

Anvendelig- og robustheden af indvendig isolering

DTU - Forsøgscontainer



Titel:

Anvendelig- og robustheden af indvendig isolering
DTU - Forsøgscontainer

Projektgruppe:

DTU i samarbejde med Teknologisk Institut og COWI

Delvist finansieret af Grundejernes Investeringsfond

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Gregersensvej 4
2630 Taastrup
Tlf. 7220 2000
Byggeri og Anlæg
Bygninger & Miljø
Thor Hansen & Carsten Johansen

Kvalitetssikring:

Sagsansvarlig: Thor Hansen, tlf. 7220 1268, thhn@teknologisk.dk

Godkendt af: Faglig leder: Carsten Johansen, tlf. 7220 3329, cjo@teknologisk.dk

Projekt nr.: 2003424

Versions nr.: 01

Dato: 10. maj 2019

Resultater af Instituttets opgaveløsning beskrevet i denne rapport, herunder fx vurderinger, analyser og udbedringsforslag, må kun anvendes eller gengives i sin helhed, og må alene anvendes i denne sag. Instituttets navn eller logo eller medarbejderens navn må ikke bruges i markedsføringsøjemed, medmindre der foreligger en forudgående, skriftlig tilladelse hertil fra Teknologisk Institut, Direktionsskretariatet.

Indhold

1.	Indledning	4
2.	Konstruktionsopbygning og målepunkter	4
2.1.	Introduktion til mock-up containeren.....	4
2.2.	Anvendt indvendig isolering	4
2.3.	Troxler-målinger.....	5
2.4.	Prøveudtagning vedr. skimmelsvampevækst	6
3.	Resultater.....	8
3.1.	Troxler-målinger.....	8
3.2.	Skimmelsvampevækst.....	11
4.	Vurdering	14
4.1.	Troxler-målinger.....	14
4.2.	Skimmelsvampevækst.....	16
	Bilag 1: Oversigt over placeringen af muren i containeren	18
	Bilag 2: Troxler målepunkter på muren	19

1. Indledning

Denne rapport omhandler dele af Teknologisk Instituts arbejde udført i forbindelse med forsøgscontaineren på DTUs forsøgsareal. Rapporten er en del af projektet "Anvendeligheden og robustheden af indvendig efterisolering" (fremover ARIE).

Der er i rapporten angivet måleresultaterne udført med Troxler på de murede forsøgsvægge, samt laboratorieresultaterne for prøverne udtaget bag den indvendige isolering for vurdering af tilstedeværelsen af skimmelsvampe.

2. Konstruktionsopbygning og målepunkter

2.1. Introduktion til mock-up containeren

I forbindelse med forsøgene til test af indvendig efterisolering, er der blevet opført i alt 16 murede vægge i en isoleret container på DTU-byg's forsøgsområde i Kgs. Lyngby. Hver mur er nummereret fra 1-16, placeringen i containeren og orientering er angivet i bilag 1.

Der er på hver mur udtaget tre måleområder, henholdsvis udvendigt, indvendigt og på "skillevæggen", for hvert måleområde blev der udført målinger i tre målepunkter (henholdsvis bund, midt og top). En mere beskrivende placering af hvert målepunkt er angivet på tegninger i bilag 2.

Murene er en 1½-stens mure, hvor der indvendigt er påført et pudslag. Mørtelfugerne og pudslaget er udført i kalkmørtel, som anbefalet af Abelson fra Teknologisk Instituts Murværkcenter. Den udvendig del af murværket er rå, dog er enkelte mure imprægneret, henholdsvis nr. 3, 5, 12 og 14.

Murene er opført i perioden ultimo august til primo oktober 2014. De første mure der blev opført var nr. 9 til 16.

2.2. Anvendt indvendig isolering

Der er i nedenstående tabel opstillet hvilken isolering der er anvendt på de enkelte forsøgsvægge.

Tabel 1 – Anvendt isolering på forsøgsvægge

Forsøgsvæg	Beskrivelse
G1	Mineraluld og dampspærre beklædt med gipsplade. Murværket er uden imprægnering.
G2	80 mm IQ-therm - Plade bestående af polyurethanskum med vinkelrette kalciumsilikatkanaler mod overfladen. Murværket er med imprægnering.
G3	Reference væg uden isolering.
G4	100 mm SkamoPlus - Plade bestående af kalciumsilikat. Murværket er uden imprægnering.

Forsøgsvæg	Beskrivelse
G5	Fra projektstart til 1. december 2017: DTU – 100 mm Skumbetom Fra 1. december 2017: 100 mm Kingspan – Murværket er uden imprægnering.
G6	Fra projektstart til 1. december 2017: DTU – 100 mm Skumbetom Fra 1. december 2017: 100 mm Kingspan – Murværket er med imprægnering.
G7	80 mm IQ-therm - Plade bestående af polyurethanskum med vinkelrette kalciumsilikatkanaler mod overfladen. Murværket er uden imprægnering.
G8	Fra projektstart til 1. januar 2018: TI – 40mm Isolerende pudsmateriale Fra 1. november 2018: 40 mm Diasen Diathonite Thermactive .037 Murværket er uden imprægnering.
G9	Fra projektstart til 1. januar 2018: TI – 40mm Isolerende pudsmateriale Fra 1. november 2018: 40 mm Diasen Diathonite Thermactive .037 Murværket er med imprægnering.
G10	IQ-therm - Plade bestående af polyurethanskum med vinkelrette kalci- umsilikatkanaler mod overfladen. Murværket er uden imprægnering.
G11	Fra projektstart til 1. januar 2018: DTU – Skumbetom Fra 1. januar 2018: Kingspan – Murværket er med imprægnering.
G12	Fra projektstart til 1. januar 2018: DTU –100 mm Skumbetom Fra 1. december 2017: 100 mm Kingspan – Murværket er uden imprægnering.
G13	100 mm SkamoPlus - Plade bestående af kalciumsilikat. Murværket er uden imprægnering.
G14	Reference væg uden isolering.
G15	80 mm IQ-therm - Plade bestående af polyurethanskum med vinkelrette kalciumsilikatkanaler mod overfladen. Murværket er med imprægnering.
G16	Reference væg uden isolering.

2.3. Troxler-målinger

Ved måling med TROXLER-systemet udsendes der en stadig strøm af neutroner fra en kalibreret neutronkilde ind i den aktuelle konstruktion. I materialet reflekteres neutronerne ved sammenstød med atomkernerne i materialerne. Hvis atomkernerne er tunge, reduceres hastigheden af neutronerne kun lidt, mens hastigheden reduceres kraftigt ved sammenstød med lette brintkerner, der er bundet i vand. Da Troxleren kun registrerer de langsomme neutroner, der reflekteres, og det vil i det væsentligste sammenhæng kun være de neutroner, der har haft sammenstød med brint i vandform, men det kan også være refleksioner fra brint bundet i materialer som tagpap, isolering m.m.

Den udsendte neutronstrøm varierer og dermed andelen af de reflekterede neutroner, vil der være en variation af målingen, denne kan dog formindskes ved et længere tidsinterval af målingen. Dette tidsinterval kan indstilles, så det passer til opgaven, og der opnås en beskeden variation i registreringen og dermed en tilstrækkelig repeterbarhed af målingen.

I en tør konstruktion kan indholdet af brint være stort eller lille, afhængig af de materialer, der indgår. Forudsat et ensartet materiale vil variationen af vandindholdet og dermed variationen af de reflekterede neutroner være meget lille. Varierer vandindholdet i den aktuelle konstruktion, vil dette derfor medføre en kraftig variation af den reflekterede strøm af neutroner. Hvormed kraftig variation af de reflekterede neutroner kan i det væsentligste kun skyldes en kraftig variation i vandindholdet, når det forudsættes, at den givne konstruktion er homogen, og når tidsintervallet for målingen er korrekt valgt.

Måleresultaterne med Troxleren er i rapporten angivet som tælletal, altså en værdi for antallet af de reflekterede langsomme neutroner. Afhængig af materialets densitet måler Troxler-udstyret fugt i op til 100-150 mm's dybde.

2.4. Prøveudtagning vedr. skimmelsvampevækst

2.4.1. Støvprøver

Der udtages aftryksprøver på hovedsageligt vandrette overflader i rummet før oplukning af den indvendige isolering. Det gøres før oplukning for at undgå "forurening" fra eventuelt skimmelvækst bag de indvendige isoleringer. Disse prøver siger dermed noget om den generelle skimmelpåvirkning af støvet i rummet. Hvis en støvprøve domineres af en enkelt eller to svampearter, er det som oftest fordi der er vækst af disse arter et sted i rummet. I enkelte tilfælde kan denne metode bruges til at vurdere risikoen for skjult vækst, men vil dog som oftest give et falsk negativt resultat. Det bør bemærkes at støvet helst skal være af ældre dato for at give et retvisende svar.

2.4.2. Overfladeprøver

Der udtages overfladeprøver i form af aftryks- og Mycometer®-prøver på væggen bag de indvendige isoleringer. Dette gøres for at vurdere om der er vækst af skimmelsvampe på overfladen. Ved forekomst af skimmelsvampevækst, vil der som regel kunne findes et højt antal CFU af enkelte forskellige svampearter på en aftryksprøve. Ved et lavt antal CFU eller mangel på dominans af få arter kan det derfor vurderes at der ikke er vækst på overfladen. MycoMeter testen baserer sig på kvantificering af et enzym der findes i både mycelium (består af hyfer) og spore fra skimmelsvampe og måler således tilstedeværelse af biomasse fra skimmelsvampe. Prøverne viser således alene om der er vækst af skimmelsvampe på overfladen.

2.4.3. Metodebeskrivelse af skimmelsvampeprøver

Aftryksprøver

Aftryksprøve taget på en overflade viser, om der er levedygtig skimmelvækst på overfladen eller sporer, der kan være spredt til overfladen fra nærliggende skimmelvækst. Metoden er overvejende kvalitativ. Aftrykspladen indeholder et skimmelsvampemedium (V8-agar tilsat antibiotika). I laboratoriet inkuberes pladen i 1 uge ved 26 °C, hvorefter de fremvoksede skimmelsvampe identificeres ved mikroskopi og kolonierne tælles. Vurdering af resultatet foretages af en mikrobiolog i samråd med byggeteknikeren, der har udtaget prøverne, hvor alle undersøgelsesresultater sammenholdes, og herved kan det vurderes, om der er tale om:

Bygningsrelaterede svampe eller fugtskadesvampe, som trives i bygningsdele, der er eller har været opfugtede og således indikerer, at der foregår eller har foregået vækst af skimmelsvampe i bygningen/bygningsdelen.

Luftbårne eller støvbundne skimmelsvampe, som er normalt forekommende i støv og luft, og ikke indikerer skimmelvækst kaldet støvsvampe.

Sporer af fugtskadesvampe findes også i støv, men hvis der har været vækst af fugtskadesvampe, så vil der være relativt flere sporer/mycelium af fugtskadesvampe i forhold til det forventede. Dominans af fugtskadesvampe vil altså indikere, at der er vækst på prøvetagningsstedet eller tæt ved prøvetagningsstedet, så sporer har spredt sig til prøvefladen.

Resultatet angives som identificerede svampearter og i antal kolonidannende enheder af hver svampeart.

Tapeprøver

Tapeprøver udtaget ved besigtigelsen er vurderet ved direkte mikroskopi.

Mycometer®-prøve

Mycometer®-prøve taget på en overflade viser konkret, om der har været eller stadig er aktiv vækst af skimmelsvamp på prøvefladen ved analyse af skimmelsvampes enzymer. Metoden er en kvantitativ analysemetode. Testen er baseret på detektion og kvantificering af et enzym, som findes i både mycelium og sporer hos alle skimmelsvampe. Analyseresultater inddeles i 3 kategorier:

- **A: Mycometer®-værdi \leq 25.** Niveauet af skimmelsvamp er ikke over normalt baggrundsniveau.
- **B: $25 <$ Mycometer®-værdi \leq 450.** Niveauet af skimmelsvamp er over normalt baggrundsniveau. Dette kan skyldes ophobning af svampesporer i støv og snavs eller tilstedeværelse af ældre udtørrede skimmelsvampe.
- **C: Mycometer®-værdi $>$ 450.** Niveauet af skimmelsvamp er langt over normalt baggrundsniveau. Resultatet i denne kategori måles på lokaliteter med højt niveau af skimmelsvamp (biomasse) og indikerer massiv vækst af skimmelsvamp.

3. Resultater

Der er i nedenstående afsnit angivet måleresultater fra Teknologisk Instituts besigtigelser i mock-up containeren, henholdsvis Troxler-målinger og for udtaget prøver for skimmel-svampevækst.

3.1. Troxler-målinger

Resultaterne for Troxler-målingerne er opdelt i to afsnit, udvendige og indvendige målinger på test-murerne. I hver tabel er der angivet det målte Troxler-tælleantal, der er for tælleantallet anvendt en farveskala fra rød til grøn, hvor rød er højt niveau der indikerer opfugtning.

Derudover er der ligeledes udførte Troxler-målinger på skillevæggene inde i containeren, disse målinger er ikke medtaget i rapporten.

3.1.1. Udvendige målinger

Troxler-målinger udført på murværket fra udvendig side. Hver nedenstående tabel angiver tælleantal for hvert målepunkt for de forskellige datoer.

Udvendig måling 2014-10-24																
Væg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Top	34	23	21	20	19	17	18	19	42	36	50	49	36	44	44	16
Midt	21	22	18	21	17	21	18	18	42	22	37	45	19	21	21	19
Bund	28	31	25	23	18	21	23	17	19	16	24	23	21	20	23	22

Udvendig måling 2014-11-24																
Væg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Top	20	17	16	14	13	13	13	11	28	22	33	24	20	32	30	13
Midt	20	19	16	18	15	15	17	13	25	20	28	34	14	18	16	13
Bund	22	25	24	19	16	19	17	13	12	15	22	19	16	17	20	18

Udvendig måling 2015-01-09																
Væg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Top	13	12	12	9	8	9	8	8	19	14	20	18	12	19	18	11
Midt	14	15	14	14	12	11	11	12	16	12	18	20	13	13	12	12
Bund	11	13	15	11	11	12	12	10	11	13	13	14	13	14	14	14

Udvendig måling 2015-03-19																
Væg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Top	9	11	9	9	8	7	10	9	10	10	11	9	8	12	11	9
Midt	11	11	11	10	9	9	12	10	12	10	12	12	12	12	10	10
Bund	12	13	11	11	9	12	11	13	9	10	11	10	10	11	11	9

Udvendig måling 2015-09-14																
Væg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Top	9	7	7	7	8	7	7	8	9	7	9	7	7	9	8	6
Midt	9	7	8	10	8	9	9	8	7	8	9	9	7	8	10	8
Bund	11	10	12	9	11	11	9	12	10	9	11	11	10	10	11	7

Udvendig måling 2016-02-15																
Væg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Top	12	6	8	11	11	8	10	11	9	9	8	8	9	9	8	8
Midt	14	9	11	14	12	9	11	10	9	11	11	12	10	10	10	9
Bund	16	12	13	12	12	10	12	14	11	10	11	13	11	10	11	10

Udvendig måling 2017-03-16																
Væg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Top	10	9	9	9	10	9	11	9	10	9	10	9	8	10	10	9
Midt	12	11	11	13	13	11	11	11	12	12	11	11	10	10	12	10
Bund	13	13	12	13	14	12	13	13	12	12	13	11	12	11	11	11

3.1.2. Indvendige målinger

Troxler-målinger udført på murværket fra indvendig side. Hver nedenstående tabel angiver tælleletal for hvert målepunkt for de forskellige datoer.

Indvendig måling 2014-10-24																
Væg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Top	40	34	25	25	22	22	23	23	52	43	52	49	45	48	50	28
Midt	35	36	28	33	27	27	30	24	50	35	49	49	27	47	44	27
Bund	33	32	32	29	27	31	28	24	19	25	34	27	26	26	28	28

Indvendig måling 2014-11-24																
Væg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Top	24	26	17	16	12	14	16	15	39	26	41	38	25	38	36	18
Midt	23	21	20	22	17	21	18	16	32	25	40	39	19	34	27	18
Bund	24	21	25	25	20	22	19	15	14	17	25	22	19	20	20	18

Indvendig måling 2015-01-09																
Væg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Top	14	15	10	10	8	9	11	10	27	14	32	28	13	25	22	11
Midt	17	15	13	13	12	12	12	12	17	17	27	25	15	21	16	13
Bund	13	16	16	14	15	18	12	11	9	13	17	15	13	13	14	13

Indvendig måling 2015-03-19

Væg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Top	10	8	9	5	7	8	8	10	12	9	12	12	8	12	9	8
Midt	10	12	11	11	12	12	11	9	12	10	12	-	10	13	13	11
Bund	10	12	11	10	11	12	11	8	8	10	12	12	10	11	10	11

Indvendig måling 2015-09-14

Væg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Top	8	6	9	7	7	7	7	6	8	8	8	9	7	9	9	8
Midt	10	10	12	10	9	11	9	10	10	11	12	11	10	13	10	10
Bund	10	10	12	11	11	10	12	10	10	10	11	11	11	11	10	11

Indvendig måling 2016-02-15

Væg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Top	10	9	10	9	10	9	9	9	10	9	11	9	8	11	9	10
Midt	10	9	10	9	10	9	9	9	10	9	11	9	8	11	9	10
Bund	12	13	11	11	12	10	11	10	10	10	11	12	10	10	11	9

Indvendig måling 2017-03-16

Væg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Top	10	9	10	10	11	9	9	10	9	11	12	11	11	11	10	12
Midt	10	9	10	10	11	9	9	10	9	11	12	11	11	11	10	12
Bund	13	12	13	14	10	14	11	12	11	11	12	13	12	12	12	14

3.2. Skimmelsvampevækst

Der er udtaget prøver for kontrol af skimmelsvampevækst bag den indvendige isolering henholdsvis november 2017 og 2018. Samtidig er der udtaget prøver på lod- og vandrette overflader i containeren. Der er udtaget henholdsvis aftryksprøver og Mycometer®-prøver, samt enkelte tapeprøver ved prøveudtagningen november 2017.

3.2.1. Prøveudtagning - November 2017

Der er i nedenstående tabeller, Tabel 2 og Tabel 3, angivet laboratorieresultaterne for aftryksprøver og Mycometer®-værdi udtaget bag isoleringen og af støv på frie overflader mod indeklimaet. Alle prøverne er udtaget 1. november 2017.

Tabel 2 – Laboratorieresultater, aftryksprøver og Mycometer®-prøver bag indvendig isolering, november 2017

Prøve nr.	Prøveudtagningssted	CFU Skimmelsvampe	Mycometer®-værdi	Niveau
5	G8, TI-isolerende puds	- Ingen vækst	0	A
6	G9, TI-isolerende puds, med imprægnering	~40 <i>Acremonium sp.</i> 1 <i>Penicillium sp.</i>	11	A
7	G6, DTU skumbeton, med imprægnering	1 <i>Acremonium sp.</i>	0	A
8	G11, DTU skumbeton med imprægnering	~40 <i>Sporothrix sp.</i> 10 <i>Verticillium albo-atrum</i>	21	A
9	G5, DTU skumbeton uden imprægnering	1 <i>Chaetomium sp.</i> 2 <i>Penicillium sp.</i> 4 <i>Verticillium albo-atrum</i>	6	A
10	G12, DTU skumbeton uden imprægnering	12 <i>Acremonium sp.</i> 6 <i>Calcarisporium arbuscula</i> 2 <i>Penicillium sp.</i> 5 <i>Verticillium albo-atrum</i>	3	A

Tabel 3 – Laboratorieresultater, aftryksprøver og Mycometer®-prøver på frie overflader, november 2017

Prøve nr.	Prøveudtagningssted	CFU Skimmelsvampe	Mycometer®-værdi	Niveau
Ref 1	Støvprøve 1, vandret flade ved G10	>50 <i>Aspergillus versicolor</i> >50 <i>Penicillium sp.</i> 1 <i>Pseudobotrytis sp.</i>	Ikke udtaget	Ikke udtaget
Ref 2	Støvprøve 2, lodret flade ved G10	~50 <i>Aspergillus versicolor</i> 4 <i>Penicillium sp.</i>	Ikke udtaget	Ikke udtaget
Ref 3	Støvprøve 3, vandret flade ved G5	~100 <i>Aspergillus versicolor</i> >50 <i>Penicillium sp.</i> >30 <i>Acremonium sp.</i> 1 <i>Aspergillus niger</i>	Ikke udtaget	Ikke udtaget
Ref 4	Støvprøve 4, vandret flade ved G12	>100 <i>Aspergillus versicolor</i> >50 <i>Penicillium sp.</i> ~30 <i>Acremonium sp.</i> 1 <i>Alternaria sp.</i> 2 <i>Mycelia sterilia</i>	Ikke udtaget	Ikke udtaget

Tabel 4 - Analyseresultat, tapeprøve bag indvendig isolering, udtaget november 2017

Prøve nr.	Prøveudtagningssted	Sporer	Hyfer/mycelium/vækst
5	G8, TI-isolerende puds	÷	÷
6	G9, TI-isolerende puds	+	÷
7	G6, DTU skumbeton, med imprægnering	÷	÷
8	G11, DTU skumbeton med imprægnering	+	÷
9	G5, DTU skumbeton uden imprægnering	+	÷
10	G12, DTU skumbeton uden imprægnering	÷	÷

÷ ingen forekomst, + ringe forekomst, ++ moderat forekomst, +++ massiv forekomst

3.2.2. Prøveudtagning – November 2018

Der er i nedenstående tabeller, Tabel 5 og Tabel 6, angivet laboratorieresultaterne for aftryksprøver og Mycometer®-værdi udtaget bag isoleringen og af støv på frie overflader mod indeklimaet. Alle prøverne er udtaget 26. november 2018.

Tabel 5 – Laboratorieresultater, aftryksprøver og Mycometer®-prøver bag indvendig isolering, november 2018

Prøve nr.	Prøveudtagningssted	CFU Skimmelsvampe	Mycometer®-værdi	Niveau
1	G7, IQ-Therm, uden imprægnering	1 <i>Aspergillus versicolor</i>	0	A
2	G10, IQ-Therm, uden imprægnering	9 <i>Aspergillus versicolor</i> 2 <i>Penicillium sp.</i>	8	A
3	G4, SkamoPlus, uden imprægnering	1 <i>Acremonium sp.</i> 1 <i>Aspergillus versicolor</i>	11	A
3a	G4, SkamoPlus, 3 cm fra bagvæg inde i SkamoPlus	0 Ingen vækst	2	A
4	G13, SkamoPlus, uden imprægnering	1 <i>Acremonium sp.</i> 13 <i>Aspergillus versicolor</i>	0	A
5	G2, IQ-Therm, med imprægnering	2 <i>Aspergillus versicolor</i>	6	A
6	G15, IQ-Therm, med imprægnering	5 <i>Aspergillus versicolor</i> 1 <i>Penicillium sp.</i> 1 <i>Stachybotrys chartarum</i>	2	A
7	G1, Mineraluld og dampspærre, uden imprægnering	>100 <i>Verticillium albo-atrum</i> ~30 <i>Aspergillus versicolor</i> ~30 <i>Penicillium sp.</i>	33	B
8	G5, Kingspan, uden imprægnering	6 <i>Aspergillus versicolor</i> 1 Gær	12	A
9	G6, Kingspan, med imprægnering	5 <i>Aspergillus versicolor</i> 1 <i>Cladosporium herbarum</i> 1 <i>Penicillium sp.</i>	0	A
10	G11, Kingspan, med imprægnering	16 <i>Aspergillus versicolor</i>	0	A
11	G12, Kingspan, uden imprægnering, på armeringsnet, plast	2 <i>Aspergillus versicolor</i> 1 <i>Penicillium sp.</i>	0	A

Tabel 6 - Laboratorieresultater, aftryksprøver og Mycometer®-prøver på frie overflader, november 2018

Prøve nr.	Prøveudtagningssted	CFU Skimmelsvampe	Myco-meter®-værdi	Niveau
Ref1	Støvprøve 1, vandret flade ved G10	>100 Penicillium sp. 15 <i>Acremonium sp.</i> 1 <i>Aspergillus niger</i> 15 <i>Aspergillus versicolor</i>	Ikke udtaget	Ikke udtaget
Ref2	Støvprøve 2, lodret flade ved G10	~50 Aspergillus versicolor ~30 <i>Penicillium sp.</i> ~30 <i>Sporothrix sp.</i>	Ikke udtaget	Ikke udtaget
Ref3	Støvprøve 3, vandret flade ved G5	~50 Penicillium sp. 1 <i>Rhizopus nigricans</i>	Ikke udtaget	Ikke udtaget
Ref4	Støvprøve 4, vandret flade ved G15	>100 Penicillium sp. 25 <i>Acremonium sp.</i> 1 <i>Alternaria sp.</i> 1 <i>Aspergillus fumigatus</i> 4 <i>Aspergillus niger</i> 1 <i>Aspergillus wentii-grp.</i>	Ikke udtaget	Ikke udtaget
Ref5	Støvprøve 5, lodret flade ved G15	~50 Aspergillus versicolor 2 <i>Aspergillus melleus</i> 3 <i>Cladosporium herbarum</i> 15 <i>Penicillium sp.</i>	Ikke udtaget	Ikke udtaget

4. Vurdering

4.1. Troxler-målinger

Efter test murene i mock-up var opførte, har Teknologisk Institut udført Troxler-målinger, efter hver måling har der været udfærdiget et kort notat omkring observationer og vurderinger. Disse observationer og vurderinger er angivet i de følgende afsnit for perioden den 24/10-2014 til 19/3-2015.

4.1.1. Observationer og vurderinger d. 24/10-2014

I containeren var der opsat to "små" varmeblæsere en i hver ende, de blæste begge mod midten af containeren. I hver gavl af containeren var der opsat en friskluftsventil. Umiddelbart virkede luftskiftet meget begrænset i containeren. Der blev et enkelt sted udført en måling af temperatur og relativ luftfugtighed, som viste en relativ luftfugtighed på ca. 85 % ved 18 °C. Der skal dog ikke lægges for meget i, da det kun er en enkelt hurtig måling.

Der blev på den indvendige side af muren og skillevæggen målt GANN-tælleletal på 100-150. Laveste GANN-tælleletal på skillevæggen.

Det blev oplyst af Tommy Odgaard, at containeren havde "sat" sig pga. af manglende understøtning. Dette havde resulteret i at enkelte murede skillevægge havde slået revner.

Endvidere oplyste Tommy Odgaard, at der har været trængt vand ind fra "taget" af containeren og ned i murene. Dette er nu forhåbentligt udbedret ved, at der er lagt et interimistisk (presenning) tag over selve containeren. Det er primært på murene 9 til 16 hvor der er trængt vand ind. Ved målingerne den 24. oktober 2014 var der frit vand på plastmembranen over muren nr. 16.

Det er Teknologisk Instituts vurdering, at det ikke vil være forsvarligt at påbegynde opsætningen af den indvendige isolering på murene. Af måleresultaterne herover fremgår det tydeligt, at murværket over store områder fortsat har et relativt højt fugtniveau, hvilket vurderes at skyldes en kombination af dels manglende hærdning og dels en utilsigtet opfugtning på grund af udefra kommende fugt. Endvidere har tætheden af containeren medvirket til, at udtørningshastigheden ikke har været optimal.

For at "hjælpe" udtørringen anbefales det, at den ene friskluftsventil udskiftes med en mekanisk ventilator, så der vil være et konstant og kontrolleret luftskifte af containeren kombineret med en normal opvarmning ca. 20-22 °C.

4.1.2. Observationer og vurderinger d. 24/11-2014

Der er udvendigt forenden af de skrånede tildækninger, ophængt presenning hvormed der er skabt en form for telt på den udvendige side af murene. I den ene ende af "teltet" er der opsat en 9 kW varmeblæser, som blæser varmluft ud i "teltet".

Inde i containeren er der i modsat ende af døren opsat en baderumsventilator, som sørger for et konstant luftskifte af containeren.

De skillevægge som var revnet i forbindelse med sætningen af selve containeren, er blevet udbedret den 17. november 2014.

I forhold til målingerne den 24. oktober 2014 ses det, at alle måleværdierne er faldende, dog er det Teknologisk Instituts vurdering, at det ikke vil være forsvarligt at påbegynde opsætningen af den indvendige isolering på murene.

Det foreslås, at der igen udføres Troxler målinger i starten af det nye år, hvor det umiddelbart vurderes, at murene er tilstrækkeligt tørre til at igangsætte den indvendige isolering.

4.1.3. Observationer og vurderinger d. 09/01-2015

På baggrund af de udførte målinger, er det Teknologisk Instituts vurdering, at murene med nummer 1-8 (mod SV), samt mur nr. 10, 13 og 16, er tilstrækkeligt udtørret til at man kan påbegynde den indvendige isolering. For de resterende mure vil det ikke være forsvarligt at påbegynde opsætningen af den indvendige isolering. Det er dog Teknologisk Instituts samlet vurdering, at der ikke skal påbegyndes opsætning af indvendig isolering før alle vægge er tilstrækkeligt nedtørret, så der opnås så vidt muligt en ensartet start for alle murene. Desuden vil en påbegyndelse af opsætningen medføre, at udtørringen af de resterende vægge bliver nedsat, da udtørringsforholdene vil blive ændret.

Det foreslås, at der igen udføres Troxler målinger om 3-4 uger, for vurdering af udtørringen.

4.1.4. Observationer og vurderinger d. 19/03-2015

Der er på væg nr. 2, 4, 7, 10, 13 og 15 opsat den indvendige isolering. Dette vil sige, at de indvendige målinger er for disse vægge, er udført direkte på det opsatte isoleringsmateriale.

Der på væg nr. 12 ikke udført måling et enkelt sted pga. den ikke var tilgængelig.

På baggrund af de udførte målinger, er det Teknologisk Instituts vurdering, at alle murene er tilstrækkeligt nedtørret til, at man kan påbegynde den indvendige isolering.

Det anbefales, at der i forbindelse med fjernelse af den udvendige afdækning, etableres drypnæser over murene og, at der opsættes en tagrende så regnvand for containerens tag ikke løber direkte ned i murene.

Det anbefales, at når alt isoleringen er opsat, at der udføres en Troxler-måling for at have startværdien.

4.1.5. Middelværdier for hver måling

Der er i nedenstående tabeller vist middelværdierne for begge måledatoer for de forskellige målehøjder.

Udvendig måling	2014-10-24	2014-11-24	2015-01-09	2015-03-19	2015-09-14	2016-02-15	2017-03-16
Top	31	20	13	10	8	9	9
Midt	24	19	14	11	8	11	11
Bund	22	18	13	11	10	12	12

Indvendig måling	2014-10-24	2014-11-24	2015-01-09	2015-03-19	2015-09-14	2016-02-15	2017-03-16
Top	36	25	16	9	8	10	10
Midt	36	25	16	11	11	10	10
Bund	28	20	14	11	11	11	12

4.2. Skimmelsvampevækst

4.2.1. Prøveudtagning – November 2017

Der blev udtaget 4 støveprøver. Tre af prøverne (Ref1 - Ref3) blev udtaget før oplukning i vægkonstruktionerne. Den sidste støvprøve (Ref4) blev taget efter oplukning og endt prøvetagning af de isolerede vægge som reference.

I hver af de 6 vægge hvor den indvendige isolering skulle nedtages, blev der boret et Ø 100 mm hul i en højde af ca. 1,7 m over gulv og ca. midt på vægfladen. Der blev udtaget en aftryksprøve, en tapeprøve og en Mycometer®-prøve fra hver væg på murværket/tandspartlen bag den indvendig isolering (P5-P10).

På baggrund af analyseresultaterne kunne der ikke umiddelbart konstateres skimmelsvampevækst bag nogen af de 6 undersøgte vægge. Dog blev der, ved aftryksprøver, fundet forhøjede antal levedygtige spore på væg G9 og G11 domineret af hhv. *Acremonium* sp. og *Sporothrix* sp. der begge er typiske bygningsrelaterede svampearter. Det bør bemærkes at aftryksprøverne udtaget bag de indvendige isoleringer viser en atypisk artssammensætning for normalt støv, samt at der er ugunstige forhold for vækst bag isoleringen hvilket tilsammen indikerer at der kan være begyndende vækst på prøveudtagningsstedet eller i umiddelbar nærhed heraf.

Støvprøverne, der blev udtaget både før og efter oplukning i væggene, viser høje niveauer af skimmelsvampe. De er alle domineret af *Aspergillus versicolor* og *Penicillium* sp. som er typisk bygningsrelaterede svampearter. Dette resultat tyder på vækst af disse skimmelsvampe et sted i containeren, formentlig på krydsfinerpladen der fungerer som gulvkonstruktion. Det vurderes ikke umiddelbart, at der er en sammenhæng mellem de udtagne prøver i støvet og bag den indvendige isolering. Ej heller på væg 9 og 11, hvor der er konstateret høj forekomst af skimmelsvampesporer.

4.2.2. Prøveudtagning – November 2018

Der blev udtaget 5 støveprøver (Ref1 - Ref5) før oplukning i vægkonstruktionerne. Der blev ikke udtaget prøve efter oplukning og endt prøvetagning af de isolerede vægge. Da erfaringerne for sidste prøveudtagning ikke viste forskel.

I hver af de 11 vægge, blev der boret et Ø 100 mm hul i en højde af ca. 0,5 m over gulv og ca. midt på vægfladen. Der blev udtaget en aftryksprøve og en Mycometer®-prøve fra hver væg på murværket/tandspartlen bag den indvendig isolering (P1-P11).

På baggrund af analyseresultaterne kunne der ikke umiddelbart konstateres skimmelsvampevækst bag de 11 undersøgte vægge. Dog blev der, ved aftryksprøver, fundet forhøjede antal levedygtige spore på væg G1 domineret af hhv. *Verticillium alboatrum* og *Aspergillus versicolor* der begge er typiske bygningsrelaterede svampearter. Det bør bemærkes at aftryksprøverne udtaget bag de indvendige isolering viser en atypisk artssammensætning for normalt støv, hvilket kan indikerer at der kan være begyndende vækst på prøveudtagningsstedet eller i umiddelbar nærhed heraf.

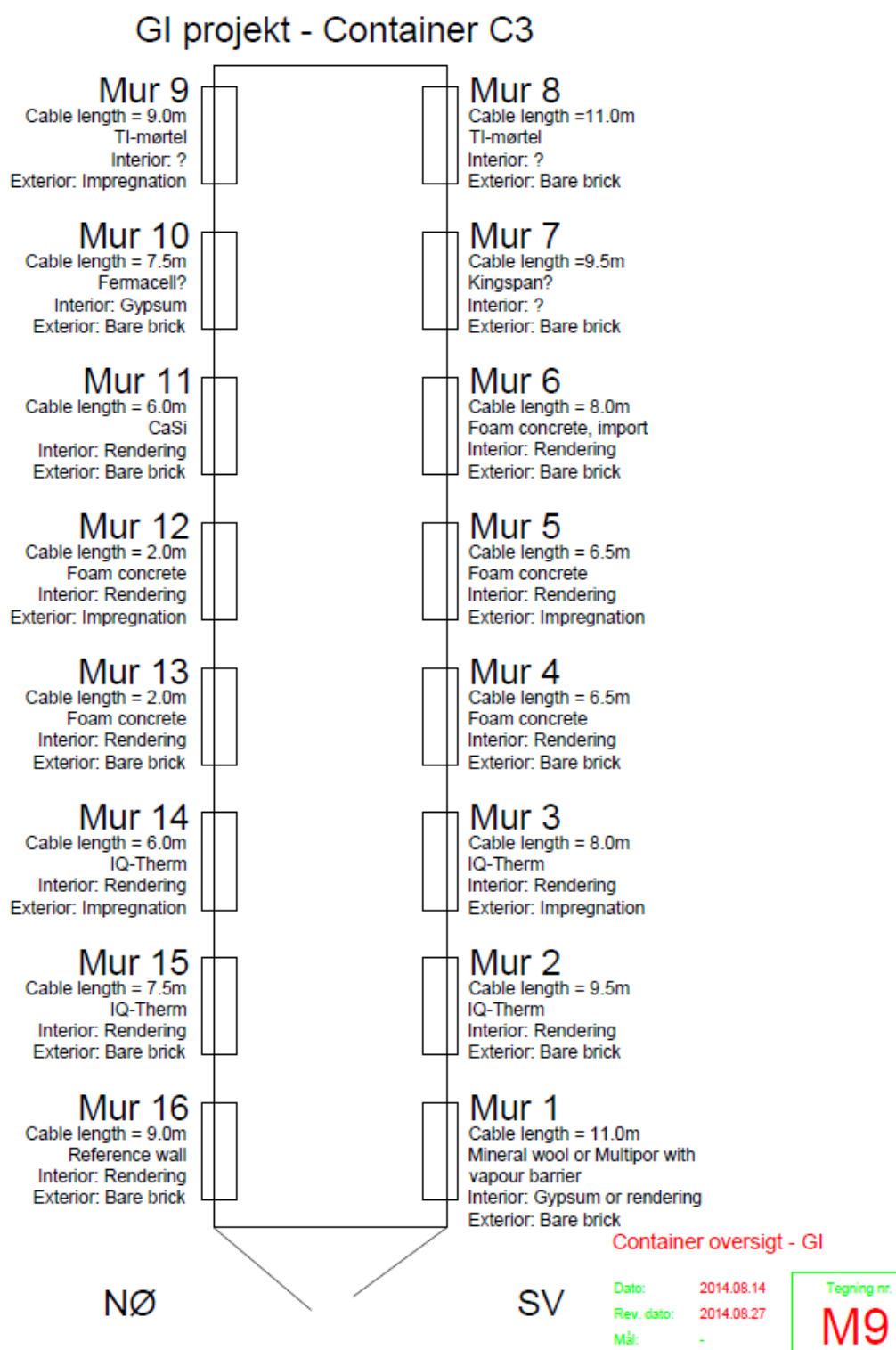
Som ved prøveudtagningen november 2017, viser støvprøverne et højt niveau af skimmelsvampe. De er alle domineret af *Aspergillus versicolor* og *Penicillium* sp. som er typisk bygningsrelaterede svampearter. Det vurderes ikke umiddelbart, at der er en sammenhæng mellem de udtagne prøver i støvet og bag den indvendige isolering.

4.2.3. Samlet vurdering for skimmelsvampevækst

For at udforme en endelig vurdering af risikoen for skimmelsvampevækst bag de indvendige efterisoleringer og vurdere analyseresultaterne af de udtagne aftryks- og Mycometer®-prøver, er det nødvendigt at (Forslag: have kendskab til fugtforholdene i prøvetagningsområderne) fugtniveauerne tages med i betragtning. Da Teknologisk Institut ikke har det loggede data for temperatur og relativ luftfugtighed til rådighed, er den samlede vurdering alene foretaget på de udtagne prøver for skimmelsvampevækst. De udtagne prøver giver indikationer af at der er en begyndende vækst for skimmelsvampe på væggene bag den indvendige isolering.

Bilag 1: Oversigt over placeringen af muren i containeren

Tegningen er udarbejdet af Tommy Odgaard



Bilag 2: Troxler målepunkter på muren

Tegningerne er udarbejdet af Tommy Odgaard.

