

Notat – Impulsstøj og flagermus

Udarbejdet af **JENM og KSV**
Version **02**
Kontrolleret af **LGOD, AAJ, ALBC**
Godkendt af **LGOD**

Dato 12-12-2024

1 Indledning

Dette notat redegør for højfrekvent støj fra ramning af spuns og pæle. Det er hensigten, at indholdet kan anvendes ved vurdering af støjpåvirkning af flagermus og andre dyr, der er følsomme overfor højfrekvente lyde.

Nedbringning af spuns og pæle foregår, afhængig af jordforholdene, via ramning eller vibrering. Det er ofte den meste støjende aktivitet for omgivelserne i forbindelse med diverse anlægsarbejder. Der tages i dette notat udgangspunkt i den mest støjende metode, som er ramning.

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S

T+45 5161 1000

For at klarlægge påvirkningen behandles støj fra ramning og støjens udbredelsesforhold. Støj i dette notat er begrænset til frekvensområdet i 1/3-oktavbåndene med centerfrekvens fra 1.000 Hz til 20.000 Hz.

2 Støjtype

Støj defineres generelt som uønsket lyd. Lyd måles i enheden decibel, forkortet dB. Decibel er en logaritmisk enhed og hvis to lige store støjniveauer lægges sammen, vil det give et resultat, som er 3 dB højere.

Generelt tages der ved måling og beregning af støj på land hensyn til, hvordan det menneskelige øre opfatter lyd, kaldet A-vægtning, og resultatet angives med enheden dB(A). Flagermus opfatter ikke lyd på samme måde som mennesker. Derfor er alle støjniveauer i dette notat lineære værdier uden A-vægtning eller andre vægtninger.

3 Metode

Dette notat er baseret på en serie målinger af støj fra ramning af både stativer til solcellepaneler ved et solcelleanlæg under og opførelse af fundamentspæle på en byggeplads. Målinger blev ikke udført med det formål at undersøge støjens frekvensmæssige sammensætning ved frekvenser over 8.000 Hz, men er

efterfølgende alligevel analyseret med særligt henblik på at fastlægge den højfrekvente del af støjen. Der er dog ikke i de udførte målinger data om støj ved frekvenser over 20.000 Hz. Det vurderes endvidere, at støj med frekvenser under 1.000 Hz er uden betydning for flagermus. I det følgende er derfor lagt vægt på at beskrive støj og støjudbredelse fra ramning i frekvensområdet 1.000 – 20.000 Hz.

3.1 Kildestyrke

De udførte målinger af støj fra ramning af fundamentspæle og stativer er anvendt til beregning af støjklidens kildestyrke, som er udtryk for den samlede lydenergi, der udsendes fra en støjkilde. Måleprogrammet omfattede en række målinger i forskellige afstande. Kildestyrken kaldes også for lydeffekten og har betegnelsen L_w .

Det skal bemærkes, at kildestyrken er fastlagt som en gennemsnitsværdi over et antal rammeslag og de pauser, der er mellem slagene, samt tiden mellem flytning af rammemaskinen fra en stativposition til den næste. Gennemsnitsværdien er det energiækvivalente lydtrykniveau, L_{eq} i dB.

Der er endvidere fastlagt en maksimalværdi, som optræder, når et slag på et stativ forekommer. Maksimalværdien, L_{Fmax} har tidskonstanten FAST, svarende til en integrationstid på 125 millisekunder.

Kildestyrken for ramning af stativer er således samlet bestemt til følgende værdier:

- Gennemsnitligt støjniveau, L_w (baseret på L_{eq}): 125,6 dB.
- Støjens maksimale værdi, FAST (125 ms), L_w (baseret på L_{Fmax}): 133,8 dB.

Frekvensspektre for ramning af spuns er vist på

Tabel 3-1 og for ramning af solcellepaneler på Tabel 3-2.

Tabel 3-1: Kildestyrke L_w for ramning af spuns – Lineært frekvensspektrum i 1/3-oktavnband bestemt ud fra det maksimale støjniveau (L_{Fmax} , tidskonstant FAST, 125 ms).

Frekvens, Hz	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000
L_w , dB	131,5	133,2	130,4	130,1	127,9	124,2	124,0

Frekvens, Hz	5.000	6.300	8.000	10.000	12.500	16.000	20.000
L_w , dB	118,2	114,6	110,4	108,8	104,7	99,0	98,7

Tabel 3-2: Kildestyrke L_w for ramning af stativer til solcellepaneler – Lineært frekvensspektrum i 1/3-oktavnband bestemt ud fra det maksimale støjniveau (L_{Fmax} , tidskonstant FAST, 125 ms).

Frekvens, Hz	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000
L_w , dB	127,2	122,7	126,5	124,1	128,0	119,7	119,7

Frekvens, Hz	5.000	6.300	8.000	10.000	12.500	16.000	20.000
L _w , dB	117,1	116,1	112,6	116,6	110,1	110,6	104,6

3.2 Udbredelsesforhold

Støjens udbredelse til omgivelser er påvirket af flere forhold. Til vurderingen i dette notat er afstand, absorption i luften og terrænoverflade inkluderet. Andre forhold der kan have betydning for støjens udbredelse, som ikke er inkluderet, er reflekterende genstande, skærmning og bevoksning (vegetation).

Udbredelsesforholdene er som udgangspunkt bestemt efter modellen beskrevet i Miljøstyrelsens Vejledning nr. 5, 1993 "Beregning af ekstern støj fra virksomheder" /1/.

Det antages at der ikke er forskel på støjens dæmpning i hule træer og bygninger, hvor flagermus opholder sig.

3.2.1 Afstand

Støjens energi spredes over et stadigt større areal med stigende afstand fra kilden. Støjniveauet dæmpes dermed over afstand fra kilden. Afstandsdæmpningen udtrykkes som ΔL_d og er ens for alle frekvenser. Den vil altid være mindre end 0 dB.

Sammenhængen mellem afstanden fra kilden og afstandsdæmpningen er i dB givet som:

$$\Delta L_d = -10 * \log_{10}(4 * \pi * r^2) + 10 * \log_{10}(2)$$

r = afstanden fra kilden [m].

Eksempelvis vil afstandsdæmpningen i 10, 20, 40 og 80 meter være hhv. -28, -34, -40 og -46 dB ved lydudbredelse over en terrænoverflade.

Forsimpelt svarer dette til at støjniveauet vil falde med -6 dB pr. afstandsfordobling fra kilden.

Afstandsdæmpningen er ens for det gennemsnitlige støjniveau og det maksimale støjniveau.

3.2.2 Absorption i luften

Undervejs i støjens udbredelse vil noget af dens energi absorberes i luften ved omdannelse til varme. Absorptionen i luft udtrykkes som ΔL_a og er frekvensafhængig. Udover at være frekvensafhængig har luftens temperatur, fugtighed og lufttryk (atmosfærens tryk) betydning for absorption i luften. Det gælder generelt, at højere frekvenser dæmpes mere i luften end lavere. Absorptionen i luft vil altid være mindre end eller lig med 0 dB.

Sammenhængen mellem afstanden fra kilden og absorption i luften er i dB givet som:

$$\Delta L_a = -\alpha_a * r$$

r = afstanden fra kilden [m].

α_a = dæmpningskoefficient [dB/m].

Værdier for dæmpningskoefficient, α_a , kan ved forskellige temperaturer, fugtigheder og tryk af luften findes og beregnes i DS/ISO 9613-1:1993 "Akustik. Måling og beskrivelse af ekstern støj. Lydudbredelsesdæmpning udendørs. Del 1: Metode til beregning af luftabsorption" /2/.

Et eksempel for dæmpningskoefficient ved 15°C, 70 % luftfugtighed og lufttryk på 101,325 kPa er vist i Tabel 3-3. Bemærk at dæmpningskoefficienten er oplyst som dB/km for bekvemmelighed og at der er anvendt eksakte centerfrekvenser for 1/3-oktavbåndende. F.eks. viser tabellen, at støj ved 1.000 Hz dæmpes med 4,08 dB pr. kilometer alene på grund af luftabsorptionen. På afstanden fire kilometer er dæmpningen derfor $4 \times 4,08 = 16,32$ dB. Ved højere frekvenser er dæmpningen langt større, f.eks. mere end 143 dB pr. kilometer ved 10.000 Hz. Højfrekvent støj dæmpes således i meget betydelig grad med øget afstand alene på grund af luftabsorptionen.

Tabel 3-3: Dæmpningskoefficient, α_a , i dB/km ved 15°C, 70 % luftfugtighed og lufttryk på 101,325.

Frekvens, Hz	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000
α_a , dB/km	4,08	5,05	6,51	8,75	12,25	17,75	26,39

Frekvens, Hz	5.000	6.300	8.000	10.000	12.500	16.000	20.000
α_a , dB/km	39,93	61,06	93,71	143,52	217,97	326,02	476,63

Luftabsorptionen er ens for det gennemsnitlige støjniveau og det maksimale støjniveau. Tabellen viser desuden, at luftabsorptionen er størst ved høje frekvenser. Ved frekvenser over 20.000 Hz er dæmpningen på grund af luftabsorption således også større end tabellens værdi ved 20.000 Hz.

3.2.3 Terrænoverflade

Overfladen af terrænet mellem kilden og modtagerpunktet kan give anledning til enten en forøgelse eller en dæmpning af støjniveauet og ændringen udtrykkes som ΔL_g . Der skelnes overordnet mellem to typer af terrænoverflader; hård og porøs. Ved hård terrænoverflade, f.eks. beton, asfalt eller en vandoverflade, vil støjen blive reflekteret og kastet videre, og ændringen vil altid være større end eller lig med 0 dB. Ved porøs terrænoverflade, f.eks. græsarealer, marker, haver eller naturområder, vil støjen blive absorberet i overfladen og ændringen vil altid være mindre end eller lig med 0 dB for frekvensområdet over 1.000 Hz.

Ændringen i støjniveauet som følge af terrænoverfladen er ligeledes frekvensafhængig. Dog er variationen af ændringen i støjniveauet ved frekvenser over 1.000 Hz begrænset og frekvensafhængigheden ses kun ved porøs terrænoverflade i en mindre grad.

Til fastlæggelse af terrænoverfladens betydning for ændringen i støjen, ΔL_g , er der udført forenklede beregninger for to scenarier af terrænoverfladen i et område omkring en rammeaktivitet; hård og porøs. Beregningerne er udført efter modellen beskrevet i Miljøstyrelsens Vejledning nr. 5, 1993 "Beregning af ekstern støj fra virksomheder" /1/. Vejledningen beskriver ikke en metode for frekvensområdet ved 1/1-oktavbånd over 8.000 Hz. For disse frekvenser forudsættes samme metode som for 1/1-oktavbåndområdet fra 2.000 til 8.000 Hz. Der er forudsat en højde af kilden på 2 meter over terræn og en højde på 4 meter over terræn for modtagerpunktet. Terrænoverfladens betydning for ændringen i støjen ved forskellige afstande er vist i Tabel 3-4 og Tabel 3-5.

Tabel 3-4 viser, at for støj ved de viste frekvenser, har porøst terræn ingen eller lille betydning for støjens udbredelse.

Tabel 3-5 viser, at hvis terrænet er hårdt, vil det reflektere støjen, som derfor øges med 3 dB eller mere. Forøgelse modvirkes imidlertid af afstandsdæmpningen og luftabsorptionen.

Tabel 3-4: Terrænoverfladens betydning for ændringen i støjen ΔL_g ved porøs terrænoverflade og forskellige udbredelsesafstande (10 meter - 1.000 meter). Værdier angivet i dB.

Porøs	10 m	20 m	50 m	100 m	200 m	500 m	1.000 m
1.000 Hz	-0,05	-0,09	-0,17	-0,24	-0,27	-0,27	-0,27
> 1.000 Hz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 3-5: Terrænoverfladens betydning for ændringen i støjen ΔL_g ved hård terrænoverflade og forskellige udbredelsesafstande (10 meter - 1.000 meter). Værdier angivet i dB.

Hård	10 m	20 m	50 m	100 m	200 m	500 m	1.000 m
1.000 Hz	3,00	3,00	3,00	3,00	3,30	4,92	5,46
> 1.000 Hz	3,00	3,00	3,00	3,00	3,30	4,92	5,46

Terrænets betydning for lydudbredelsen er ens for det gennemsnitlige støjniveau og det maksimale støjniveau.

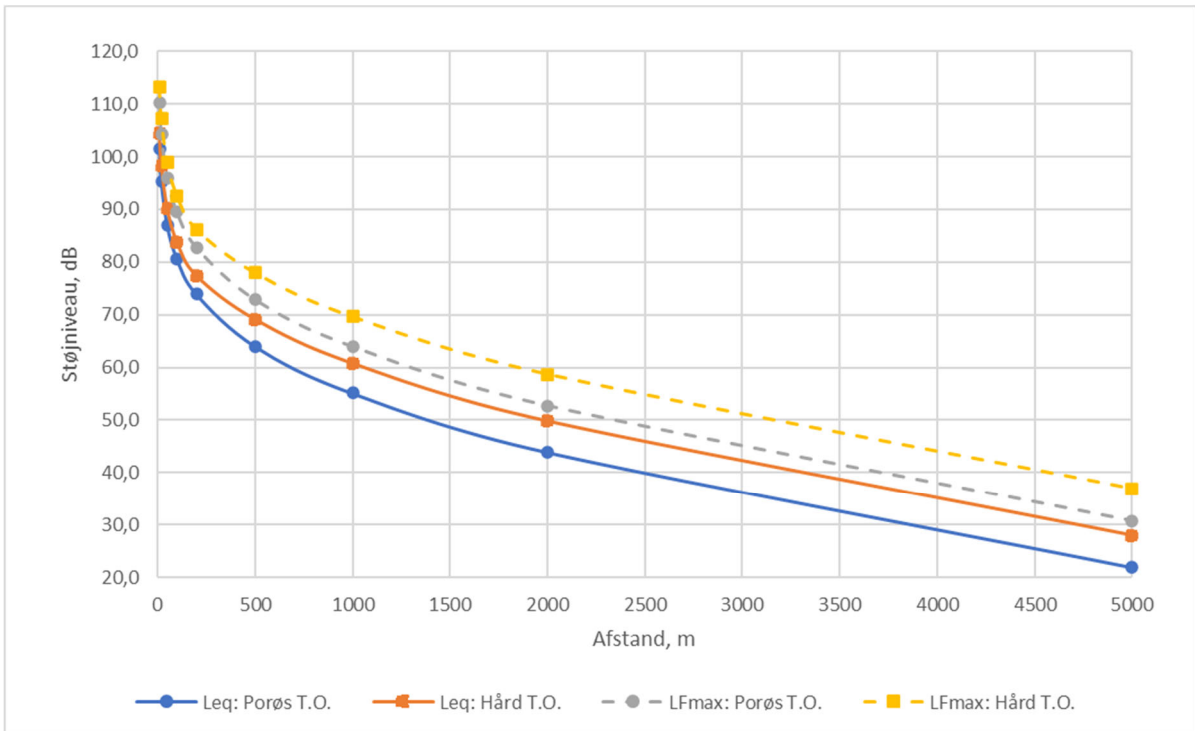
4 Resultat

Med udgangspunkt i kildestyrken og udbredelsesforholdene er støjniveauet fra ramning af spuns og stativer til solcellepaneler over afstande bestemt ved hhv. porøs og hård terrænoverflade. Støjniveauet dækker over hhv. det ækvivalente og maksimale støjniveau for 1/3-oktavbåndene med centerfrekvens fra 1.000 Hz til 20.000 Hz.

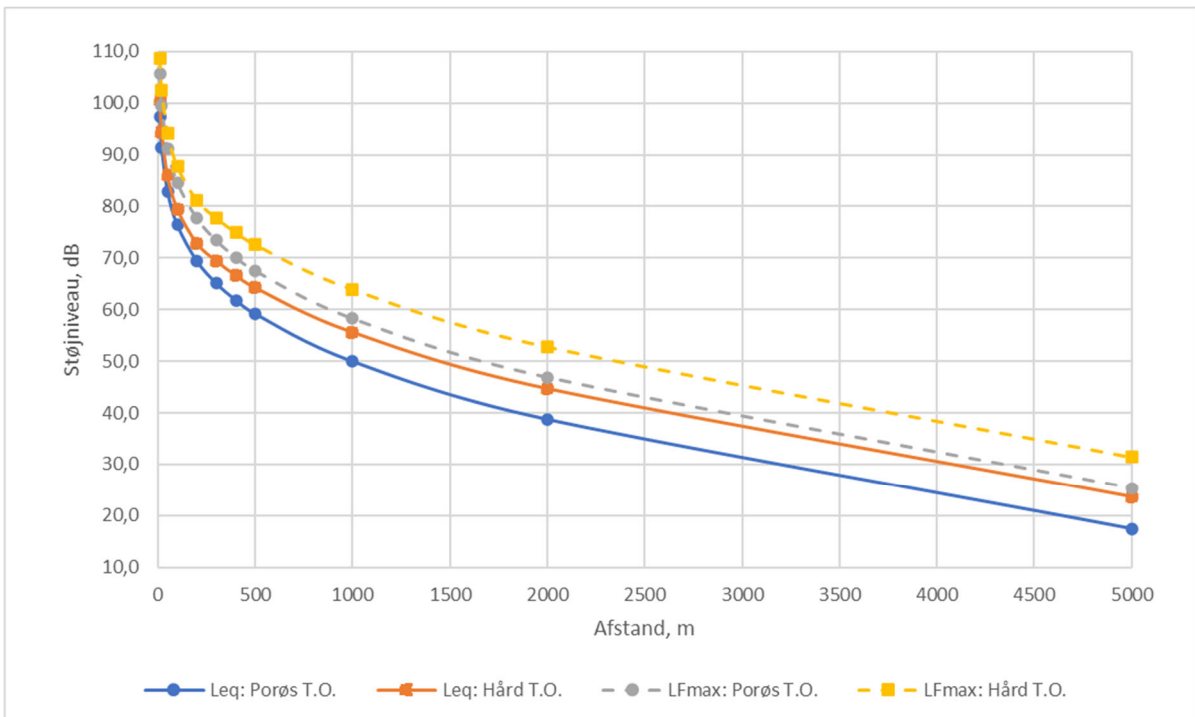
Det skal bemærkes, at ved de resulterende støjniveauer i forskellige afstande er støj fra ramning uafhængigt af baggrundsstøj. I konkrete situationer kan der ofte være støj fra andre støjkilder og lydkilder (f.eks. naturens lyde), som påvirker det samlede lydbillede.

Ved vurdering af støjniveauet i dB skal man være opmærksom på, at decibel-skalaen er tilpasset menneskers hørelse, hvor 0 dB svarer til den svageste lyd som en 20-årig ung person kan opfatte. 0 dB er derfor et lydtryk på 20 μ Pa (mikro Pascal) og altså ikke et lydtryk på 0 μ Pa. Derfor kan dB-værdier være negative, hvor en negativ værdi er udtryk for et lydtryk, der er lavere end 20 μ Pa.

Støjfølsomme dyr kan have en anden nedre høregrense end mennesker. Samtidig er menneskers (og formentlig dyrs) høreevne afhængig af lydets frekvenser. F.eks. kan mennesker med god hørelse ikke opfatte lyde med frekvenser under ca. 20 Hz og over 18.000 – 20.000 Hz.



Figur 4-1. Støjniveau over afstande fra ramning af spuns for porøs og hård terrænoverflade (T.O.). Støjniveauet er vist for både det ækvivalente støjniveau L_{eq} (fuld optrukken linje) og det maksimale støjniveau L_{Fmax} (stiplet linje). Samlet støj i hele frekvensområdet 1.000 – 20.000 Hz.



Figur 4-2. Støjniveau over afstande fra ramning af stativer til solcellepaneler for porøs og hård terrænoverflade (T.O.). Støjniveauet er vist for både det ækvivalente støjniveau L_{eq} (fuld optrukken linje) og det maksimale støjniveau L_{Fmax} (stiplet linje). Samlet støj i hele frekvensområdet 1.000 – 20.000 Hz.

Figur 4-1 og Figur 4-2 og viser, hvordan den samlede støj i frekvensområdet 1.000 – 20.000 Hz dæmpes med afstanden fra støjekilden.

Det fremgår, at støj ved de høje frekvenser reduceres meget betydeligt med afstanden, mens dæmpningen er mindre ved de lavere frekvenser. Ved frekvenser over 20.000 Hz er dæmpningen endnu større og øges meget betydeligt med øget frekvens og afstand.

I de fleste tilfælde vil der være tale om en porøs terrænoverflade. Kun i byområder med udbredte faste belægninger eller ved større vandoverflader, vil det være relevant at forudsætte hårdt terræn.

Eksempel

Spuns:

Ved ramning af spuns og lydudbredelse over porøst terræn kan der jævnfør Tabel 4-1 forventes, at støjens maksimale værdi (L_{Fmax}) ved 5.000 Hz er faldet til 10 dB på 1.000 meters afstand. På 2.000 meters afstand kan man forvente, at støjens maksimale værdi ved 5.000 Hz er faldet til -36 dB (minus 36 dB).

Solceller:

Ved ramning af stativer og lydudbredelse over porøst terræn kan det jævnfør Tabel 4-3 forventes, at støjens maksimale værdi (L_{Fmax}) ved 5.000 Hz er faldet til 9 dB på 1.000 meters afstand. På 2.000 meters afstand kan man forvente, at støjens maksimale værdi ved 5.000 Hz er faldet til -37 dB (minus 37 dB).

Hvis det er relevant at vurdere den samlede støj i et større frekvensområde end området omkring en af de angivne 1/3 oktaver, så kan man tage udgangspunkt i værdierne for den laveste frekvens i det ønskede område, fordi den samlede støj i et frekvensområde er domineret af støjen ved den laveste frekvens. Ønsker man præcise værdier, kan værdierne ved de enkelte frekvenser lægges sammen efter de almindelige regneregler for decibelniveauer. Denne brug af tabellerne kan i værste fald medføre en undervurdering af støjen med 6 dB, der er inden for usikkerheden på de mulige vurderinger af støj fra ramning og påvirkning af støjfølsomme dyr.

Eksempel:

Ved vurdering af støj ved alle frekvenser over 10.000 Hz kan tages udgangspunkt i værdierne ved 10.000 Hz.

Ved vurdering af forskellige støjniveauer skal man være opmærksom på, at støjens energiindhold ændres med en faktor 10, når støjens niveau ændres 10 dB. Hvis et støjniveau falder med 20 dB, reduceres energien med en faktor 100 osv.:

Reduktion med 10 dB: Energiindholdet reduceres med en faktor 10
Reduktion med 20 dB: Energiindholdet reduceres med en faktor 100
Reduktion med 30 dB: Energiindholdet reduceres med en faktor 1.000
Reduktion med 40 dB: Energiindholdet reduceres med en faktor 10.000
Reduktion med 50 dB: Energiindholdet reduceres med en faktor 100.000
Reduktion med 100 dB: Energiindholdet reduceres med en faktor 10.000.000.000

Mennesker oplever dog en ændring af et støjniveau på 10 dB som en halvering eller fordobling af støjen. For flagermus og andre støjfølsomme dyr kan oplevelsen af ændringer være anderledes.

Som nævnt er støjniveauerne i tabeller og figur ovenfor uden påvirkning af andre støjkilder i miljøet. Det er et område med begrænset viden, men andre menneskeskabte støjkilder udsender også hørfrekvent lyd, ligesom naturens lyde også må antages at have et indhold af hørfrekvent lyd. Det gælder dog for disse støjkilder, ligesom illustreret for ramning i dette notat, at hørfrekvent lyd dæmpes meget kraftigt med øget afstand. Alle støjkilder med et indhold af hørfrekvent støj vil derfor kun have en lokal påvirkning.

Ved afstande over ca. 300 m er støj fra den forudsatte rammeaktivitet ved spuns i frekvensområdet over ca. 10.000 Hz således faldet til niveauer under 12 dB for støjens maksimale niveauer (Tabel 4-1 og Tabel 4-2) Ved 20.000 Hz er støjniveauet mindst 100 dB lavere end ved 10.000 Hz.

Ved afstande over ca. 300 m er støj fra den forudsatte rammeaktivitet ved spuns i frekvensområdet over ca. 10.000 Hz således faldet til niveauer under 20 dB for støjens maksimale niveauer (Tabel 4-3 og Tabel 4-4). Ved 20.000 Hz er støjniveauet mindst 100 dB lavere end ved 10.000 Hz.

Støj fra ramning af solcellestativer har derved en større støjpåvirkning for flagermus (ved 10.000 Hz) end ramning af spuns.

Tabel 4-1: Maksimal støjniveau L_{Fmax} over afstande fra ramning af spuns for porøs terrænoverflade, temperatur på 15°C, 70 % luftfugtighed og lufttryk på 101,325 kPa.

Ækvivalent støjniveau L_{Fmax}, dB											
m Hz	10	20	50	100	200	300	400	500	1.000	2.000	5.000
1.000	103	97	89	83	76	72	70	67	59	49	29
1.250	105	99	91	85	78	74	71	68	60	49	26
1.600	102	96	88	82	75	71	68	65	56	43	16
2.000	102	96	88	81	74	70	67	64	53	39	4
2.500	100	94	85	79	71	67	63	60	48	29	-15
3.150	96	90	81	74	67	61	57	53	39	15	-46
4.000	96	89	81	73	65	59	53	49	30	-3	-90
5.000	90	83	74	66	56	49	42	36	10	-36	-163
6.300	86	79	70	61	48	39	30	22	-14	-82	-273
8.000	81	75	64	53	38	25	13	2	-51	-151	-440
10.000	79	72	60	46	26	8	-9	-25	-103	-252	-691
12.500	75	66	52	35	7	-18	-42	-66	-181	-405	-1067
16.000	68	58	41	18	-20	-56	-91	-126	-295	-627	-1613
20.000	66	55	33	3	-51	-102	-152	-202	-446	-929	-2366
Total	110	104	96	89	83	79	75	73	64	53	31

Tabel 4-2: Maksimal støjniveau L_{Fmax} over afstande fra ramning af spuns for **hård terrænoverflade, temperatur på 15°C, 70 % luftfugtighed og lufttryk på 101,325 kPa.**

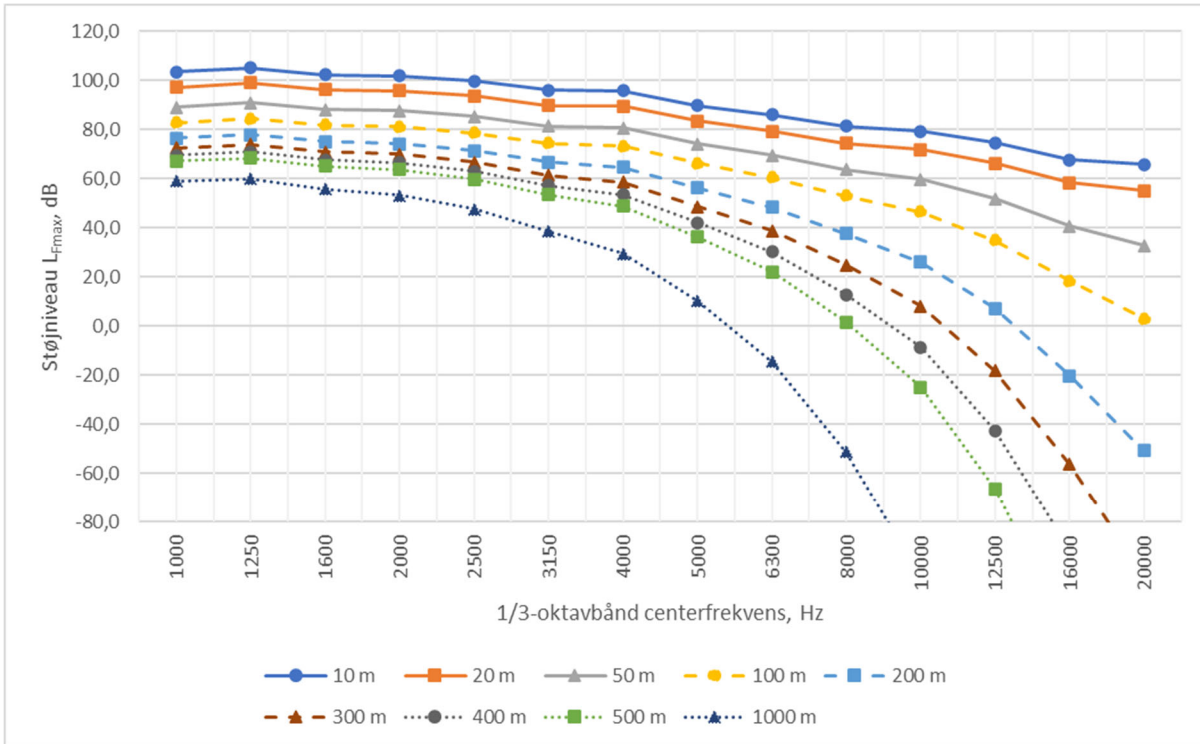
Ækvivalent støjniveau L_{Fmax}, dB											
m Hz	10	20	50	100	200	300	400	500	1.000	2.000	5.000
1.000	106	100	92	86	80	77	74	72	65	55	35
1.250	108	102	94	88	82	78	76	74	66	55	32
1.600	105	99	91	85	78	75	72	70	61	49	22
2.000	105	99	91	84	78	74	71	69	59	44	10
2.500	103	97	88	82	75	71	68	65	53	35	-9
3.150	99	93	84	77	70	66	62	58	44	20	-41
4.000	99	92	84	76	68	63	58	54	35	3	-84
5.000	93	86	77	69	60	53	47	41	16	-30	-158
6.300	89	82	73	64	52	43	35	27	-9	-76	-267
8.000	84	78	67	56	41	29	18	7	-46	-145	-434
10.000	82	75	63	49	29	12	-4	-20	-97	-247	-685
12.500	78	69	55	38	10	-14	-38	-61	-176	-400	-1061
16.000	71	61	44	21	-17	-52	-87	-121	-290	-621	-1607
20.000	69	58	36	6	-47	-98	-147	-197	-440	-923	-2361
Total	113	107	99	93	86	83	80	78	70	59	37

Tabel 4-3: Maksimal støjniveau L_{Fmax} over afstande fra ramning af stativer til solcellepaneler for porøs terrænoverflade, temperatur på 15°C, 70 % luftfugtighed og lufttryk på 101,325 kPa.

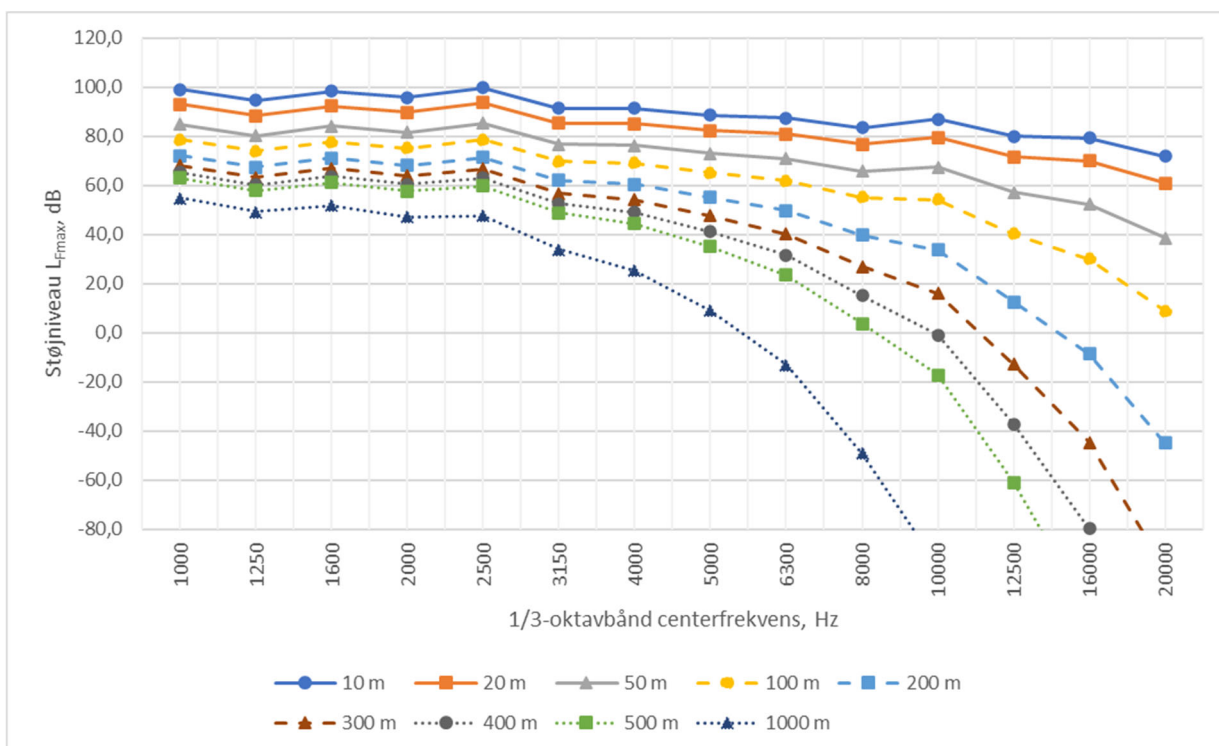
Ækvivalent støjniveau L_{Fmax}, dB											
m Hz	10	20	50	100	200	300	400	500	1.000	2.000	5.000
1.000	99	93	85	79	72	68	65	63	55	45	25
1.250	95	89	80	74	67	63	60	58	49	38	15
1.600	98	92	84	78	71	67	64	61	52	39	12
2.000	96	90	82	75	68	64	61	58	47	33	-2
2.500	100	94	85	79	72	67	63	60	48	29	-15
3.150	92	85	77	70	62	57	53	49	34	10	-51
4.000	91	85	76	69	60	54	49	45	25	-7	-94
5.000	89	82	73	65	55	48	41	35	9	-37	-164
6.300	88	81	71	62	50	40	32	24	-13	-80	-271
8.000	84	77	66	55	40	27	15	4	-49	-149	-438
10.000	87	80	67	54	34	16	-1	-17	-95	-244	-683
12.500	80	72	57	40	13	-13	-37	-61	-176	-400	-1.062
16.000	79	70	52	30	-9	-45	-80	-114	-283	-615	-1.601
20.000	72	61	39	9	-45	-96	-146	-196	-440	-923	-2.361
Total	106	99	91	85	78	73	70	67	58	47	25

Tabel 4-4: Maksimal støjniveau L_{Fmax} over afstande fra ramning af stativer til solcellepaneler for **hård terrænoverflade, temperatur på 15°C, 70 % luftfugtighed og lufttryk på 101,325 kPa.**

Ækvivalent støjniveau L_{Fmax}, dB											
m Hz	10	20	50	100	200	300	400	500	1.000	2.000	5.000
1.000	102	96	88	82	76	73	70	68	61	51	31
1.250	98	92	83	77	71	68	65	63	55	44	21
1.600	101	95	87	81	74	71	68	66	57	45	18
2.000	99	93	85	78	72	68	65	63	53	38	4
2.500	103	97	88	82	75	71	68	65	53	35	-9
3.150	95	88	80	73	65	61	57	54	39	16	-45
4.000	94	88	79	72	64	58	54	49	31	-1	-88
5.000	92	85	76	68	58	52	46	40	15	-31	-159
6.300	91	84	74	65	53	44	36	29	-7	-74	-265
8.000	87	80	69	58	43	31	20	9	-44	-143	-432
10.000	90	83	70	57	37	20	4	-12	-89	-239	-677
12.500	83	75	60	43	16	-9	-32	-56	-170	-394	-1.056
16.000	82	73	55	33	-5	-41	-75	-109	-278	-610	-1.596
20.000	75	64	42	12	-41	-92	-141	-191	-435	-917	-2.355
Total	109	103	94	88	81	78	75	73	64	53	31



Figur 4-3 Lineært frekvensspektrum for det maksimale støjniveau L_{Fmax} ved ramning af spuns for porøs terrænoverflade, temperatur på 15°C, 70 % luftfugtighed og lufttryk på 101,325 kPa.



Figur 4-4 Lineært frekvensspektrum for det maksimale støjniveau L_{Fmax} ved ramning af stativer til solcellepaneler for porøs terrænoverflade, temperatur på 15°C, 70 % luftfugtighed og lufttryk på 101,325 kPa.

5 Støjpåvirkning af flagermus

Der er ikke fundet undersøgelser af, hvordan flagermus reagerer specifikt på impulsstøj. I det følgende er der redegjort for den nuværende litteratur for støjpåvirkning af flagermus. Der skelnes i denne redegørelse mellem om flagermus bliver påvirket af støj, mens de er i dvale i vinterhalvåret, eller i sommerhalvåret, hvor de sover om dagen og fouragerer (skaffer føde) om natten.

Flagermus er nataktive, og deres vågne periode vil ofte ligge uden for almindelig arbejdstid (kl. 07.00-18.00). I sommerhalvåret er flagermus fødesøgende fra omkring solnedgang til solopgang og i vinterhalvåret er de primært i dvale. Fødesøgningen sker som hovedregel en time før og efter solopgang/solnedgang /5/.

Den 1. april hvor de fleste arter af flagermus er vågnet fra vinterdvalen, står solen op omkring kl. 06.39 og går ned omkring kl. 19.48. Her vil der være en overlappende periode mellem arbejdstid og flagermusenes fødesøgning om morgenen. Den 30. april står solen op omkring kl. 05.30 og går ned omkring kl. 20.15. Her er der ikke længere en overlappende periode mellem arbejdstid og flagermusenes fødesøgning om morgenen, da arbejdstid kl. 07.00-18.00 vil være udenfor flagermusenes vågne tid. Resten af sommeren vil solen stå tidligere op og gå senere ned, og der vil ikke være et overlap. Den 26. august står solen op omkring kl. 06.00 og går ned kl. 20.22. Herfra vil der igen være et overlap mellem fødesøgningsperioden og arbejdstiden om morgenen frem til d. 26. september, hvor solen går ned omkring kl. 19.00 og der også vil være et overlap mellem solnedgang og fødesøgningsperioden. Der er forskel på, hvornår de forskellige arter går i vinterdvale, og der er også forskel mellem individerne. De første kan gå i dvale allerede i slutningen af september, men de fleste

går først i dvale i oktober og november, enkelte så sent som i december /5/. Der vil være overlap mellem fødesøgning og arbejdstid i april og igen fra september og frem til at flagermusene går i hi.

Det er dog kendt, at flagermus befinder sig i områder, hvor der er støj fra menneskelig aktivitet, både i byerne og i landskabet, når de f.eks. yngler under motorvejsbroer /8/. Naturligt vil flagermus også blive udsat for lyde som torden, lyde fra vand, vind og fuglesang. I forvaltningsplan for flagermus /5/ er det beskrevet, at normale aktiviteter såsom jagt, skovningsaktiviteter og normale driftsaktiviteter, der anses som støjende i en skov, ikke anses som værende en støjpåvirkning af flagermus. Flagermus vurderes derfor ikke at være følsomme over for normale anlægsaktiviteter, når anlægsaktiviteter ikke omfatter impulsstøj.

Flagermus kan høre lyde, der ligger i frekvensområdet mellem 10.000 Hz og 120.000 Hz /8/. Når flagermus skal finde føde, benytter de ekkolokalisering (generelt over 20.000 Hz /8/). Støjen behøver ikke at ligge i samme frekvensområde som de ekkoer, flagermusene skal opfange, da støjen i sig selv også afskrækker flagermusene/10/. Det kan være en fordel for flagermus at søge væk fra støj i forbindelse med fouragering, da de er afhængelige af ekkolokalisering for at kunne jage og støjen derfor kan forstyrre deres evne til at fange føde. I et studie blev aktiviteten af flagermus ved fødesøgning omkring store veje undersøgt /3/. Studiet viste, at flagermus søger væk fra større veje og konstant larm /3/. I et studie fandt man, at nogle arter søgte væk fra konstant støj nær kompressorstationer, mens andre arter var upåvirkede /4/. Da flagermus jager ved forskellige ultralydsskrig arterne i mellem, bliver nogen mere forstyrrede af konstant kompressorstøj end andre.

Forstyrrelser af flagermus i forbindelse med dagsøvn kan skyldes både støj og belysning. Et studie fandt, at aktiviteten i gruppen af flagermus i yngletiden i en grotte steg især med belysning af flagermus, og at deres aktivitetsniveau også blev påvirket af støj fra store grupper af mennesker /6/. Et laboratoriestudie har målt hudtemperaturen på sovende flagermus, som blev udsat for afspilninger af forskellige typer støj. Man fandt ud af, at sovende flagermus reagerede stærkest på koloni- og vegetationsstøj og svagest på trafikstøj. Flagermusene var også mere tilbøjelige til at reagere på støj tættere på deres almindelige vågne-tidspunkt hen mod aften /7/.

Flagermus bliver også forstyrret af støj, mens de er i vinterhi, og overlevelsesraten falder, hvis de bliver forstyrret meget /9/. Undersøgelser af andre arter med lignende ører (f.eks. mus) tyder på, at pludselig ekstremt høj støj kan resultere i beskadigelse af høresystemet og høretab /8/.

6 Diskussion

Der er usikkerhed i beregningerne af støjdbredelsen og flagermus følsomhed overfor impulsstøj pga. følgende forhold:

- a) Datagrundlaget for kildestyrken for ramning af spuns og solcellestativer, da den er baseret på hhv. en enkelt måling af støj fra ramning af pæle og en måleserie af ramning af solcellestativer.
- b) Datagrundlaget for vurdering af flagermus følsomhed over for impulsstøj er mangelfuld. Det vides dog at støj påvirker flagermus både i forbindelse med fødesøgning og yngle- og rasteaktiviteter.

I Tabel 4-1 kan aflæses det maksimale støjniveau L_{Fmax} i forskellige afstande fra ramning af spuns (over en naturligende porøs terrænoverflade). I denne amerikanske undersøgelse er det fundet, at flagermus kan høre fra 10.000 Hz og op til 120.000 Hz /8/. Her er der bl.a. inddraget undersøgelser af arten amerikansk lille brun flagermus (*Myotis lucifigus*), der har bedst høreelse omkring 40.000 Hz, hvor den

kan høre støj ned til ca. 30 dB, samt amerikansk stor brun flagermus (*Eptesicus fuscus*), der har bedst hørelse omkring 20.000 Hz, hvor den kan høre lyde ned til ca. 1 dB, men at dens hørelse aftager kraftigt fra ca. 10 dB. Arten jager ved brug af ultralydsskrik mellem 30.000 og 35.000 Hz. Den førstnævnte er i samme slægt som vandflagermus og damflagermus. Den anden er i samme slægt som sydflagermus og det vurderes derfor, at de grænser, studiet finder, er repræsentative for danske arter. På baggrund af ovenstående forventes det, at brunflagermus kan høre lidt lavere frekvenser, da arten jager og orienterer sig ved ultralydsskrik ved ca. 18.000 Hz. Det er påvist, at høj støj ved frekvenser over 20.000 Hz kan afskrække flagermus fra at benytte allerede kendte ynglesteder /8/. Potentielt kan det også føre til høretab for flagermus.

Støj med frekvenser omkring 20.000 Hz er i den nedre del af det frekvensområde, som flagermus anvender, men som omtalt i afsnit 4, reduceres støj ved frekvenser over dette frekvensområde meget betydeligt med øget frekvens og afstand. Den støj fra ramning og anden menneskelig aktivitet, der spredes i omgivelserne, vil derfor være højest i det relativt lave frekvensområde omkring 20.000 Hz. Ved højere frekvenser vil støjniveauet være væsentligt lavere.

Støjpåvirkning uden dæmpning

Det fremgår af Tabel 4-1, at niveauet for den del af maksimal støjen fra ramning af spuns og stativer i frekvensområdet 20.000 Hz, på en afstand af 200 meter vil være faldet til et lydtrykniveau på hhv. -45 og -45 dB. Den nedre grænse for flagermus hørelse er 10.000 Hz. Her vil der, jf. Tabel 4-1 være en hørbar påvirkning fra rammestøj på omkring hhv. 26 og 34 dB i 200 meters afstand, hvilket er vurderet stadig at være generende.

Påvirkningen ved 10.000 Hz faldet til hhv. 8 og 16 dB ved 300 meters afstand til projektområdet. Da dB er en logaritmisk skala, er påvirkningen for ramning af spuns derved faldet med en faktor 63. Hhv. 8 dB (for spuns) og 16 dB (for solcellestativer) er ikke vurderet at være generende for flagermus.

Dæmpning af støj

Den anbefalede undersøgelseszone på 300 meter er vurderet ud fra en fri støjdbredelse fra rammeaktivitet til flagermus. I praksis vil flagermus i yngletiden og dvaletiden opholde sig i bygninger eller hule træer inden for tidsperioden, hvor der støjес. Da både hule træer og bygninger har en stor påvirkning på støjdbredelse, vurderes det, at dæmpningen af støjen ved de mest kritiske frekvenser kan være i størrelsesordenen 30 dB eller mere. Dæmpningen af støjen fra hule træer eller bygninger vil dog være lavere for frekvenser under 10.000 Hz og i det omfang, at flagermus kan blive forstyrret af frekvenser under 10.000 Hz, anbefales en forudsætning om dæmpning af støjen ved de mest kritiske frekvenser i størrelsesordenen 20 dB.

En dæmpning af støjen på 20 dB vil reducere den anbefalede undersøgelseszone fra 300 meter til 200 meter for bygninger og træer. Den forudsatte dæmpning af støj på bygninger er vurderet under forudsætning af, at flagermus er fuldt afskærmet fra den direkte støj samt at bygninger, herunder bygningernes tag, er tætte.

På grundlag af ovenstående er det Rambølls anbefaling, at der gennemføres en undersøgelse, som udpeger yngle- og rastesteder hhv. træer og bygninger for flagermus i de områder, der ligger indtil 200 meter fra de dele af projektområdet, hvor der vil forekomme ramning af spuns og stativer, da støj fra rammeaktiviteter vurderes ikke at påvirke flagermus på længere afstand end hhv. 200 meter for bygninger og træer. Der er i denne afstand indeholdt en skønnet sikkerhedsmargin for at undgå påvirkning af flagermus pga. usikkerhed på støjdata og flagermus følsomhed overfor impulstøj.

De støjniveauer, der er anført i tabellerne og de grafiske figurer i afsnit 4, er forbundet med en vis usikkerhed, som angivet i starten af afsnit 6. Det vurderes derfor, at usikkerheden på de beregnede værdier kan være 5 - 8 dB. En usikkerhed af denne størrelsesorden er normal ved vurdering af støj fra anlægsarbejder, og den påvirker ikke konklusionerne ovenfor.

6.1 Afstand og hensyn

Det er vigtigt, at der foretages en vurdering af, hvilken slags impulsstøj der forekommer nær projektområdet. Påvirkningen på flagermus afhænger af følgende kriterier 1. om støjilden flytter sig, 2. hvor længe støjen varer og 3. om der bliver spunset eller nedrammet stativer.

Hvis der findes hule træer eller bygninger, der er egnede til yngle- og rastested for flagermus inden for en radius af 200 meter for egnede træer og bygninger, bør ramning påbegyndes i de mindre sårbare perioder for flagermus. Hunnerne bliver særligt sårbare, når de får unger, men i perioden 1. april – 15. maj er flagermusene vågnet fra dvale og har endnu ikke etableret rede. Ungerne bliver født fra juni til juli /5/. Derudover repræsenterer perioden 15. august til 1. oktober en mindre sårbar periode, hvor ungerne er på vingerne og dermed er mobile /5/. Hvis ramning/spunsning opstartes inden for disse perioder, kan det efterfølgende fortsætte uden større afbrydelser i den ønskede tidsperiode, da det antages, at flagermusene har flyttet sig i den mobile periode, hvis de var generede af støjen.

Hvis støjpåvirkningen er vurderet at være meget generende for flagermus, jf. ovenstående kriterier 1.-3. (langvarig spunsning på samme sted), kan man veteranisere træer udenfor 200 meters zonen, som erstatning for flagermusegnede træer inden for 200 meters zonen, der påvirkes af impulsstøj. Dette skal gøres i størrelsesordenen 1:2 af en erfaren arborist mindst et år inden opstart af støjende aktiviteter. Veteraniseringen skal foregå efter nyeste anbefalinger på området. Der kan derudover opsættes flagermuskasser på bygninger uden for 200 meters zonen.

7 Referencer

- /1/ Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1984 "Ekstern støj fra virksomheder".
- /2/ DS/ISO 9613-1:1993 "Akustik. Måling og beskrivelse af ekstern støj. Lydudbredelsesdæmpning udendørs. Del 1: Metode til beregning af luftabsorption".
- /3/ Allen, L.C., et al., 2021, Noise distracts foraging bats, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *Global Change Biology* (2015) 21, 3278–3289
- /4/ Bunkley, J.P., et al., 2015, Anthropogenic noise alters bat activity levels and echolocation calls, *Science Direct, Global Ecology and Conservation* Volume 3, January 2015, Pages 62-71
- /5/ Forvaltningsplan for flagermus, Beskyttelse og forvaltning af de 17 danske flagermus-arter og deres levesteder, Naturstyrelsen, Miljøministeriet 2013.
- /6/ Mann, S.L., 2002, Effects of Cave Tours on Breeding *Myotis velifer*, *The Journal of Wildlife Management*, Vol. 66, No. 3 (Jul., 2002), pp. 618-624
- /7/ Luo, J. et al., 2024, Are torpid bats immune to anthropogenic noise?, *Journal of Experimental Biology*, Volume 217, Issue 7, 1072–1078.
- /8/ West, E. W., 2016, Technical Guidance for Assessment and Mitigation of the Effects of Traffic Noise and Road Construction Noise on Bats, California Department of Transportation.
- /9/ Thomas, D. W., 1995, Hibernating Bats are Sensitive to Nontactile Human Disturbance, *Journal of Mammalogy*, Volume 76, Issue 3, 18 August 1995, Pages 940–946.
- /10/ OPDATERING AF: HÅNDBOG OM DYREARTER PÅ HABITATDIREKTIVETS BILAG IV, Del 2 – Odder og flagermus, DCE, Aarhus Universitet, 2024