

# Memo

## SiteCover – Undersøgelse af muligheder for forbedring af lydforhold

**To:** SiteCover A/S

**Copy:** Jacob Maintz

**From:** Per Trøjgård Andersen

**Date:** 25 August 2021

**Project reference:** 550833

## 1 Introduktion

På foranledning af SiteCover, har Vysus Denmark A/S foretaget en undersøgelse af mulighederne for at forbedre lydforholdene af SiteCover konstruktionen, herunder:

- Lydisolation af SiteCover-konstruktionen mod byggestøj til omgivelserne
- Forbedring af akustikken internt i SiteCover-konstruktionen, med henblik på at reducere det interne støjniveau – og hermed indirekte også minimere støjen til omgivelserne.

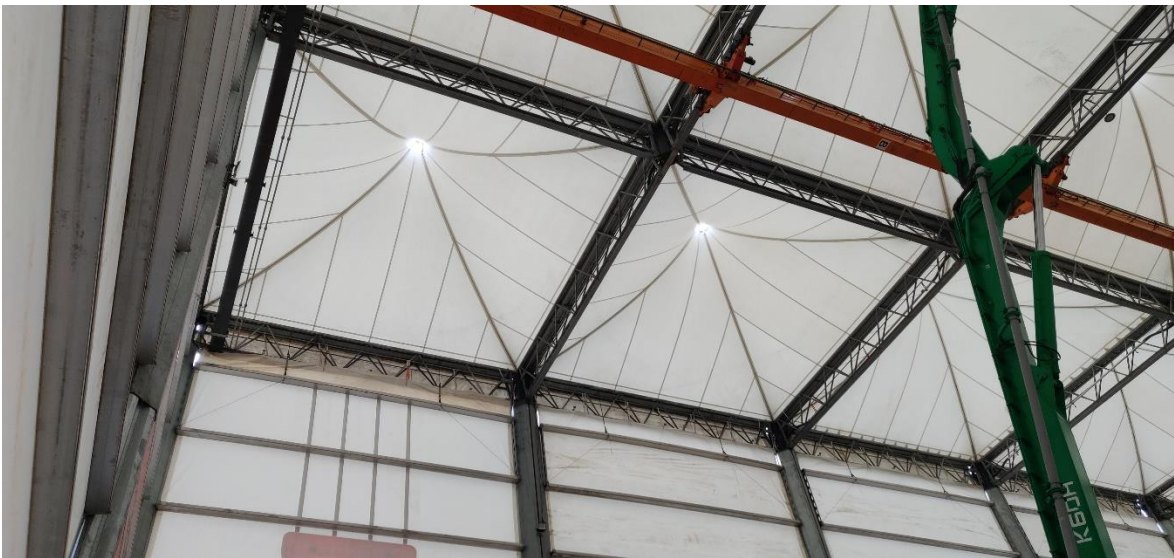
Der er foretaget en række beregninger af lydisolation med programmet INSUL ver. 8 for at belyse mulighederne for forbedringer. Det skal noteres, at beregninger er foretaget på et teoretisk grundlag, og at der kan forekomme afvigelser ved målinger på de færdige konstruktioner.

## 2 Lydisolation af SiteCover konstruktionen

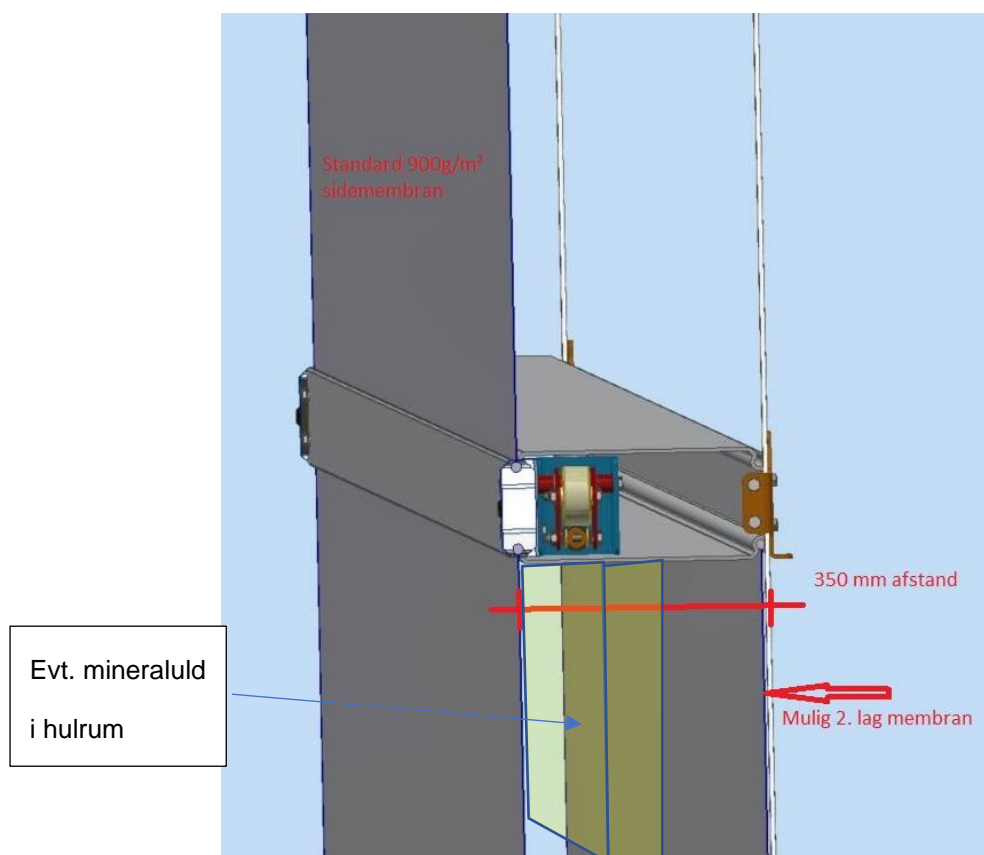
SiteCover konstruktionen består af en overdækning af byggepladser monteret på et system af stålsøjler og -bjælker, med indbygget kranfunktion. Den primære lydtransmission til omgivelserne vil være gennem sideelementerne i overdækningen. Disse består p.t af en PVC-membran med en vægt på 900 g/m<sup>2</sup>, båret af vandrette stålbjælker for hver ca. 2 meter (se Figur 1 og Figur 2). Sideelementerne kan hejses op og ned i et skinnesystem monteret på stålsøjlerne. I forbindelse med skinnesystemet er der åbninger/utætheder mellem PVC-membranen og stålsøjlen, samt ved tilslutningen til terræn, hvilket vil minimere den opnåelige lydisolation (se billeder Figur 1).

Til belysning og kvantificering af mulighederne for forbedring er der foretaget undersøgelse af følgende modifikationer:

- Øgning af membranens overfladevægt
- Alternativ membran
- Indvirkning af utætheder
- Anvendelse af to membraner, herunder med forskellig overfladevægt
- Anvendelse af lydabsorberende materiale (mineraluld) i hulrummet mellem de to membraner
- Indflydelse af vægt/densitet af mineraluld



Figur 1. Billeder taget ved besigtigelse af SiteCover konstruktionen.



Figur 2. Skitse af opbygning af sideelementer, med placering af mulig ekstra membran på indersiden.

Resultaterne af beregningerne er vist som 1/3- oktav frekvens spektre i bilag A. Hovedresultaterne er vist i nedenstående tabel 1.

Resultaterne viser at hovedparameteren for lydisolationen af membranen er overfladevægten, dvs. jo højere overfladevægt, des højere lydisolation. Af resultaterne (tabel 1 og figur A1) ses det, at en fordobling af overfladevægten til 1800 g/m<sup>2</sup> giver en forbedring af lydisolationen på ca. 5 dB, og ca. 3 dB når lækager/åbninger medtages i beregningen.

Bland flere viser Figur A6 at den samlede lydisolation er meget følsom over for lækager/åbninger/utætheder i konstruktionen. Som det kan ses af billederne på Figur 1, så er der naturligt en del åbninger i konstruktionen. I beregningerne er medtaget lækager/utætheder på 0.04 m<sup>2</sup> lækager per 10 m<sup>2</sup>, svarende til en spalte på 2 m med en bredde på 2 cm. Det anbefales på denne baggrund at minimere åbningerne mest muligt.

Det ses desuden af figur A1 at lydisolationen er meget frekvensafhængig, dvs. membranen isolerer bedre for støj ved høje frekvenser, og dårlige for lave frekvenser. I praksis vil det betyde at den samlede dæmpning af støjen der kan opnås, vil være meget afhængig af hvilke støjkilder der er på byggepladsen. Der kan f.eks. forventes en bedre dæmpning for støjkilder, som udsender primært højfrekvent støj (f.eks. vinkelslibere, sandblæsning), men derimod lavere dæmpning over for lavfrekvente støjkilder (f.eks. diesel generatorer, og andet motordrevet udstyr).

For at simplificere dette er der fortaget et estimat af et typisk frekvensspektrum fra en byggeplads, bestående af blandet lastbiler, entreprenørmaskiner, grave maskiner, trucks etc. Ud fra dette er der fortaget en beregning af indsætningsdæmpningen for en standard SiteCover konstruktion bestående af en 900 g/m<sup>2</sup> PVC membran med 0.04 m<sup>2</sup> lækager per 10 m<sup>2</sup>. Indsætningsdæmpningen beskriver dæmpningen med og uden anvendelse af SiteCover konstruktionen. Beregningen viser at der kan forventes en dæmpning fra SiteCover

konstruktionen på 11 dB af støjen fra en byggeplads i 100 m afstand fra byggepladsen. Det svarer nogenlunde til det vægtede lydreduktionstal for konstruktionen, som er beregnet til 10 dB. Det antages derfor, at det vægtede lydreduktionstal er et rimeligt godt mål for den gennemsnitlige dæmpning der kan opnås med SiteCover konstruktionen.

**Tabel 1. Hovedresultater af beregnede lydisolationsværdier.**

Yderste membran	Hulrum	Inderste membran	Lækager / utætheder	Vægtet Lydreduktionstal Rw
900 g/m <sup>2</sup>	-	-	-	11 dB
900 g/m <sup>2</sup>	-	-	0.04 m <sup>2</sup> per 10 m <sup>2</sup>	10 dB
1800 g/m <sup>2</sup>	-	-	-	16 dB
1800 g/m <sup>2</sup>	-	-	0.04 m <sup>2</sup> per 10 m <sup>2</sup>	13 dB
2700 g/m <sup>2</sup>	-	-	-	19 dB
2700 g/m <sup>2</sup>	-	-	0.04 m <sup>2</sup> per 10 m <sup>2</sup>	16 dB
900 g/m <sup>2</sup>	350 mm luft	900 g/m <sup>2</sup>	-	14 dB
900 g/m <sup>2</sup>	350 mm luft	900 g/m <sup>2</sup>	0.04 m <sup>2</sup> per 10 m <sup>2</sup>	13 dB
900 g/m <sup>2</sup>	300 mm luft +50mm 10 kg/m <sup>3</sup> min. uld	900 g/m <sup>2</sup>	0.04 m <sup>2</sup> per 10 m <sup>2</sup>	16 dB
900 g/m <sup>2</sup>	350 mm luft	1800 g/m <sup>2</sup>	0.04 m <sup>2</sup> per 10 m <sup>2</sup>	16 dB
900 g/m <sup>2</sup>	300 mm luft +50mm 10 kg/m <sup>3</sup> min. uld	1800 g/m <sup>2</sup>	0.04 m <sup>2</sup> per 10 m <sup>2</sup>	18 dB
900 g/m <sup>2</sup>	300 mm luft +50mm 22 kg/m <sup>3</sup> min. uld	1800 g/m <sup>2</sup>	0.04 m <sup>2</sup> per 10 m <sup>2</sup>	18 dB
900 g/m <sup>2</sup>	300 mm luft +50mm 60 kg/m <sup>3</sup> min. uld	1800 g/m <sup>2</sup>	0.04 m <sup>2</sup> per 10 m <sup>2</sup>	19 dB
900 g/m <sup>2</sup>	300 mm luft	POLYMAR Polyfoam 1300 g/m <sup>2</sup>	0.04 m <sup>2</sup> per 10 m <sup>2</sup>	16 dB
900 g/m <sup>2</sup>	300 mm luft +50mm 10 kg/m <sup>3</sup> min. uld	POLYMAR Polyfoam 1300 g/m <sup>2</sup>	0.04 m <sup>2</sup> per 10 m <sup>2</sup>	19 dB

Anvendes der 2 ens membraner på 900 g/m<sup>2</sup> med 350 m luft imellem, beregnes dæmpningen at øges med 3 dB i forhold til en enkelt membran på 900 g/m<sup>2</sup>. Kan der monteres 50 mm mineraluld i hulrummet opnås en dæmpning på 6 dB i forhold til en enkelt membran.

Figur A5 viser, at der ikke er den store indflydelse af densiteten af mineralulden, så den letteste mineraluld på 10 kg/m<sup>3</sup> kan anvendes af hensyn til vægten af den samlede konstruktion.

Hvis der anvendes en 900 g/m<sup>2</sup> membran på den ene side og en 1800 g/m<sup>2</sup> på den anden side, samt mineraluld i hulrummet, så beregnes en øgning af dæmpningen på 8 dB i forhold til en enkelt membran på 900 g/m<sup>2</sup>.

Den modtagne alternative membran fra POLYMAR Polyfoam med en tykkelse på 3 mm og en vægt på 1300 g/m<sup>2</sup>, er fra leverandøren oplyst at have et vægtet lydreduktionstal Rw på 17 dB. Det er højere end man umiddelbart ville forvente ud fra vægten, så simplificeret sagt, så svarer lydisolations POLYMAR Polyfoam til en almindelig PVC-membran på ca. 2200 g/m<sup>2</sup>. Ud fra et vægtoptimeringsforhold vil det give mening at anvende POLYMAR Polyfoam som den inderste membran. Kan der også monteres mineraluld i hulrummet, så beregnes en forbedret dæmpning på 9 dB i forhold til en enkelt membran på 900 g/m<sup>2</sup>

Det forventes at anvendelse af mineraluld i konstruktionen kan give udfordringer med specielt fugt. Baseret på erfaringer fra andre konstruktioner, så forventes det at mineralulden evt. kunne udskiftes med to lag mikroperforerede membraner i stedet for mineraluld. Dette vil dog kræve at der anvendes mikroperforerede membraner med en optimeret strømningsmodstand, hvilket vil kræve nærmere undersøgelser, da leverandørerne normalt ikke oplyser dette for deres produkter.

### 3 Forbedring af lydabsorptionen internt

En anden måde at opnå dæmpning af støjen fra Sitecover vil være at tilføre lydabsorberende materialer på indersiden af konstruktionen. Herved dæmpes det interne lydtryk, hvilket dels giver en reduktion af arbejdsmiljøstøjen for de folk, der arbejder på byggepladsen, dels en tilsvarende reduktion af støjen, som transmitteres ud gennem konstruktionen til omgivelserne.

For at belyse disse muligheder er der foretaget en teoretisk beregning af den opnåelige dæmpning ud fra de forudsætninger der er vist i bilag B. der er regnet på en konstruktion på 80 x 60 x 25 m. Der er antaget en samlet lydeffekt af byggepladsens kilder på 100 dB/1pW. Terræn er antaget at bestå af blandet jord og beton. Lydabsorptionen af membranen er estimeret ud fra tidligere erfaringer. I tabel 2 er hovedresultaterne givet.

**Tabel 2. Hovedresultater af beregninger af intern akustik.**

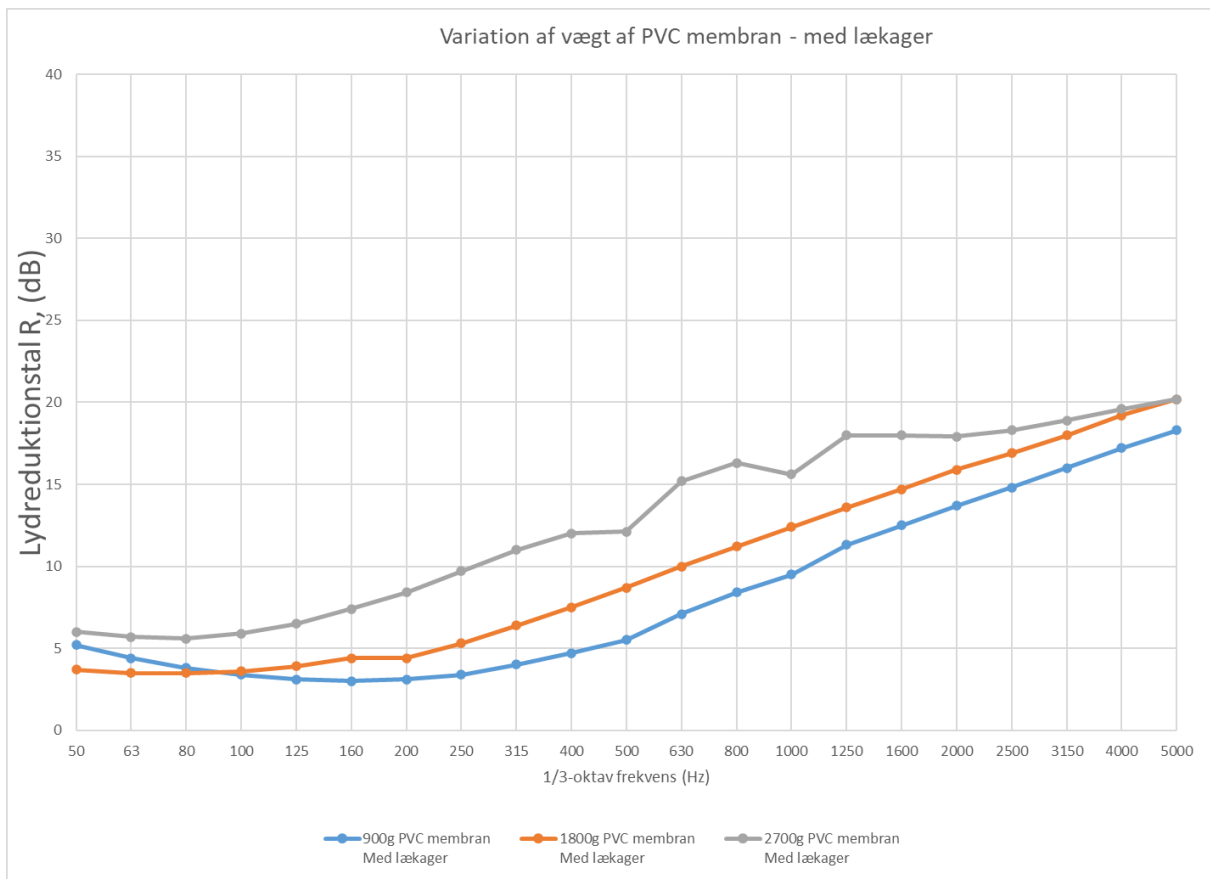
Yderste membran	Beregnet internt lydtryk LAeq, dB	Beregnet eksternt lydtryk 100 m fra byggeplads LAeq, dB
Uden SiteCover	-	52 dB
Med SiteCover, Grundkonstruktion	70 dB	41 dB
SiteCover + 350 m <sup>2</sup> lydabsorbent på stålsøjler	69 dB	41 dB
SiteCover + lydabsorbent på alle indervægge	67 dB	39 dB

Ud fra resultaterne ses at der kun kan forventes en meget beskedne ændring af lydforholdene ved at tilføre lydabsorberende materialer på stålsøjlerne (< 1 dB). Forsynes alle horisontale falder med en god lydabsorbent, svarende til 50 mm mineraluld, så beregnes en dæmpning på ca. 3 dB af det interne lydtryk, samt 2 dB dæmpning af det eksterne lydtryk. De forholdsvis beskedne dæmpninger skyldes at der er en del lydabsorption i terrænet, samt noget fra standard-membranen på 900 g/m<sup>2</sup>. Derfor skal der tilføres forholdsvis meget lydabsorberende materiale for at ændre forholdene væsentligt

---

# Bilag A

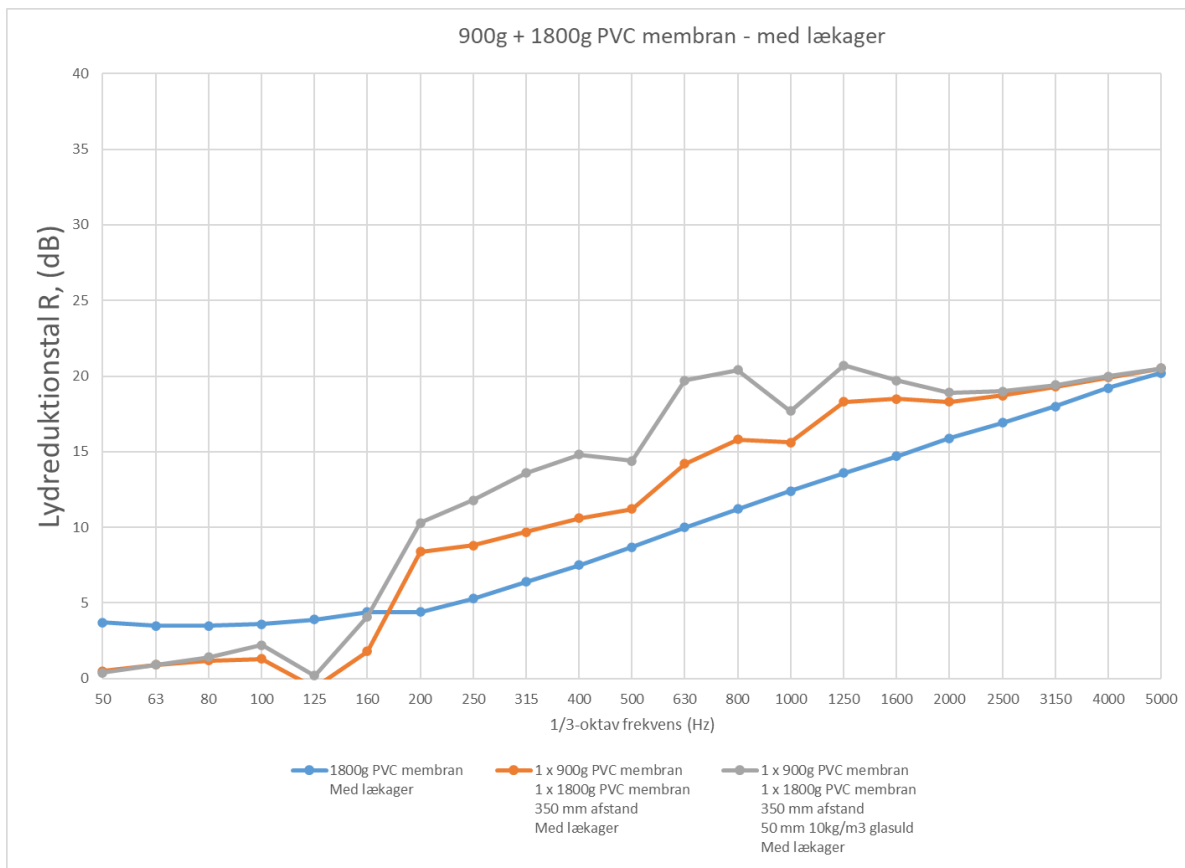
## Detaljerede beregningsresultater af lydisolation for forskellige konstruktioner



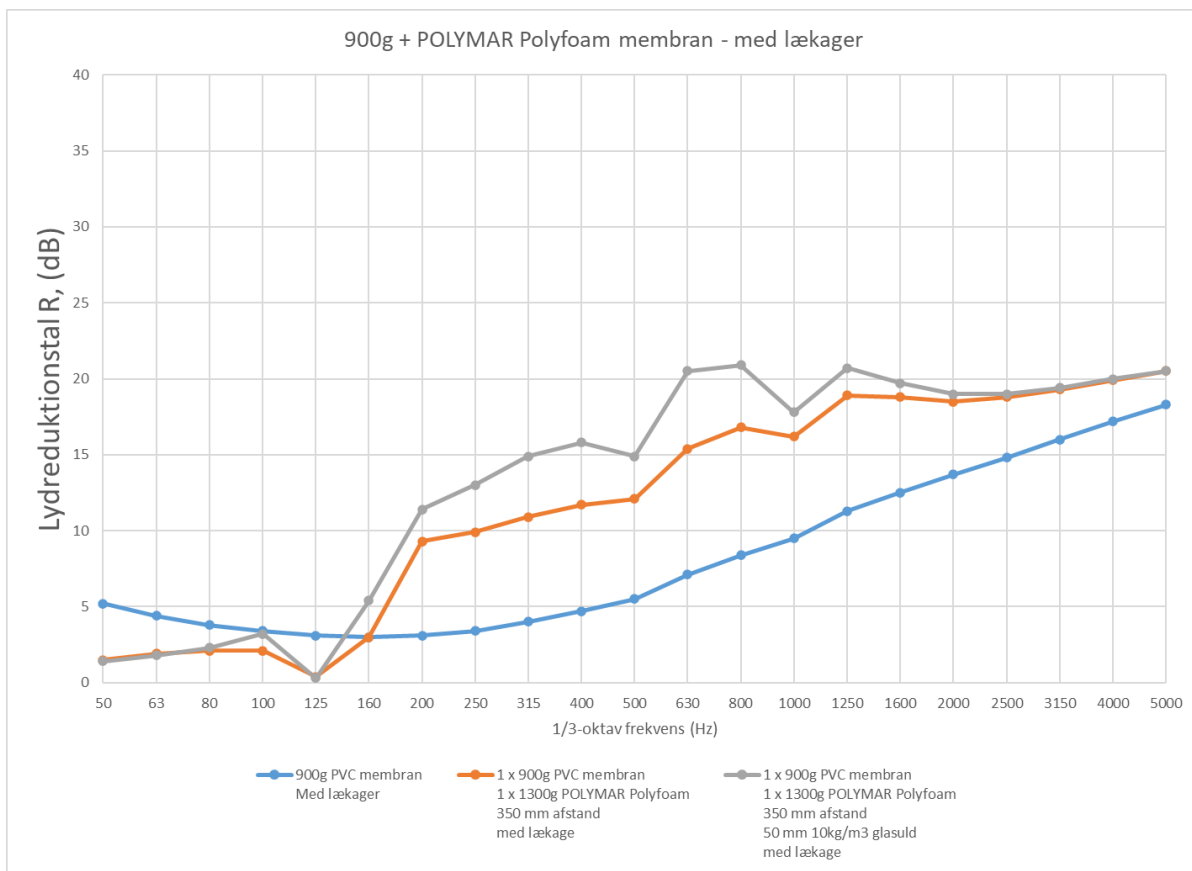
Figur A1



Figur A2

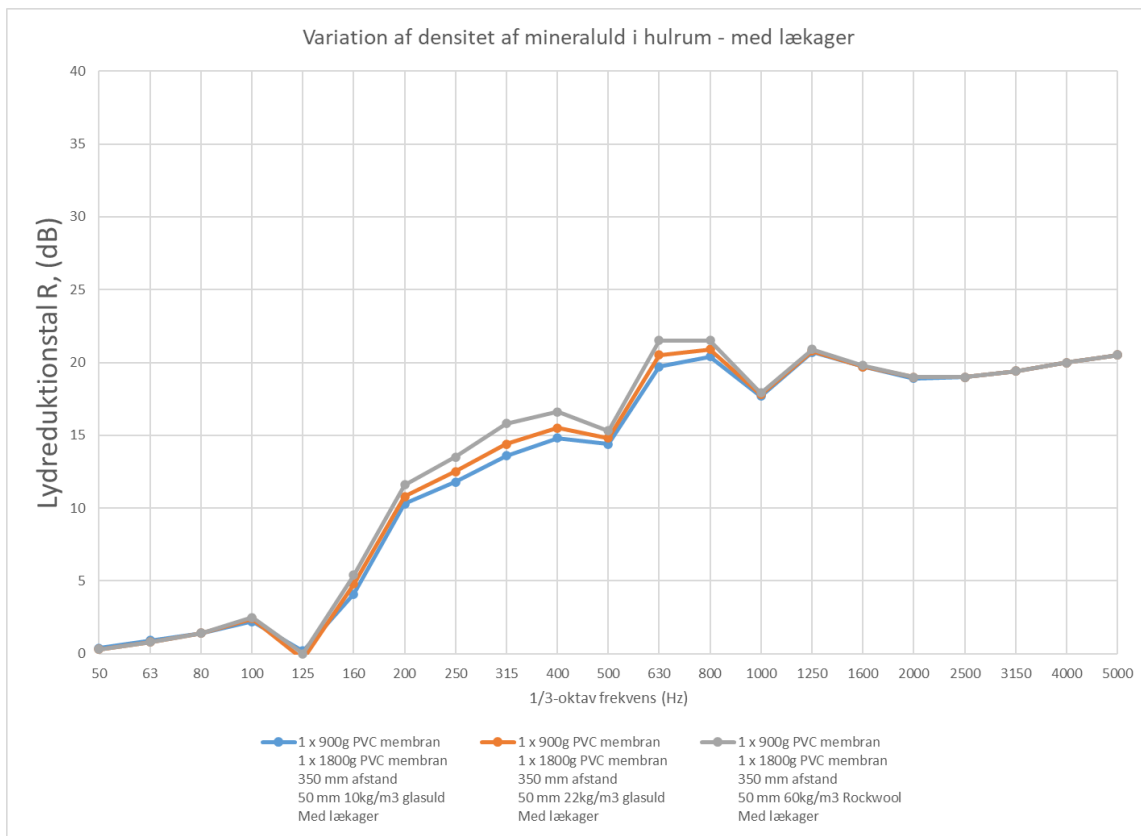


Figur A3

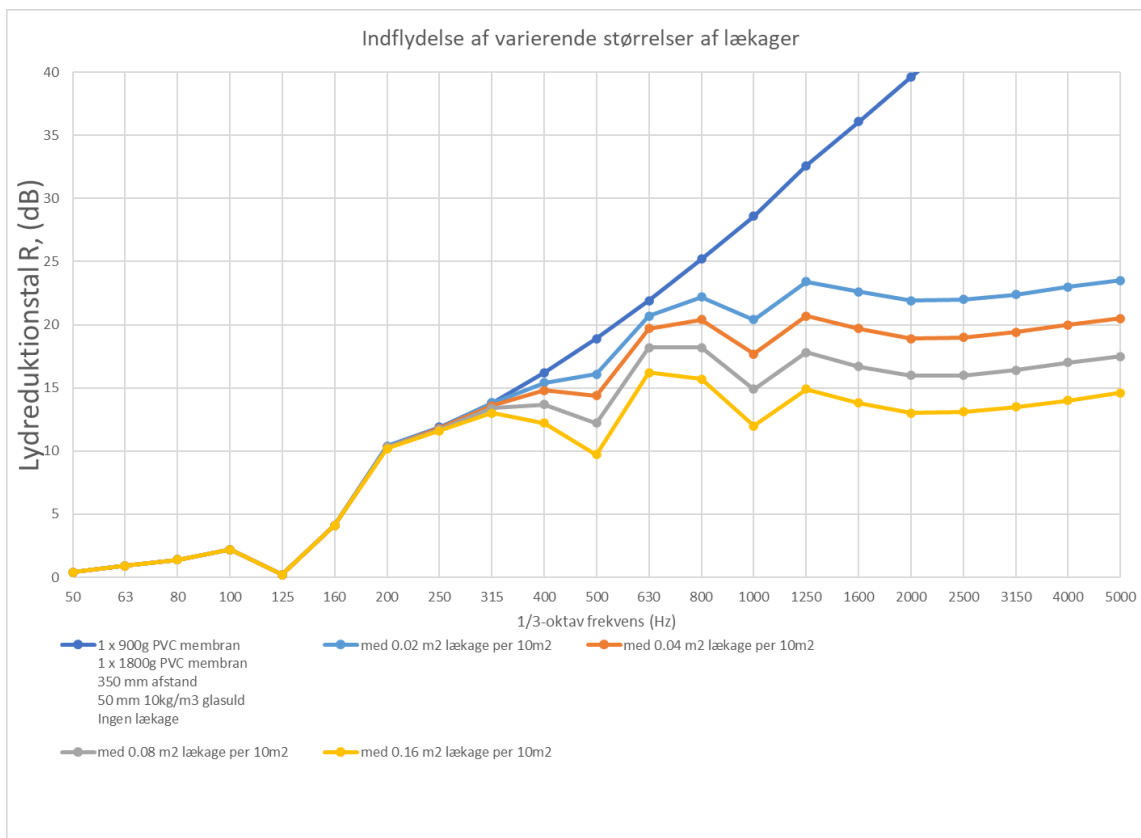


Figur A4





Figur A5



Figur A6

---

# Bilag B

## Akustiske beregninger

			L	B	H			
		Telt	80	60	25			
		Vol	120000	m3				
		telt	11800	m2				
		Jord	4800	m2				
	LwA							LpA
	LwA Byggeplads Kilder dB/1pW	alpha membran	alpha jord+beton	A	T	Lp	900g PVC dug Med lækager	100
50	74	0.4	0.15	5440	3.5	42	5.2	16
63	76	0.35	0.2	5090	3.8	45	4.4	19
80	77	0.3	0.25	4740	4.1	46	3.8	21
100	78	0.3	0.3	4980	3.9	47	3.4	23
125	80	0.25	0.4	4870	3.9	49	3.1	25
160	82	0.25	0.45	5110	3.8	50	3	27
200	84	0.2	0.45	4520	4.2	53	3.1	29
250	85	0.2	0.5	4760	4.0	54	3.4	30
315	87	0.15	0.5	4170	4.6	57	4	32
400	88	0.15	0.55	4410	4.4	58	4.7	32
500	89	0.15	0.55	4410	4.4	59	5.5	32
630	90	0.15	0.55	4410	4.4	60	7.1	32
800	91	0.15	0.6	4650	4.1	60	8.4	31
1000	91	0.15	0.6	4650	4.1	61	9.5	30
1250	91	0.15	0.65	4890	3.9	60	11.3	28
1600	90	0.15	0.7	5130	3.7	59	12.5	25
2000	89	0.15	0.7	5130	3.7	58	13.7	24
2500	87	0.15	0.7	5130	3.7	56	14.8	20
3150	85	0.15	0.75	5370	3.6	53	16	16
4000	83	0.15	0.8	5610	3.4	51	17.2	13
5000	81	0.15	0.8	5610	3.4	49	18.3	10
	100					70		41

Figur B1. Beregning af støjforhold med SiteCover grundkonstruktion

			L	B	H				
		Telt	80	60	25				
		Vol	120000	m3					
		telt	11800	m2					
		Jord	4800	m2					
	LwA	Søjle	350	m2					LpA
	LwA Byggeplads Kilder dB/1pW	alpha membran	alpha jord+beton	søjle alpha	A	T	Lp	900g PVC dug Med lækager	100
50	74	0.4	0.15	0.1	5475	3.5	42	5.2	16
63	76	0.35	0.2	0.1	5125	3.7	45	4.4	19
80	77	0.3	0.25	0.1	4775	4.0	46	3.8	21
100	78	0.3	0.3	0.2	5050	3.8	47	3.4	23
125	80	0.3	0.4	0.3	5565	3.5	48	3.1	24
160	82	0.3	0.45	0.4	5840	3.3	50	3	26
200	84	0.3	0.45	0.45	5858	3.3	52	3.1	28
250	85	0.4	0.5	0.5	7295	2.6	52	3.4	28
315	87	0.4	0.5	0.7	7365	2.6	54	4	29
400	88	0.4	0.55	0.7	7605	2.5	55	4.7	30
500	89	0.5	0.55	0.7	8785	2.2	56	5.5	29
630	90	0.5	0.55	0.8	8820	2.2	57	7.1	29
800	91	0.5	0.6	0.8	9060	2.1	57	8.4	28
1000	91	0.5	0.6	0.8	9060	2.1	58	9.5	27
1250	91	0.5	0.65	0.8	9300	2.1	57	11.3	25
1600	90	0.5	0.7	0.8	9540	2.0	56	12.5	23
2000	89	0.5	0.7	0.8	9540	2.0	56	13.7	21
2500	87	0.5	0.7	0.8	9540	2.0	53	14.8	17
3150	85	0.5	0.75	0.8	9780	2.0	51	16	14
4000	83	0.5	0.8	0.8	10020	1.9	49	17.2	11
5000	81	0.5	0.8	0.8	10020	1.9	47	18.3	7
	100						67		39

Figur B2. Beregning af støjforhold med SiteCover med teoretisk fuldt absorberende vægge