering af støjhegnet
- højden af støjhegnet
- placering af målemikrofonerne (lyttepositionerne)
- hård eller porøs overflade af støjhegnet.

Som beskrevet i kapitel 7 er der en del ubestemtheder ved undersøgelsen, der medfører, at resultaterne ikke skal betragtes som præcise målinger af virkningen af mindre, lokale støjhegn, men som en god indikator for de muligheder, sådanne støjhegn giver for dæmpning af vejtrafikstøj i villahaver.

Under de givne måleomstændigheder, herunder vejrforhold og trafikken på de omkringliggende motorveje, er der målt indsætningsdæmpninger på 0 til 7,4 dB. Som forventet er virkningen størst, når man befinder sig tæt på støjhegnet, og når støjhegnet er relativt højt og bredt. Målingerne viser også, at man forbedrer virkningen af støjhegnet, hvis det på indersiden (siden ind mod det område, der skal beskyttes) beklædes med lydabsorberende materiale.

Hvis man senere ønsker at udvide undersøgelsen af lokale støjhegn, eventuelt ved supplerende målinger, kan der foretages yderligere analyser af målingerne udført i dette projekt. Det vil fx være muligt at nedbringe ubestemtheden ved at beregne indsætningsdæmpningen i 1/3-oktaver og foretage vurderinger af betydningen af ændringer i trafik- og vejrforhold under målingerne.

Det skal bemærkes, at resultaterne i denne rapport udelukkende er baseret på målinger, hvor der ikke har været vind i retning fra motorvejen mod forsøgshaverne. Det kan have påvirket den målte støjdæmpende virkning af støjhegnene. Det er muligt, at den støjdæmpende virkning vil være en anden, formentlig bedre, hvis vindretningen er mere direkte fra vejen mod haven.

Bilag 1 Resultater i 1/1-oktaver for Bolig 1

Oktavbånd Scenarie	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
B1_S1_Pos1_H250	2,6	3,3	2,3	3,8	4,6	4,8	4,9	1,8
B1_S2_Pos2_H150	-0,1	1,0	1,3	2,2	4,2	3,8	3,7	2,2
B1_S2_Pos3_H150	0,0	1,5	0,1	1,2	3,0	2,8	0,1	0,6
B1_S2_Pos4_H150	-0,4	1,0	-0,8	4,0	6,5	6,5	3,1	5,6
B1_S2_Pos2_H250	-1,9	-2,4	-1,3	3,1	6,4	6,0	6,0	7,3
B1_S2_Pos3_H250	0,5	1,7	-0,6	2,2	4,6	4,5	2,9	1,7
B1_S3_Pos5_H150	-1,3	2,2	2,4	3,7	3,7	3,3	3,9	5,4
B1_S3_Pos6_H150	2,1	2,4	-0,3	2,3	2,4	1,7	0,6	0,2
B1_S3_Pos5_H250	1,5	2,1	4,7	5,5	5,8	4,7	2,3	2,3
B1_S3_Pos6_H250	3,1	2,2	2,2	3,5	3,3	2,0	-0,6	-0,4

Tabel 5 Indsætningsdæmpning for de forskellige højder og placeringer af støjhegnene for hver måleposition (vist i Bilag 6). Navngivning for scenarierne: B1 betyder Bolig 1. S1, S2 og S3 er de 3 placeringer af støjhegnet. Pos1-Pos6 er de 6 målepositioner, H150-H250 er de 3 højder af støjhegnene. Eksempel: B1_S2_Pos3_H250 er indsætningsdæmpningen for Bolig1, i Støjhegnspacering 2, måleposition 3 og støjhegnshøjde 2,5 m. Negative værdier skyldes måleusikkerheden. Dæmpning i dB, centerfrekvenser for de 8 heloktaver i Hz.

Bilag 2 Resultater i 1/1-oktaver for Bolig 2

Oktavbånd Scenarie	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
B2_S1_Pos1_H150	-1,5	2,7	-0,6	1,9	3,1	2,6	1,0	3,2
B2_S1_Pos2_H150	-0,2	2,8	-2,3	0,5	-0,6	-1,0	-1,4	1,6
B2_S1_Pos1_H150_mv	0,1	3,4	-1,4	1,7	2,5	2,4	3,4	3,7
B2_S1_Pos2_H150_mv	-0,4	3,2	-1,1	1,5	2,5	2,2	2,0	4,2
B2_S1_Pos1_H200	-1,7	2,4	-0,6	1,5	3,3	3,3	3,1	12,5
B2_S1_Pos1_H200_mv	1,2	3,6	0,4	2,6	3,7	3,9	5,3	9,8
B2_S1_Pos2_H200_mv	0,7	3,7	-0,2	1,6	1,7	1,5	2,8	1,8
B2_S1_Pos1_H200_mv_hård	0,1	3,5	-0,6	2,1	2,3	2,0	2,0	5,9
B2_S1_Pos2_H200_mv_hård	0,2	3,5	-0,9	0,6	0,2	0,2	1,3	5,1
B2_S1_Pos1_H250	-1,0	2,3	0,7	3,9	4,3	5,1	1,8	2,5
B2_S1_Pos1_H250_hård	-0,3	2,7	0,0	3,3	3,4	3,8	4,7	5,7
B2_S1_Pos1_H250_mv	0,7	2,5	0,7	4,0	4,7	5,0	4,1	11,0
B2_S1_Pos2_H250_mv	-0,6	3,7	-1,2	2,1	3,3	3,0	2,0	9,9
B2_S1_Pos1_H250_mv_hård	0,8	2,9	-0,9	2,6	2,6	3,6	2,5	4,4
B2_S1_Pos2_H250_mv_hård	0,2	3,5	-0,9	0,6	0,2	0,2	1,3	5,1
B2_S2_Pos1_H200_mv	-1,0	1,1	-0,2	2,3	1,7	1,7	0,3	4,5
B2_S2_Pos3_H200_mv	1,8	2,3	0,7	3,5	4,4	3,4	0,4	0,8
B2_S2_Pos4_H200_mv	-0,8	2,8	0,4	3,6	4,9	4,4	4,0	4,3
B2_S2_Pos1_H250_mv	-1,2	-0,9	0,7	2,0	2,2	2,6	-0,2	0,1
B2_S2_Pos3_H250_mv	2,8	0,9	-0,6	3,0	4,0	2,9	-0,5	-0,2
B2_S2_Pos4_H250_mv	-1,2	2,8	-0,2	2,3	4,2	4,0	3,0	3,0

Tabel 6 Indsætningsdæmpning for de forskellige højder og placeringer af støjhegnene for hver måleposition (vist i Bilag 6). Navngivning for scenarierne: B2 betyder Bolig 2. S1 og S2 er de 2 placeringer af støjhegnet. Pos1-Pos4 er de 4 målepositioner, H150-H250 er de 3 højder af støjhegnene, mv er med vinge og hård betyder at den hårde side af støjhegnet vender mod målepositionen. Eksempel: B2_S2_Pos3_H250 er indsætningsdæmpningen for Bolig2, i Støjhegnspacering 2, måleposition 3 og støjhegnshøjde 2,5 m. Negative værdier skyldes måleusikkerheden. Dæmpning i dB, centerfrekvenser for de 8 heloktaver i Hz.

Bilag 3 Resultater i 1/1-oktaver for Bolig 3

Oktavbånd Scenarie	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
B3_S1_Pos1_H150	2,4	3,5	2,8	3,4	4,8	4,1	2,4	1,8
B3_S1_Pos1_H200	2,6	2,3	0,9	3,6	6,6	6,6	3,8	1,8
B3_S1_Pos1_H200_mv	2,6	2,2	2,2	4,7	9,1	8,6	4,5	2,7
B3_S1_Pos1_H250	2,5	2,2	1,3	5,1	8,2	7,2	3,1	-0,9
B3_S1_Pos1_H250_mv	2,8	2,6	-0,3	3,8	9,7	9,1	4,7	-0,2
B3_S2_Pos2_H200	0,2	2,1	0,9	3,6	5,4	2,0	-1,5	-1,6
B3_S2_Pos3_H200	1,1	2,3	0,6	2,8	5,4	3,0	1,8	2,3
B3_S2_Pos2_H200_mv	-0,8	0,6	0,6	2,3	4,8	2,6	1,8	4,3
B3_S2_Pos3_H200_mv	0,6	0,5	1,2	2,6	5,2	3,3	1,6	2,4
B3_S2_Pos2_H250	2,5	2,0	1,0	3,1	5,5	2,9	3,9	4,9
B3_S2_Pos3_H250	1,5	2,2	1,1	2,9	5,6	3,4	3,4	5,3
B3_S2_Pos2_H250_mv	-0,1	0,2	1,3	3,7	6,7	4,8	4,7	4,7
B3_S2_Pos3_H250_mv	1,0	3,2	1,5	4,5	7,5	5,7	4,0	4,9
B3_S3_Pos4_H150_mv	0,8	3,6	2,2	4,9	6,4	4,8	3,1	3,7
B3_S3_Pos5_H150_mv	1,1	3,0	2,3	3,9	4,8	2,8	1,4	2,4
B3_S3_Pos4_H200_mv	0,2	2,0	1,1	4,2	7,3	5,8	2,8	2,7
B3_S3_Pos5_H200_mv	-0,2	4,2	3,8	4,9	6,4	1,7	1,3	3,2

Tabel 7 Indsætningsdæmpning for de forskellige højder og placeringer af støjhegnene for hver måleposition (vist i Bilag 6). Navngivning for scenarierne: B3 betyder Bolig 3. S1, S2 og S3 er de 3 placeringer af støjhegnet. Pos1-Pos4 er de 4 målepositioner, H150-H250 er de 3 højder af støjhegnene, mv er med vinge. Eksempel: B3_S2_Pos3_H250 er indsætningsdæmpningen for Bolig3, Støjhegnplacering 2, måleposition 3 og støjhegnshøjde 2,5 m. Negative værdier skyldes måleusikkerheden. Dæmpning i dB, centerfrekvenser for de 8 heloktaver i Hz.

Bilag 4 Instrumentliste

Nr.	Udstyr	Producent	Model	Kalibrering	
				Seneste	Næste
1479L	Mikrofonforforstærker	Brüel & Kjær	2671	2019-07	2021-07
1470L	Mikrofon	Brüel & Kjær	4188	2019-07	2021-07
1480L	Mikrofonforforstærker	Brüel & Kjær	2671	2019-07	2021-07
1471L	Mikrofon	Brüel & Kjær	4188	2019-07	2021-07
1481L	Mikrofonforforstærker	Brüel & Kjær	2671	2019-07	2021-07
1472L	Mikrofon	Brüel & Kjær	4188	2019-07	2021-07
1482L	Mikrofonforforstærker	Brüel & Kjær	2671	2019-07	2021-07
1473L	Mikrofon	Brüel & Kjær	4188	2019-07	2021-07
1190L	Kalibrator	Brüel & Kjær	4231	2020-05	2020-11
1420L	Harddiskoptager	Sound Devices	788T	2019-10	2021-10

Bilag 5

Fotos



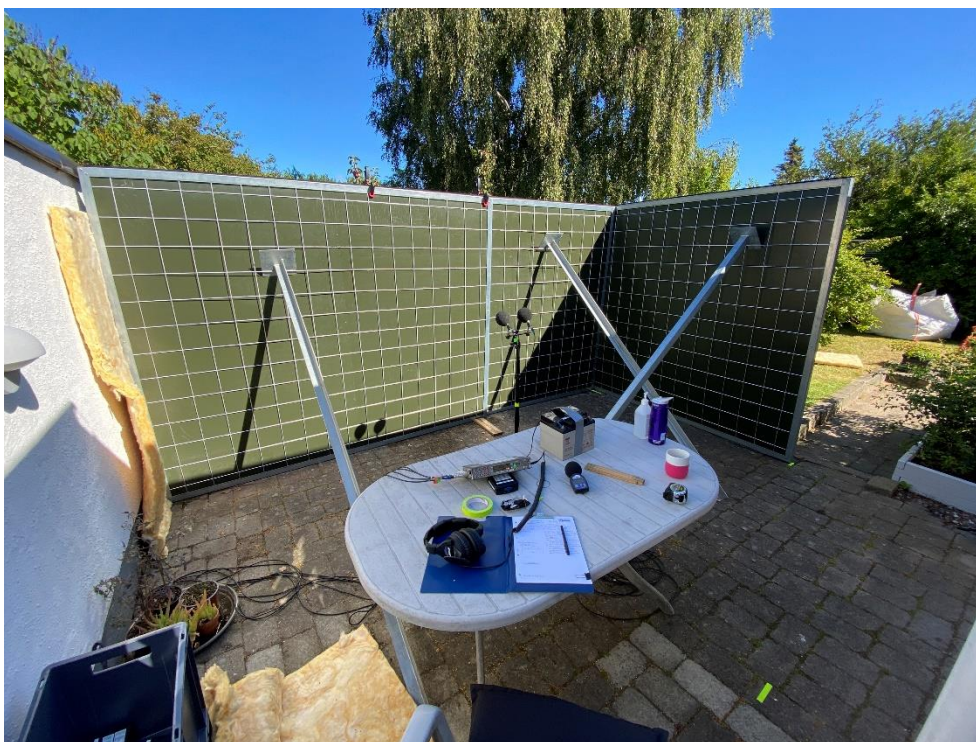
Figur 8 Bolig 1. Septembervej 126. Støjhegn i placering 1, højde = 2,5 m.



Figur 9 Bolig 1. Septembervej 126. Støjhegn i placering 2, højde = 2,5 m.



Figur 10 Bolig 1. Septembervej 126. Placering 3, højde = 2,5 m. Den hårde reflekterende side ses på billedet, den porøse absorberende side vender mod målepositionen.



Figur 11 Bolig 2. Augustvej 116. Støjhegn i placering 1, højde = 2,0 m. Monteret med den hårde side mod målepositionen.



Figur 12 Bolig 2. Augustvej 116. Støjhegn i placering 2. Højde = 2,5 m.



Figur 13 Bolig 3. Bækkelunden 136. Støjhegn (uden vinge) i placering 1, højde = 1,5 m.



Figur 14 Bolig 3. Bækkelunden 136. Placering 2, højde = 2,5 m (med vinge).



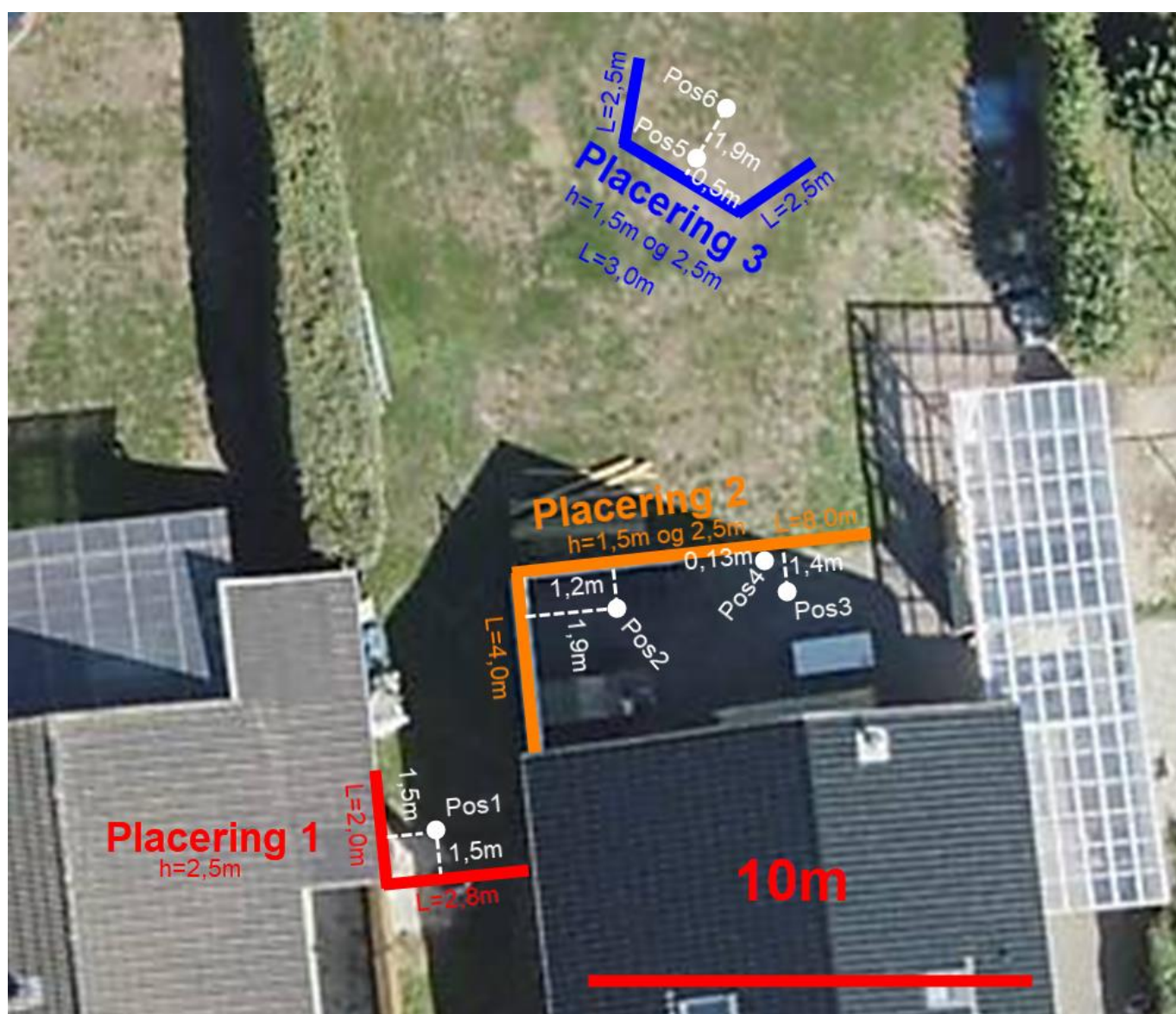
Figur 15 Bolig 3. Bækkelunden 136. Placering 3, højde 1,5 m.

Bilag 6

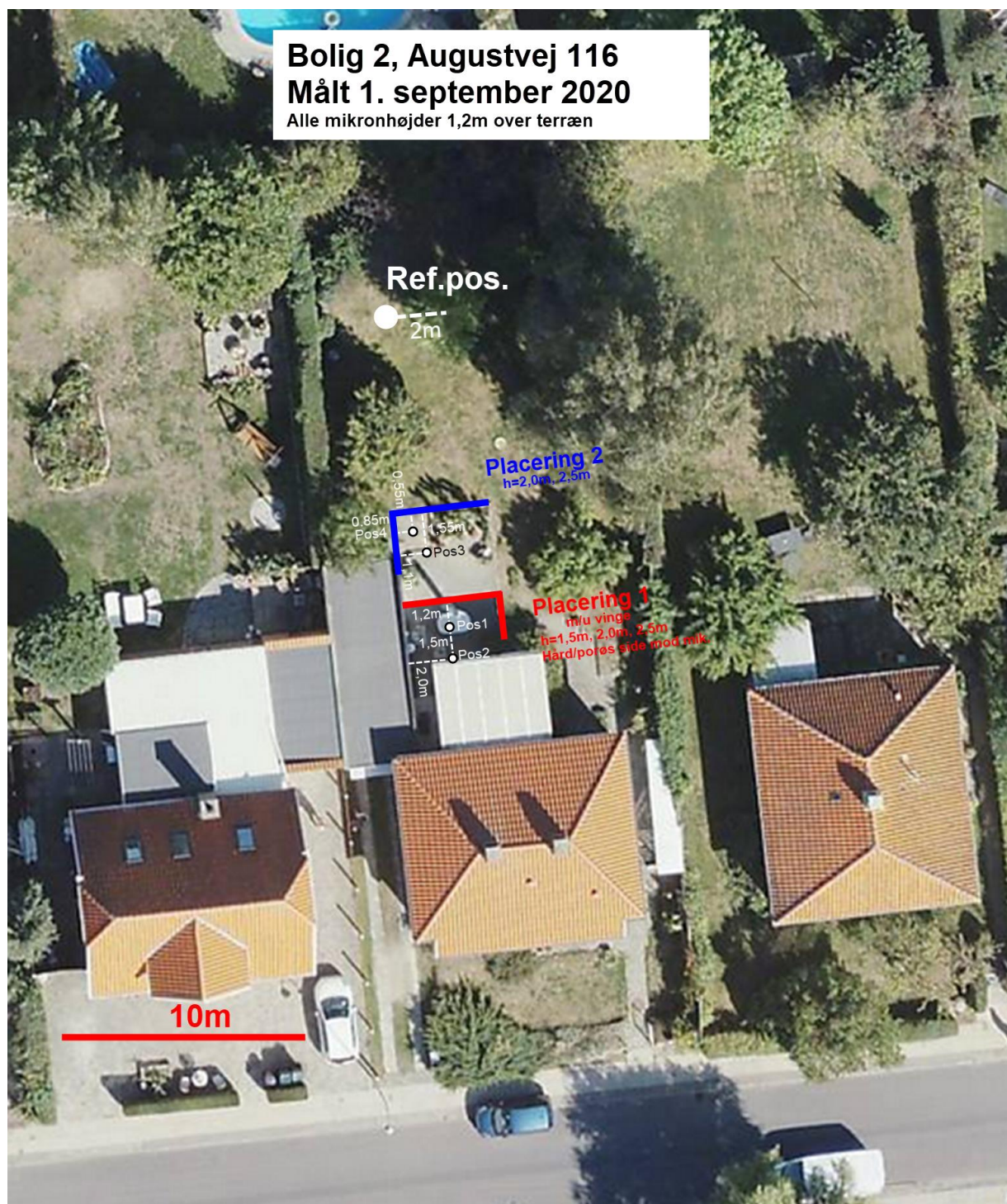
Målepunkter og støjhegn



Bolig 1, oversigt.



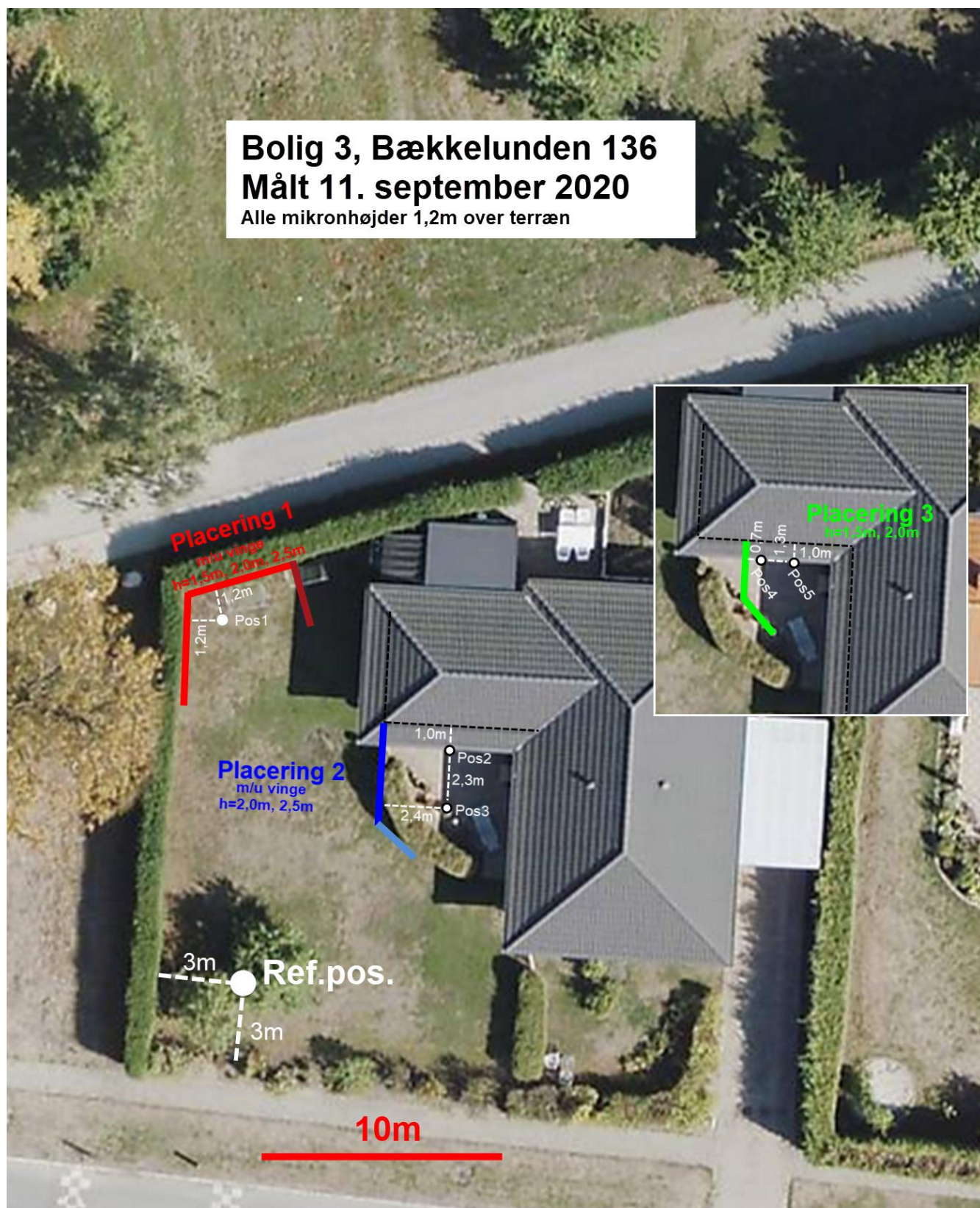
Bolig 1, detaljer.



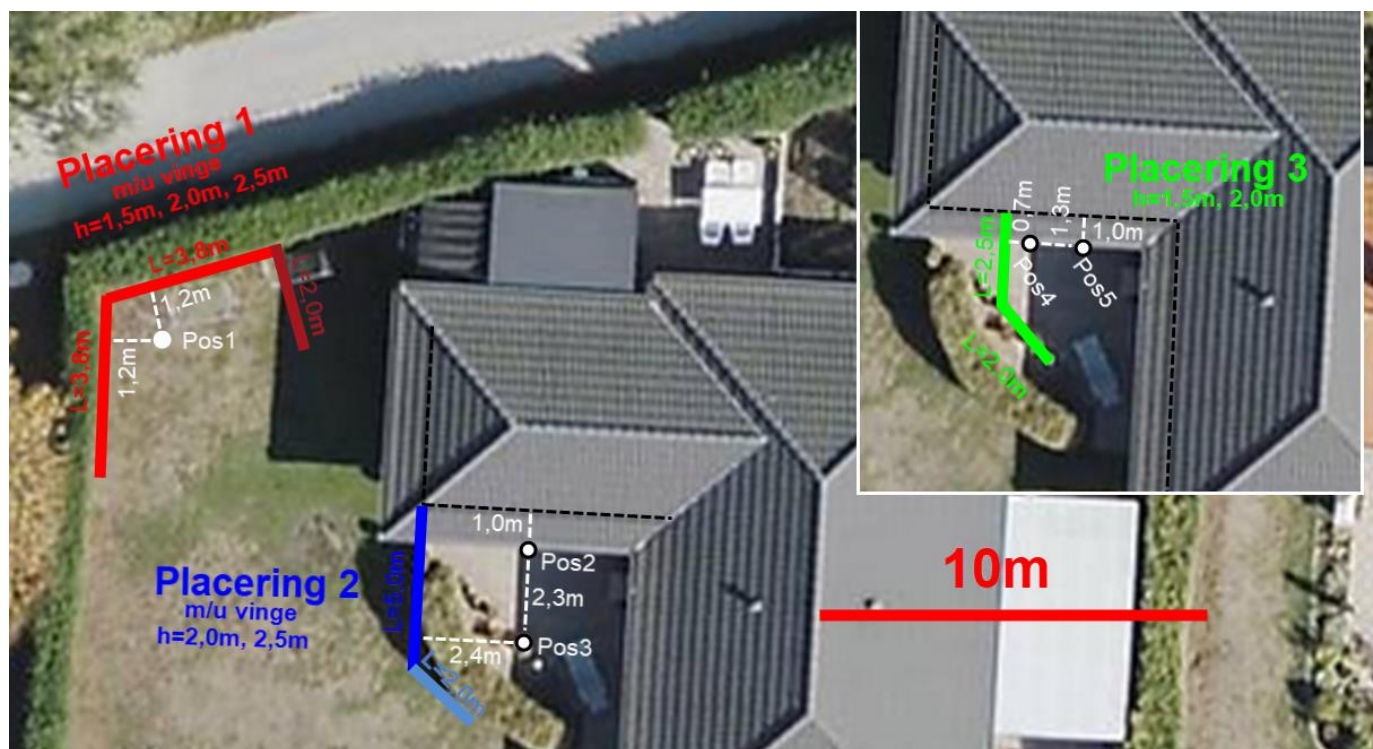
Bolig 2, oversigt.



Bolig 2, detaljer.



Bolig 3, oversigt. Den stiplede linje angiver placeringen af husets ydermur.



Bolig 3, detaljer.

Bilag 7 Støjhegn

Til forsøgene blev der anvendt et modulopbygget støjhegn af fabrikat Kokosystem BV, type Kokowall udlånt af Ishøj Hegn. Iflg. fabrikantens hjemmeside er fladevægten 22-28 kg/m². Tykkelsen af modulerne er 5 cm. Støjhegnene består af plastrør omviklet med et kokosrestprodukt indsat i en ramme af galvaniseret stål. Bagsiden af modulerne består af et galvaniseret stålnet. Mellem kokosmaterialerne og stålnettet er indsat en fuld plade fremstillet af et plastmateriale.

De anvendte moduler var 1,5 m x 2,0 m, 1,5 m x 2,5 m og 2,0 m x 2,5 m.



Billederne viser 2,0 m x 2,5 m moduler.