

Energiteknisk bæredygtighedsoptimering

- et FoU-projekt på EASV



ERHVERVS
AKADEMI
SYDVEST

Bygningskonstruktøruddannelsen

Indhold

Indledning	1
Rapporter og emner	1
Rapporter	1
Emner	2
Forsøgsopstillinger og metoder	4
Guarded Hot Box	4
Indledning	4
Teknisk beskrivelse	8
Forsøgsrække	12
RSP7 - Lecaterm Plus blokke:	12
RSP17 - U-værdier i inhomogene konstruktioner:	12
RSP19 - Linjetabet for slidsede stållægter:	13
RSP22 - Varmetab i krydspunkt:	13
RSP25 - U-værdi ReBLOCK:	14
RSP34 - Forsøg med Guarded Hot Box:	14
RSP36 - Linjetab omkring vinduer:	15
Thermal Wall	17
Indledning	17
Teknisk beskrivelse	18
Forsøgsrække	19
RSP31 - Temperatur- og fugtforløb i lette ydervægge.	19
Tagrum	20
Indledning	20
Teknisk beskrivelse	22
Forsøgsrække	24
Dampdiffusion	24
Indledning	24
Teknisk beskrivelse	25
Forsøgsrække	27
RSP14 - Måling af dampdiffusion:	27
RSP23 - Måling af dampdiffusion og kapillarbrydningsevne af InotanPUR:	27
RSP32 - Efterisolering med papiruldsgranulat uden dampspærre	28

Lyd og akustik	28
Indledning	28
Teknisk beskrivelse	29
Forsøgsrække	30
RSP6 – Luftlydsmåling i træetageadskillelser:	30
RSP15 – Luftlyd gennem skillevægskonstruktioner:	31
RSP28 - Lydgennemgang i ReBLOCK vægssystem:	32
RSP37 - Luftlyd gennem skillevægskonstruktion – El-installationer:	33
Dagslys	33
Indledning	33
Teknisk beskrivelse	34
Forsøgsrække	34
RSP4 - Overtemperatur og dagslysfaktor:	34
RSP9 – Måling og sammenligning af dagslysfaktor:	35
RSP12 - Dagslysfaktor i etageboliger med svalegang	35
RSP35 – Dagslysfaktor	36
Perspektivering	36
Linjetab – relaxationsmetoden	36
Indledning	36
Teknisk beskrivelse	36
Forsøgsrække	36
RSP8 - Linjetab i IBFs Lecaterm Plus blok:	36
RSP13 - 2-dimensionale varmemstrømme:	37
RSP16 - Verificering af relaxationsmetoden:	38
RSP24 - Linjetab:	38
RSP29 - Let facadeelement på IBF Lecaterm Plus blokke:	38
Diverse	39
Indledning	39
Teknisk beskrivelse	39
Forsøgsrække	39
RSP1 - Termisk indeklime – Løsningsproblematikker:	39
RSP2 - DGNB:	40
RSP3 - BPI:	40
RSP5 - Gasser i indeklime:	40

RSP10 - Utilstrækkelig opvarmning i nordvendt rum:	41
RSP11 - Absorbering, forsinkelse og nedsivning af regnvand i byområder:.....	41
RSP18 - Skybrudssikring af danske byer:.....	42
RSP20 - EPS polystyren-beton:	42
RSP21 - Bæredygtigt byggeri med fokus på DGNB og indeklima:	42
RSP26 - Energoptimering af eksisterende bygninger - efterisolering af ydervægge:.....	43
RSP27 - Absorbering af regnvand på tagflader:	43
RSP30 - Bygningsreglementets stramning af energikravs miljøpåvirkninger:	43
RSP38 - Passivhuse:	44
Praktiske forhold	45
It-mæssige informationer	45
Programmer til dataudtræk	45
Program til dataudtræk fra Guarded Hot Box	45
Program til dataudtræk fra Thermal Walls	46
Data fra tagrumsforsøg.....	46

Indledning

I denne rapport beskrives FoU-projektet *Energiteknisk bæredygtighedsoptimering* der blev udført på EASV i perioden fra 1. juli 2015 til 31. juni 2021.

Det var projektets formål at undersøge en række mulige, energibesparende foranstaltninger i dansk byggeri i en bæredygtig kontekst.

De behandlede emner er opstået på baggrund af forslag fra erhvervslivet, undervisere og bygningskonstruktørstuderende på EASV.

Samarbejdspartnerne har været:

- Virksomheder fra det lokale erhvervsliv.
- Bygningskonstruktørstuderende på EASV.
- Studerende fra andre studier på EASV.
- Undervisere fra bygningskonstruktørstudiet på EASV.
- Undervisere fra andre uddannelser på EASV.

Rapporter og emner

Rapporter

Bygningskonstruktørstuderende på EASV har udført følgende rapporter:

Rapportnr.	Rapporttitel
RSP1	Termisk indeklima – Løsningsproblematikker
RSP2	DGNB
RSP3	BPI
RSP4	Overtemperatur og dagslysfaktor
RSP5	Gasser i indeklima
RSP6	Luftlydsmålinger i træetageadskillelser
RSP7	Lecaterm Plus blokke
RSP8	Linjetab i IBFs Lecaterm Plus blokke
RSP9	Måling og sammenligning af dagslysfaktor
RSP10	Utilstrækkelig opvarmning i nordvendt rum
RSP11	Absorbering, forsinkelse og nedsivning af regnvand i byområder
RSP12	Dagslysfaktor i etageboliger med svalegang
RSP13	2-dimensionale varmestrømme
RSP14	Måling af dampdiffusion
RSP15	Luftlyd gennem skillevægskonstruktioner
RSP16	Verificering af relaxationsmetoden
RSP17	U-værdier i inhomogene konstruktioner
RSP18	Skybrudssikring af danske byer
RSP19	Linjetabet for slidsede stållægter
RSP20	EPS polystyren-beton
RSP21	Bæredygtigt byggeri med fokus på DGNB og indeklima
RSP22	Varmetab i krydspunkt
RSP23	Måling af dampdiffusion og kapillarbrydningsevne af InotanPUR
RSP24	Linjetab

Rapportnr.	Rapporttitel
RSP25	U-værdi ReBLOCK
RSP26	Energioptimering af eksisterende bygninger - efterisolering af ydervægge
RSP27	Absorbering af regnvand på tagflader
RSP28	Lydgennemgang i ReBLOCK vægssystem
RSP29	Let facadeelement på IBF Lecaterm Plus blokke
RSP30	Bygningsreglementets stramning af energikravs miljøpåvirkninger
RSP31	Temperatur- og fugtforløb i lette ydervægge
RSP32	Efterisolering med papiruldsgranulat uden dampspærre
RSP33	Ventilerede tagrum
RSP34	Forsøg med Guarded Hot Box
RSP35	Dagslysfaktor
RSP36	Linjetab omkring vinduer
RSP37	Luftlyd gennem skillevægskonstruktion – EI-installationer
RSP38	Passivhuse
RSP39	Installation af temperatur og fugtfølere i tagrum

Tabel 1 - Rapportoversigt

Rapporternes kvalitet er selvfølgelig svingende og der kan være fejl i rapporterne.

Emner

De behandlede emner i rapporterne udført af de studerende kan opdeles i *delemner* og *underemner* hvoraf de væsentligste er oplistet her:

Energiteknisk bæredygtighedsoptimering			
	Guarded Hot Box:		
	Lecaterm Plus blokke		RSP7
	U-værdier i inhomogene konstruktioner		RSP17
	Linjetabet for slidsede stållægter		RSP19
	Varmetab i krydspunkt		RSP22
	U-værdi ReBLOCK		RSP25
	Forsøg med Guarded Hot Box		RSP34
	Linjetab omkring vinduer		RSP36
	Thermal Wall:		
	Temperatur- og fugtforløb i lette ydervægge		RSP31
	Tagrumsmålinger:		
	Ventilerede tagrum		RSP33
	Installation af temperatur og fugtfølere i tagrum		RSP39
	Dampdiffusion		
	Måling af dampdiffusion		RSP14
	Måling af dampdiffusion og kapillarbrydningsevne af InotanPUR		RSP23
	Efterisolering med papiruldsgranulat uden dampspærre		RSP32
	Lyd- og akustik:		
	Luftlydsmålinger i træetageadskillelser		RSP6

Energiteknisk bæredygtighedsoptimering		
	Luftlyd gennem skillevægskonstruktioner	RSP15
	Lydgennemgang i ReBLOCK vægssystem	RSP28
	Luftlyd gennem skillevægskonstruktion – EI-installationer	RSP37
	Dagslys	
	Overtemperatur og dagslysfaktor	RSP4
	Måling og sammenligning af dagslysfaktor	RSP9
	Dagslysfaktor i etageboliger med svalegang	RSP12
	Dagslysfaktor	RSP35
	Linjetab - relaxationsmetoden	
	Linjetab i IBFs Lecaterm Plus blok	RSP8
	2-dimensionale varmestrømme	RSP13
	Verificering af relaxationsmetoden	RSP16
	Linjetab	RSP24
	Let facadeelement på IBF Lecaterm Plus blokke	RSP29
	Diverse:	
	Termisk indeklima – Løsningsproblematikker	RSP1
	DGNB	RSP2
	BPI	RSP3
	Gasser i indeklima	RSP5
	Utilstrækkelig opvarmning i nordvendt rum	RSP10
	Absorbering, forsinkelse og nedsivning af regnvand i byområder	RSP11
	Skybrudssikring af danske byer	RSP18
	EPS polystyren-beton	RSP20
	Bæredygtigt byggeri med fokus på DGNB og indeklima	RSP21
	Energioptimering af eksisterende bygninger - efterisolering af ydervægge	RSP26
	Absorbering af regnvand på tagflader	RSP27
	Bygningsreglementets stramning af energikravs miljøpåvirkninger	RPS30
	Passivhuse	RSP38

Tabel 2 - Emneoversigt

Den energimæssige bæredygtighed i de enkelte forsøg er ikke beskrevet fuldt ud i nedenstående gennemgang af forsøgsrækkerne – der henvises til rapporterne vedrørende dette forhold.

Forsøgsopstillinger og metoder

I forbindelse med FoU-projektet er der udført en række blivende og midlertidige forsøgsopstillinger – samt ”beregningsforskrifter” – det vil sige udvikling af beregningsmetoder og software – samt anvendelse af gængse beregningsmetoder og software:

1. Guarded Hot Box.
2. Thermal Wall.
3. Tagrum.
4. Dampdiffusion.

Guarded Hot Box

Indledning

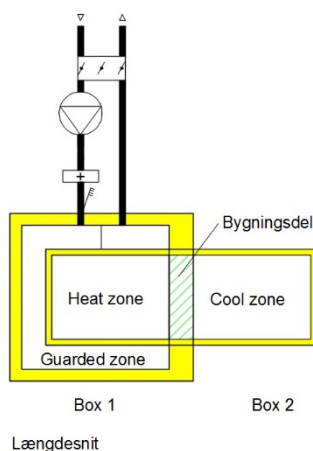
Planerne om at bygge en guarded hot box opstod i januar 2016 og var drevet af et ønske om at kunne måle varmetab gennem bygningskonstruktioner.

Varmetab gennem bygningskonstruktioner er et centralt emne i dansk byggeri og dermed også på EASVs bygningskonstruktørstudie. Inden opførelse af opvarmede bygninger skal varmetabet fastlægges – tilligemed byggematerialers varmetab og isoleringsevne under en lang række forhold.

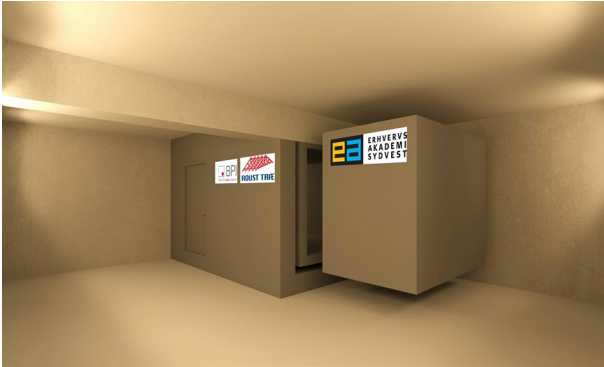
Der findes teorier og beregningsmetoder til fastlæggelse af varmetab. De eksisterende teorier og metoder er dækkende for en række bygningskonstruktioner, mens det for andre er vanskeligere eller umuligt at fastlægge teoretisk. Med en guarded hot box er det muligt at måle varmetabet gennem såvel de bygningskonstruktioner hvor det er enkelt at beregne som mange af de bygningskonstruktioner, hvor det er vanskeligt eller umuligt.

Der findes ikke mange guarded hot boxes i Danmark, men Ålborg Universitet i Ålborg har 3 forskellige. Derfor besøgte tre undervisere fra EASV Ålborg Universitet den 24. februar 2016. Lektor Rasmus Lund Jensen viste rundt på Aalborg Universitets laboratorium mens han fortalte om deres guarded hot boxes.

Efter turen til Ålborg Universitet tog planerne på EASV fart. Der blev udarbejdet tekniske tegninger, et kælderrum på EASV blev ryddet så der var plads til en guarded hot box, det tekniske måleudstyr blev funktionsbeskrevet osv.



Figur 1 - Principtegning af Guarded Hot Box



Figur 2 - Visualisering af Guarded Hot Box på EASV

Herefter kunne der lægges et budget. Omkostningerne var relativt begrænsede:

- Et hold bygningskonstruktørstuderende tog sig af oprydningen af kælderrum mod en gratis frokost i EASVs kantine.
- En række sponsorer tilbød at levere materialer uden beregning:
 - Roust Træ leverede træ og krydsfiner.
 - Qubiqa leverede undervogn til cool zone.
 - BPI leverede isoleringsmateriale.
 - Lindab leverede ventilationskomponenter.
 - Alfix leverede vådrumssikring.
- Bygningskonstruktørstuderende udførte byggearbejdet af Guarded Hot Box sammen med et par undervisere på bygningskonstruktørstudiet.
- Måleudstyret blev indkøbt.

27. maj 2016 blev de første materialer leveret.



Foto 1 - De første materialer er leveret på EASV

6. juni 2016 påbegyndte en gruppe bygningskonstruktørstuderende byggearbejdet.



Foto 2 - Bygningskonstruktørstuderende påbegynder byggearbejdet 6. juni 2016



Foto 3 - Bygning af cool zone på undervogn påbegyndes 22. august 2016



Foto 4 - 2 bygningskonstruktørstuderende monterer ventilationsanlægget 14. oktober 2016



Foto 5 - Bygningskonstruktørstuderende udfører vådrumssikring 21. oktober 2016

31. oktober 2016 kunne daværende uddannelses- og forskningsminister Ulla Tørnæs indvi Guarded Hot Box på EASV.



Foto 6 - Daværende uddannelses- og forskningsminister Ulla Tørnæs indvier Guarded Hot Box

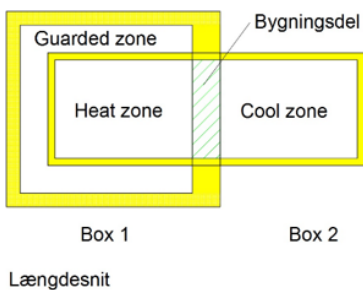


Foto 7 - Det færdige anlæg under testfasen 6. januar 2017



Foto 8 - 2 bygningskonstruktørstuderende fortæller om EASVs Guarded Hot Box på Akademikernes Årsmøde på Børsen i København 28. marts 2017

Teknisk beskrivelse



Figur 3 - Principskitse af Guarded Hot Box

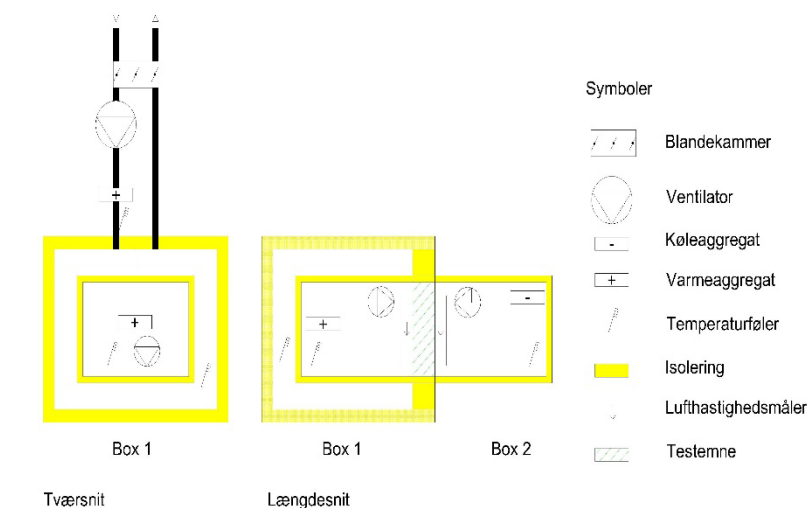
Guarded Hot Box på EASV består af tre særskilte zoner, fordelt på to bokse:

- Box 1:
 - Heat zone
 - Guarded zone
- Box 2:
 - Cool zone

Den bygningskonstruktion eller det materiale, der skal testes, placeres mellem *Heat zone* i *Box 1* og *Cool zone* i *Box 2*.

Luften i *Heat zone* opvarmes og den tilførte varmemængde måles. Luften i *Cool zone* nedkøles ved hjælp af et køleanlæg.

Guarded zone forhindrer varmetab fra *Heat zone* til de forkerte steder, sådan at varmetabet kun sker gennem testelementet fra *Heat zone* - til *Cool zone*.



Figur 4 - Teknisk skitse af Guarded Hot Box

Bestykning:

Box 1 – Heat zone:

- Varmeaggregat
- Omrøringsventilator
- 2 temperaturfølere
- Lufthastighedsmåler
- El-energimåler

Box 1 – Guarded zone:

- Ventilator
- Varmeflade
- Temperaturføler

Box 2 – Cool zone:

- Køleaggregat
- Omrøringsventilator
- 2 temperaturfølere
- Lufthastighedsmåler
- El-energimåler

Måleprincip:

- Bygningssdelen der ønskes testet placeres i overgangen mellem *Box 1 – Heat zone* og *Box 2 – Cool zone*.
- *Box 1 – Heat zone* opvarmes til ønsket temperatur - fx 20°C. Den ønskede temperatur fastholdes under hele testforløbet.
- *Box 1 – Guarded zone* opvarmes til samme temperatur som *Box 1 – Heat zone* – og denne temperatur fastholdes under hele testen.
- *Box 2 – Cool zone* nedkøles til ønsket temperatur – fx -12°C. Den ønskede temperatur fastholdes under hele testforløbet.
- El-effekten til opvarmning af *Box 1 – Heat zone* måles løbende af el-energimåleren.
- Når el-effekten i *Box 1 – Heat zone* bliver konstant måles effekten.
- Bygningssdelens U-værdi (transmissionskoefficient = varmeledningsevne) beregnes ud fra den målte effekt:

$$U = \frac{\Delta\Phi_{\text{box } 1}}{\Delta t \cdot (\theta_{\text{box } 1} - \theta_{\text{box } 2}) \cdot A}$$

hvor

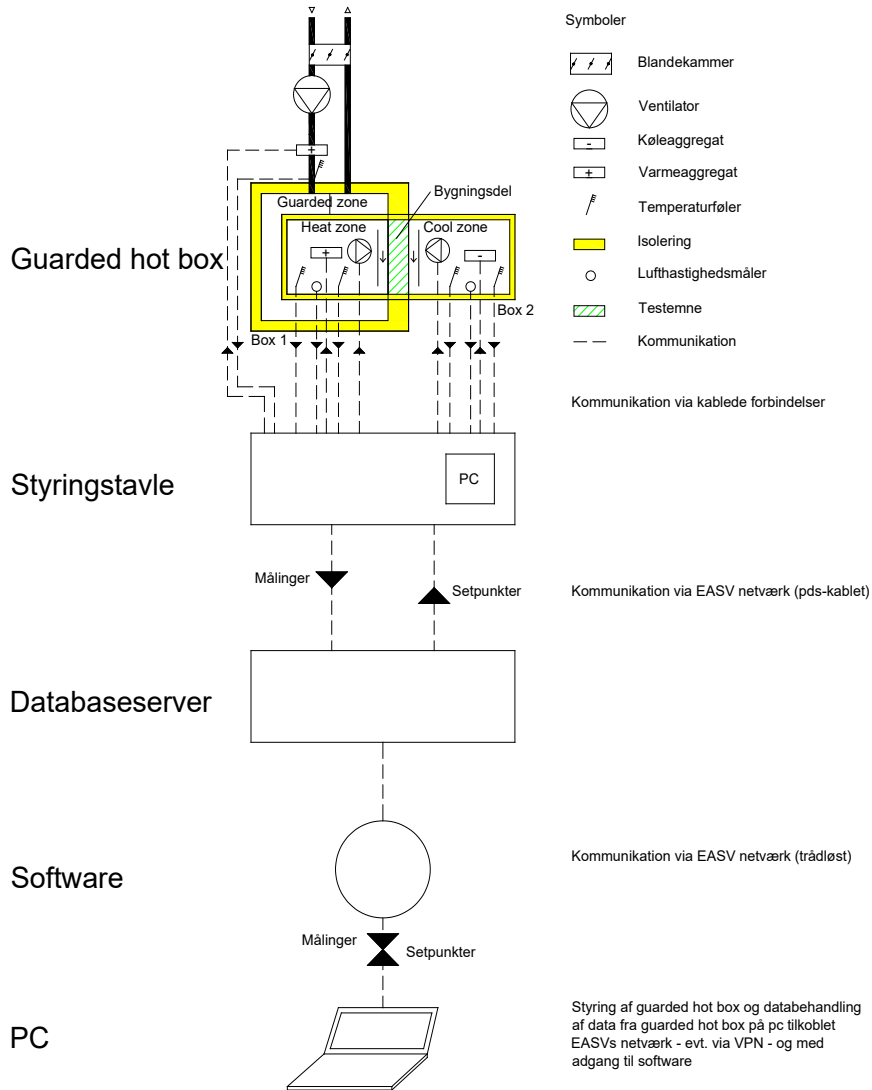
Δt	= Målingens varighed.
$\theta_{\text{box } 1}$	= Aktuell temperatur i <i>Box 1 – Heat zone</i> .
$\theta_{\text{box } 2}$	= Aktuell temperatur i <i>Box 2 – Cool zone</i> .
$\Delta\Phi_{\text{box } 1}$	= Effektförbruk i <i>Box 1 – Heat zone</i> under målingerne.
A	= Areal af testemne.

Set-værdier og måleresultater lagres på styringstavlen's harddisk.

Målefunktionen er forbundet til EASVs it-netværk – så måleresultater kan tilgås fra pc tilkoblet netværket samt via VPN-opkobling – se nedenstående systemdiagram.

Det er således muligt at indstille set-punkter for målinger samt hente måleresultater via pc tilkoblet EASVs it-netværk.

Herefter kan måleresultater udtrækkes via it-programmet *Guarded Hot Box*, der er udviklet af studerende og undervisere på EASVs IT & Medier afdeling – og herefter behandles data i Excel-programmet *Guarded hot box - hjælpesoftware*, som er udviklet af afdelingen Byggeri & Teknologi på EASV.



Figur 5 - Systemdiagram for Guarded Hot Box

Forsøgsrække

Der er blandt andet gennemført følgende forsøg i Guarded Hot Box:

RSP7 - Lecaterm Plus blokke:

Problemformulering:

1. Hvor stor en energiteknisk forbedring er Lecaterm Plus blok i forhold til den traditionelle Lecaterm blok?
2. Hvilken betydning har Lecaterm Plus blok for arbejdsmiljøet?

U-værdien for 2 vægtyper af Leca-blokke blev målt:

- Væg opmuret af 500 x 200 190 mm Lecaterm blokke.
- Væg opmuret af 2400 x 330 x 190 mm Lecaterm Plus blokke.

Rapporten indeholder tillige en vurdering af arbejdsmiljøet for de 2 bloktyper.

Desværre var der fejl i det tekniske måleudstyr. Forsøgets resultater kan derfor være forkerte. Forsøget forventes gentaget i efteråret 2020.

RSP17 - U-værdier i inhomogene konstruktioner:

Problemformulering:

Den gængse beregningsmetode til beregning af inhomogene konstruktioner jf. DS418 tager ikke højde for konstruktionsopbygning. Det er derimod en vejet middelværdi, som udregnes for det enkelte lag. Det vil være relevant at undersøge hvor stor en afvigelse, der ligger i at opdele og forskyde de lodrette søjler.

Hvordan vil målinger af U-værdier i to udvalgte, inhomogene konstruktioner afvige fra de beregnede værdier jf. DS418?



Foto 9 - Væg placeret i Guarded Hot Box

Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP19 - Linjetabet for slidsede stållægter:

Problemformulering:

1. Hvilket linjetab giver de slidsede stållægter målt i Guarded Hot Box?
2. Hvilken udvikling har slidsede stållægters linjetab i takt med forøgelsen af stållægternes bredde?

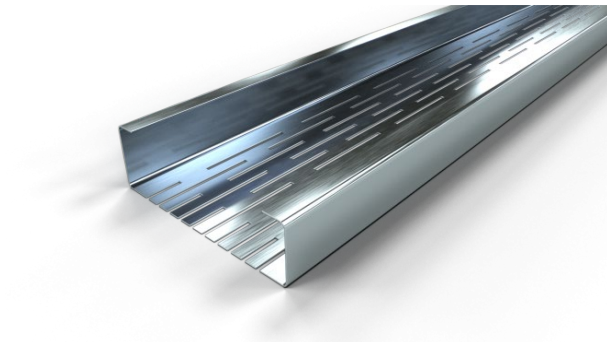


Foto 10 - Slidset stållægte

Konklusion:

1. Linjetabet er målt for slidsede stållægter med bredderne: 145, 195 og 245 mm.
2. Linjetab er aftagende i takt med forøgelsen af bredden.
3. De målte værdier er større end de efter DS418 beregnede og større end de af producenterne oplyste.

RSP22 - Varmetab i krydspunkt:

Problemformulering

1. Hvor stort er varmetabet i punktkuldebro mellem de 2 lag stål?
2. Er varmetabet i punktkuldebro på 0,08 W/K pr. kryds jf. DS418 korrekt?
3. Hvor stor forskel er der mellem teoretisk beregnet punktkuldebro og det målte?
4. Producenten af det stål, som bruges til forsøgene, har oplyst et linjetab på de anvendte, slidsede stållægter. Stemmer de oplyste værdier overens med de forsøg der blev målt i Guarded Hot Box?



Foto 11 - Væg med krydsende lægter

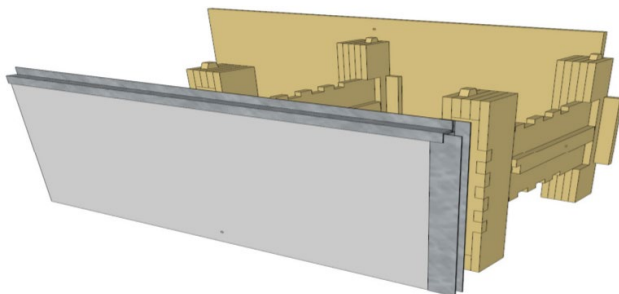
Konklusion:

1. Varmetabet er målt for kryds med lægtebredderne: 145, 195 og 245 mm.
2. Varmetabet er målt lavere end beregnet efter DS418.
3. De efter DS418 beregnede værdier er op til 35 gange højere end de målte.
4. De målte værdier svarer til de af producenten oplyste.

RSP25 - U-værdi ReBLOCK:

Problemformulering:

1. Hvilken u-værdi har ReBLOCK fra Rexcon system?
2. Hvilken forskel er der mellem den beregnede u-værdi og den testede u-værdi?
3. Er der andre tilsvarende produkter på markedet og hvilke?
4. Kan ReBLOCK konkurrere med disse produkter i u-værdi?
5. Kan ReBLOCK anvendes med hensyn til bygningsreglementet krav til u-værdi?



Figur 7 - ReBLOCK blok



Foto 12 - Væg monteres i Guarded Hot Box

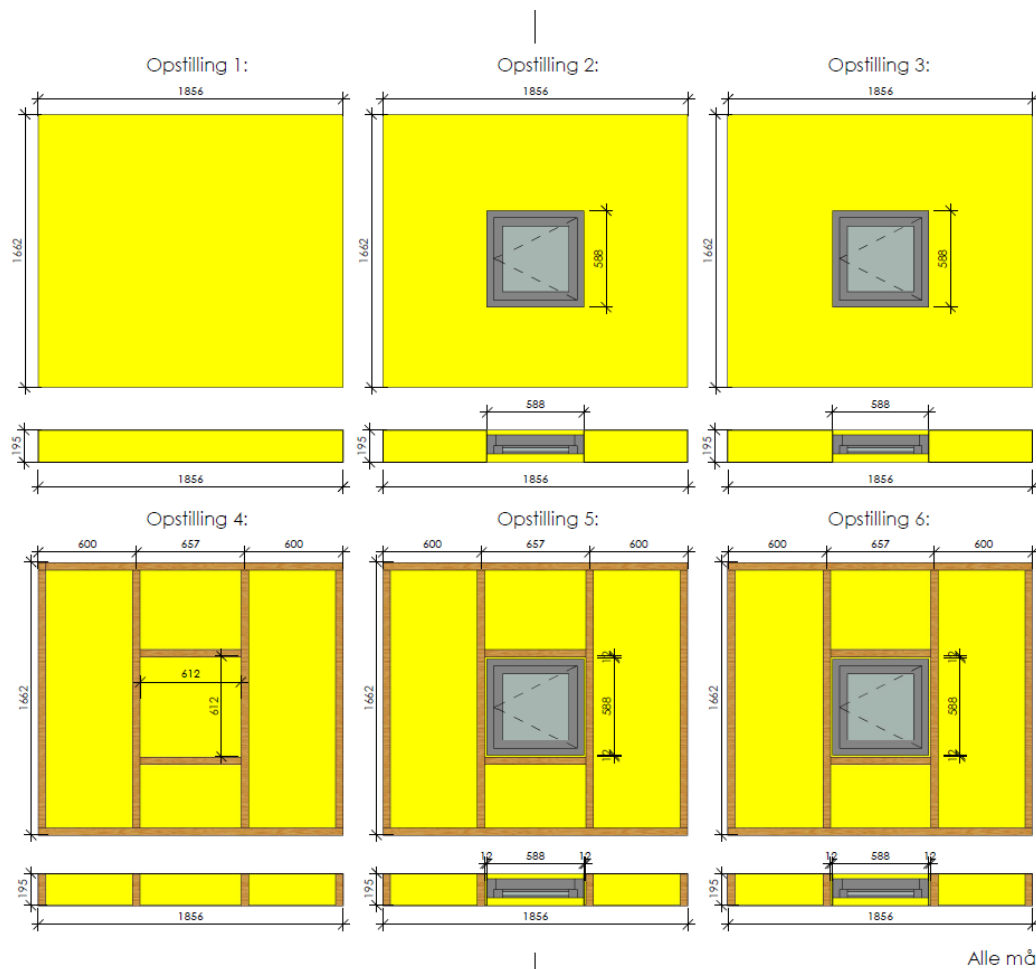
Konklusion:

1. U-værdien er målt.
2. De målte værdier er højere end de beregnede.
3. Der er et tilsvarende produkt på markedet.
4. U-værdien for de 2 produkter svarer til hinanden.
5. ReBLOCK opfylder bygningsreglementets krav.

RSP36 - Linjetab omkring vinduer:

Problemformulering:

1. Kan man bestemme linjetab ved måling?
2. Er linjetabet omkring vinduer ved måling det samme i en væg bestående udelukkende af isolering som i en væg af træskelet med isolering?
3. Stemmer målte værdier for linjetab omkring vinduer overens med DS418?



Figur 8 - 6 forsøgsopstillinger i Guarded Hot Box



Foto 13 - Forsøgsopstilling i Guarded Hot Box

Konklusion:

1. Linjetabet kan bestemmes ved måling.
2. Linjetabet er ikke det samme for de 2 vægtyper.
3. For visse vægtyper er der overensstemmelse – for andre ikke – mellem det målte og det beregnede efter DS418.

Thermal Wall

Indledning

Thermal Wall blev installeret i januar 2018 af bygningskonstruktørstuderende på EASV i 3 vinduer i den tidligere pedelbolig.



Foto 14 - Opbygning af Thermal Wall

Formålet var at måle temperatur- og fugtforhold gennem lette ydervægskonstruktioner gennem året i "rigtige" omgivelser. Herigennem skulle det fastslås, om det er den korrekte måde disse vægkonstruktioner opføres på i dagens Danmark.



Foto 15 - Thermal Wall under opførelsen

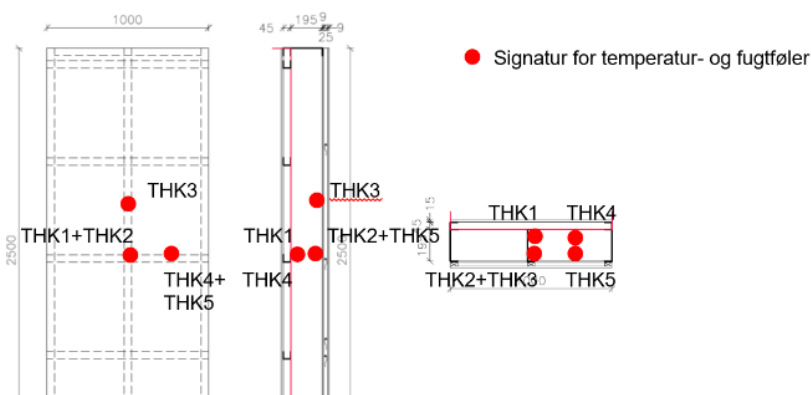
Teknisk beskrivelse

Der er indbygget 3 typer lette ydervægskonstruktioner i de oprindelige 3 vinduer:

1. Træskeletkonstruktion.
2. Stålskeletkonstruktion.
3. ReBLOCK-væg.

Væggene er opbygget som traditionelle ydervægskonstruktioner – dog består ReBLOCK-væggen delvist af et nyt produkt.

Inde i væggene – samt inde i rummet og udvendigt - er der placeret temperatur- og fugtfølere, der med et foruddefineret interval måler og registrerer temperatur og relativ fugtighed.



Figur 9 - Opstalt og snit i ydervægskonstruktion

Målefunktionen er forbundet til EASVs it-netværk – så måleresultater kan tilgås fra pc tilkoblet netværket – samt via VPN-opkobling – se nedenstående systemdiagram.

Det er således muligt at hente måleresultater via pc tilkoblet EASV it-netværk.

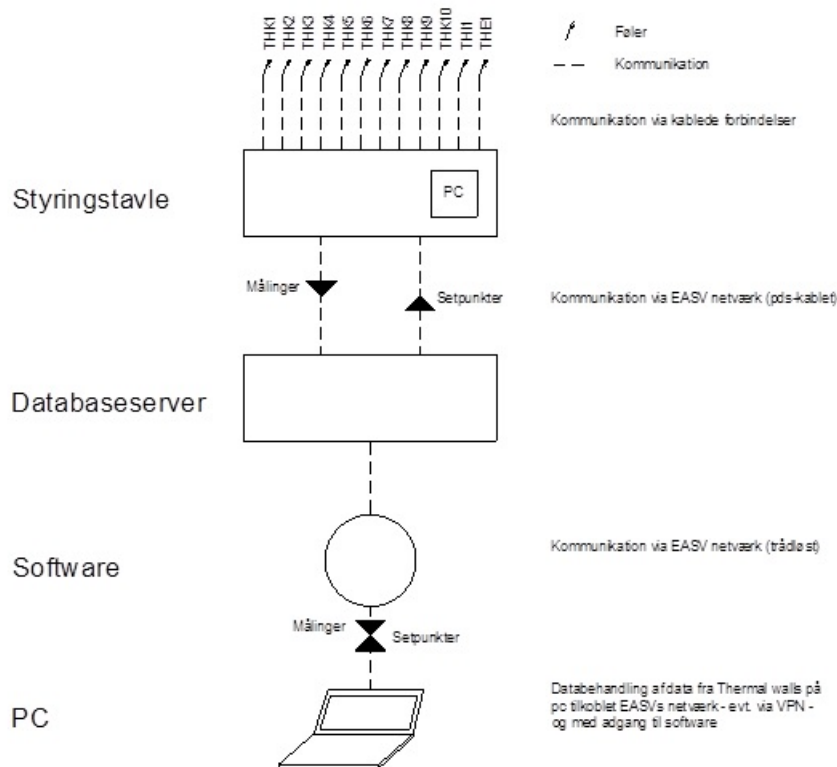
Herefter kan måleresultater udtrækkes via edb-programmet *Thermal Wall*, der er udviklet af undervisere på EASVs IT & Medier afdeling. Herfra kan data viderebearbejdes i Excel.

Bestykning:

- I alt 12 stk. kombinerede temperatur- og fugtfølere af fabrikat Vaisala HUMICAP® Humidity and Temperature Probe HMP110 til placering inde i konstruktionerne.
- 1 stk. kombineret temperatur- og fugtrumføler Pro dual KLH 100 – placeret inde i bygningen.
- 1 stk. kombineret temperatur- og fugtudføler Pro dual KLU 100 – placeret uden på bygningen.
- Målerne er koblet på EASVs it-netværk og data fra følerne overføres kontinuerligt til harddisk i styringstavle.



Foto 16 - Temperatur- og fugtmåler



Figur 10 - Systemdiagram for Thermal Wall

Forsøgsrække

Der er udarbejdet en rapport af bygningskonstruktørstuderende på EASV:

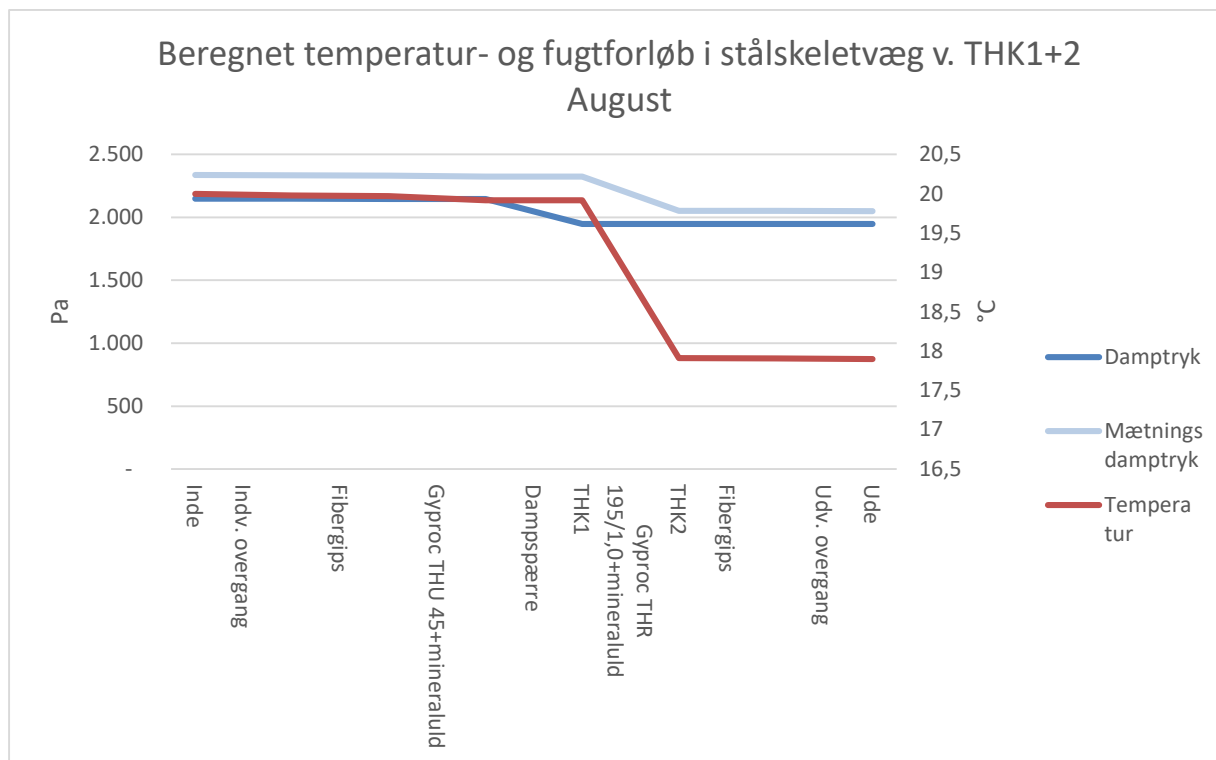
RSP31 - Temperatur- og fugtforløb i lette ydervægge.

Problemformulering:

1. Hvor er der teoretisk størst risiko for kondens i lette ydervægge?
2. Hvordan forløber temperatur og relativ luftfugtighed i forsøgsvæggene?
 - 2.1. Er der målt kondens i forsøgsvæggene?
3. Hvordan stemmer beregning af temperatur- og fugtforløbet i forsøgsvæggene overens med målingerne?

Konklusion:

Der henvises til rapporten.



Figur 11 - Fra RSP31 –Temperatur- og fugtforløb i lette vægge

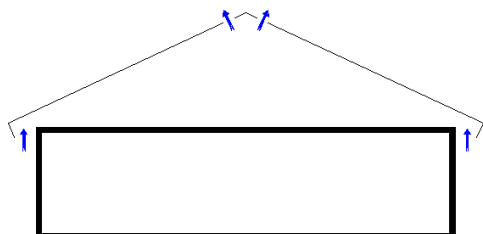
Tagrum

Indledning

Statens Byggeforskningsinstitut – SBI – udsendte i februar 2019 en mail. I mailen søgte SBI tagrum i enfamiliehuse på Sjælland hvori de kunne foretage målinger af fugt- og temperaturforhold i tagrum samt tæthed mellem beboelse og tagrum.

Formålet var at undersøge om der var den nødvendige naturlige ventilation i danske tagrum.

De tagrum SBI ville undersøge omfattede tagrum under saddeltag og med vandret loft. Målingerne skulle foretages 2 x 1 uge; en uge om vinteren og en uge om sommeren.

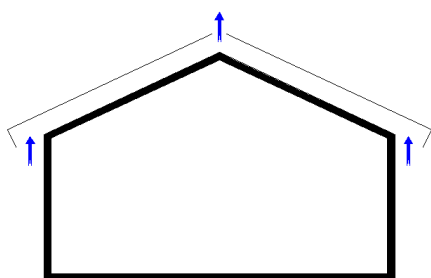


Figur 12 - Tværsnit i enfamiliehus med saddeltag og vandret loft

EASVs afdeling for Byggeri & Teknologi tog kontakt til SBI, idet EASV - som supplement til SBIs tagrumsmålinger - ønskede at gennemføre parallelforsøg lokalt i og omkring Esbjerg i tæt dialog med SBI. EASV modtog SBIs projektbeskrivelse og har siden da løbende været i dialog med SBI vedrørende projektet. Det blev aftalt, at EASV skulle fremsende forsøgsresultaterne til SBI.

EASV udvidede forsøget på især 2 punkter:

1. Målinger skulle også foretages i andre typer tagrum end den tagrumstype SBI undersøgte.
2. Målingerne skulle foregå kontinuerligt i en periode på op til et år.



Figur 13 - Tværsnit i enfamiliehus med saddeltag og parallelloft

Et eksempel på en tagrumstype der afviger fra den tagrumstype SBI undersøger er vist på figur 13.

EASVs problemformulering:

Projektets hovedspørgsmål:

Hvordan er de bygningsfysiske forhold i og omkring ventilerede tagrum i danske bygninger?

Projektets underspørgsmål:

1. Hvordan varierer temperatur- og fugtforhold i tagrum gennem året?
2. Hvordan er udvekslingen af luft og fugt mellem opvarmede rum og tagrum?
3. Er det almene tekniske fællesejes krav og anbefalinger til udluftningen af tagrum tilstrækkelige?
4. Er det almene tekniske fællesejes krav og anbefalinger til bygningers tæthed tilstrækkelige?
5. Hvilke risici er der for bygningskonstruktionernes levetid?

Der blev udvalgt i alt 12 velegnede enfamiliehuse blandt EASVs medarbejders huse til forsøget.

Der er foretaget målinger i følgende bygninger:

1. Bygning 1: Østerkrog 35, 6731 Tjæreborg
2. Bygning 2: Fengers Allé 11, 6740 Bramming
3. Bygning 3: Gabelsparken 83, 6740 Bramming
4. Bygning 4: Skjoldsgade 37, 6700 Esbjerg
5. Bygning 5: Grønningen 1K, 6740 Bramming
6. Bygning 6: Frøkærvej 14, 6710 Esbjerg V
7. Bygning 7: Kastanievej 43, 6710 Esbjerg V
8. Bygning 8: Lindholmvej 15, 6710 Esbjerg V
9. Bygning 9: Majgårds Allé 17b, Andrup, 6705 Esbjerg Ø
10. Bygning 10: Strandparken 1, 6700 Esbjerg V
11. Bygning 11: Højlunds Allé 15, 6710 Esbjerg V
12. Bygning 12: Sædding Strandvej 163, 6710 Esbjerg V

Der findes en nærmere beskrivelse af bygningerne i [Projektbeskrivelse Tagrum](#)

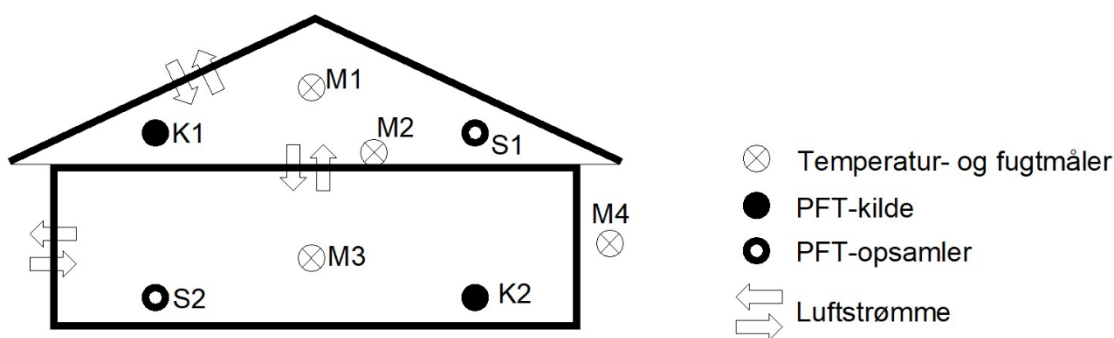
EASV igangsatte forsøget ved at starte målinger i ét tagrum (bygning 1) den 1. november 2019 kl. 0.00. Efter at det kunne konstateres, at målingerne forløb korrekt i dette tagrum, blev der opsat måleudstyr i yderligere 11 tagrum i december 2019.

Der er udarbejdet et projektforsløb ([..\Tagrum\Projektforsløb.docx](#)) hvor projektets forløb kan følges.

Teknisk beskrivelse

Måleopstilling:

1. Der installeres fugt- og temperaturmåling i tagrum: M1.
2. Der installeres fugt- og temperaturmåling i loftsisolering: M2.
3. Der installeres fugt- og temperaturmåling i opvarmet rum: M3.
4. Udetemperatur- og -fugtmåling: M4.
5. Måling af lufttransport mellem tagrum og opvarmet rum: K1, K2, S1 og S2.



Figur 14 - Måleopstilling

Måleteknik:

Temperatur- og fugtmåling (M1, M2, M3 og M4) udføres dels med Testo 174H dels med Lascar EL-USB-2 målere. Begge typer har indbyggede dataloggere.



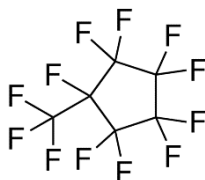
Foto 17 - Testo 174H temperatur- og fugtmåler med datalogning



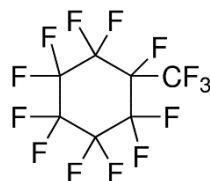
Foto 18 - Lascar EL-USB-2+ temperatur- og fugtmåler med datalogning

Lufttransportmålinger – altså tætheden mellem beboelse og tagrum - udføres som PFT-sporgasmålinger ved hjælp af følgende 2 sporgasser:

- PMCP (Perfluormethylcyclopentan):



- PMCH (Perfluormethylcyclohexan):



Der opsættes PTF-kilder med den ene type sporgas i beboelse og PTF-kilder med den anden type sporgas i tagrum – se figur 14.

Tilsvarende opsættes PTF-opsamlere i såvel beboelse som tagrum.

Det tidsrum kilder og opsamlere er i funktion noteres. Når målingen er fuldført analyseres indholdet af sporgasser, og mængden af sporgasserne optaget i PTF-opsamlerne bestemmes. På baggrund af mængden – sammenholdt med temperatur og fugtighed – bestemmes tætheden mellem beboelse og tagrum.



Foto 19 - PTF-opsamler monteret i tagrum

Forsøgsrække

Der er udført temperatur- og fugtmålinger i de enfamiliehuse der er oplyst i ovenstående afsnit. Endvidere er der udført sporgasmåling i et enfamiliehus (bygning 3). [Rapporten](#) er oversat til dansk.

Der er i skrivende stund udarbejdet rapport (RSP33 – Ventilerede tagrum) – der er afleveret i januar 2020 - af en bygningskonstruktørstuderende. Rapporten bygger på en meget kort måleperiode.

Rapportens problemformulering er som anført ovenfor – konklusionen ses i rapporten.

Dampdiffusion

Indledning

Gennem en årrække er isoleringskravene i danske bygninger steget og det øger risikoen for kondens i klimaskærmen – fx ydervægge, tage og terrændæk. Kondens – altså vand der går fra dampform til væskeform - i klimaskærmen - reducerer isoleringsevnen og kan give skader i konstruktionen – fx råd og svamp.

For at undgå skader i de bygningskonstruktioner der danner klimaskærmen skal de konstrueres så denne fugt undgås – eller i hvert fald reduceres.

Derfor er det nødvendigt at kende bygningsmaterialers evne til at reducere gennemtrængning af fugt i luftform – dvs. hvor meget vanddamp et materiale tillader at der passerer – betegnet dampdiffusionstallet.

I praksis kan dampdiffusionstallet ikke beregnes teoretisk – det skal måles. Til dette formål er der på EASV udviklet en forsøgsopstilling der kan måle dampdiffusionstallet. Forsøgsprincippet følger DS/EN ISO 10456 og 12572.

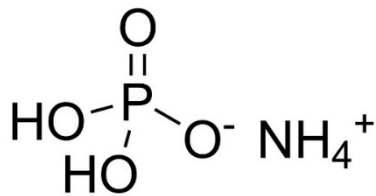
Teknisk beskrivelse

Fordampningen gennem et materiale måles i et klimakammer. Et klimakammer er – i dette tilfælde - et "rum" med konstant temperatur og luftfugtighed. Testemnerne placeres over en "kop" med saltvand og fordampningen over tiden måles som "koppens" vægttab.



Foto 20 - 4 "kopper" med saltvand og testemner øverst

Det omtalte salt i saltvandet er $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$:



Figur 15 – Saltet $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

Der er anvendt følgende komponenter i forsøgsopstillingen:

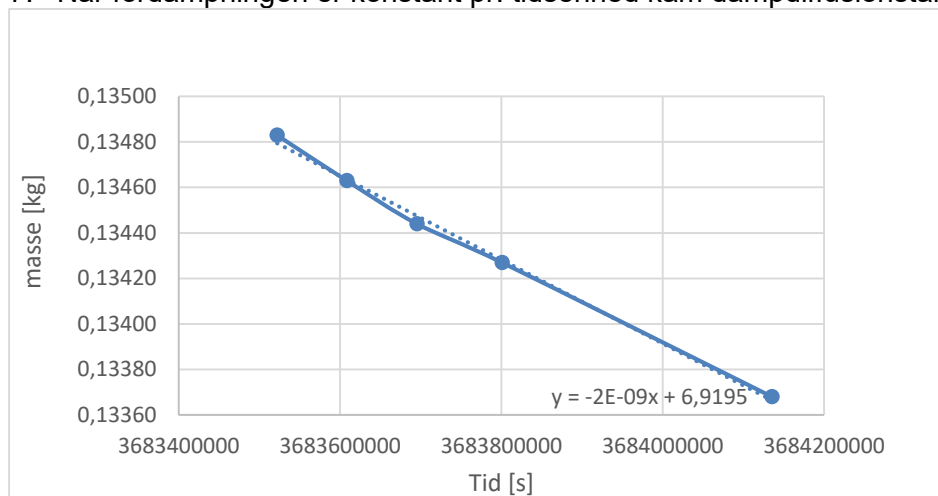
- Et brugt køleskab.
- Køleenhed fra køleboks.
- Termostat til styring af køleenhed.
- Plastikrude.
- Affaldspose.
- Gennemsigtige glasskåle.
- Temperatur- og fugtmåler.
- Affugter.
- En hængelås.
- $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$.
- Vægt.
- Demineraliseret vand.



Foto 21 – Forsøgsopstillingen i rummet med Guarded Hot Box

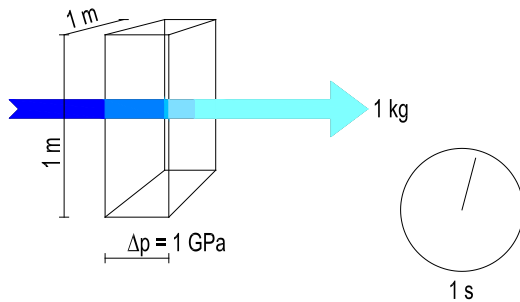
Målingerne udføres på følgende måde:

1. Saltet opløses i demineraliseret vand i et bestemt forhold angivet i DS/EN ISO 10456.
2. Saltvandet hældes i "kop".
3. Testmaterialet monteres tæt i "koppen" over saltvandet.
4. "Koppen" anbringes i klimakammeret der "sættes i gang".
5. Temperatur- og fugtforhold måles løbende.
6. "Koppens" vægt måles løbende for at fastlægge fordampningen gennem testmaterialet.
7. Når fordampningen er konstant pr. tidsenhed kan dampdiffusionstallet beregnes.



Figur 16 - "Koppens" masse målt over tid

Dampdiffusionstallet = hvor mange kg vanddamp der passerer igennem et materialelag med en tykkelse på én meter på ét sekund ved en trykforskel over laget på én GP.



Figur 17 - Princip for dampdiffusionstallet

Forsøgsrække

Der er blandt andet gennemført følgende forsøg til bestemmelse af dampdiffusionstallet:

RSP14 - Måling af dampdiffusion:

Det var under dette forsøg at måleopstillingen blev opbygget.



Foto 22 - Saltvand blandes

Problemformulering:

1. Hvordan måles dampdiffusionstallet?
2. Hvordan dokumenteres byggematerialernes fugttekniske egenskaber korrekt?
3. Hvordan er den officielle testopstilling til måling af dampdiffusion opbygget?
4. Kan der bygges en billig forsøgsopstilling der giver pålidelige resultater?

Konklusion:

1 – 3 er besvaret i rapporten.

4. Det eftervises i forsøget at det er muligt at bygge en billig forsøgsopstilling der giver pålidelige resultater.

RSP23 - Måling af dampdiffusion og kapillarbrydningsevne af InotanPUR:

Problemformulering:

Hvad er værdien af dampdiffusionstallet for InotanPUR?

Konklusion:

Det lykkedes ikke den studerende at finde en pålidelig værdi for dampdiffusionstallet.

RSP32 - Efterisolering med papiruldsgranulat uden dampspærre

Problemformulering:

1. Er det muligt at fastslå diffusionsmodstandsfaktoren på papiruldsgranulat i en forsøgsopstilling?
2. Hvilken dokumentation har producenter af papiruld vedrørende efterisolering uden dampspærre - og afviger den fra alment teknisk fælleseje?
3. Bliver efterisolering med papiruld udført korrekt jf. producentens vejledninger?
4. Kan man beregne ophobning og udtørring af fugt i en bygningsdel og anvende den i praksis?

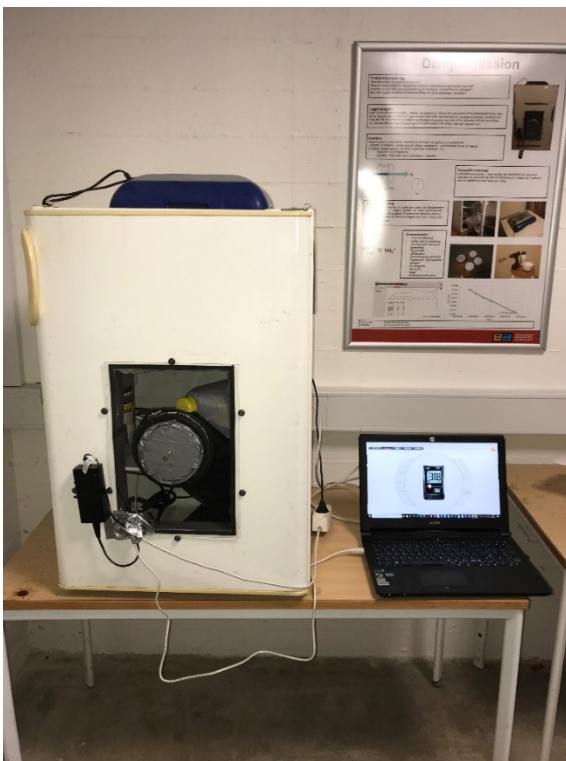


Foto 23 - Foto fra forsøget



Konklusion:

Der henvises til rapporten.

Lyd og akustik

Indledning

Der stilles en række lydkrav til vægge m.m. i dansk byggeri. For at opfylde disse krav skal man blandt andet kende bygningskonstruktioners evne til at modstå lydgennemtrængning.

I de fleste tilfælde kan denne evne ikke beregnes teoretisk, men må måles ved forsøg. Derfor har EASV udviklet en forsøgsopstilling til måling af bygningskonstruktioners evne til at modstå lyd gennemgang.

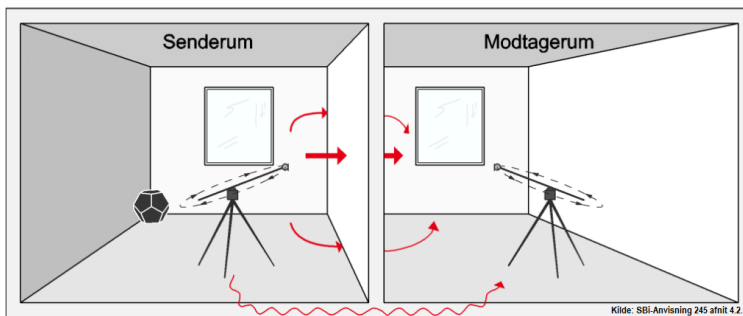
Lydmålingerne foregår i EASVs bygningstekniske laboratorium. I en åbning mellem 2 lokaler monteres de bygningsdele der undersøges. Lokalernes akustiske egenskaber er kendte gennem måling af efterklangstider m.m.

Teknisk beskrivelse

Målingerne udføres i henhold til *DS/EN ISO 16283-1 1. udgave 2014-03-25, Akustik – Feltmåling af lydisolation i bygninger og af bygningselementer Del1: Luftlydisolation*.

I det ene rum placeres lydkilden: *Brüel & Kjær Sound Source type 4224*. Lydmålingerne foretages frekvensopdelt med *BUHL BØNSØE – CEL 620 Lydmåler*.

Lokalernes adskillende bygningsdele er af en sådan beskaffenhed at der alene forekommer luftlydstransmission gennem den bygningsdel der undersøges.



Figur 18 - Forsøgsopstilling

I det ene rum opstilles en lydkilde der afgiver en "standard" lyd.



Foto 24 - Lydkilde

Med tændt lydkilde måles lydniveauet i begge rum.



Foto 25 - EASVs lydmåler

Måledata behandles i en beregning i et Excel-ark, som er udviklet til dette formål. Resultatet er lyddæmpningen – luftlydisolansen - i den målte bygningskonstruktion.

Der er blandt andet udført måling af luftlydisolans på følgende bygningsdele:

- Isoleret træskeletvæg uden gennembrydninger.
- Isoleret træskeletvæg med el-dåse i en side.
- Isoleret træskeletvæg med el-dåse i 2 sider.
- Isoleret stålskeletvæg uden gennembrydninger.
- Isoleret stålskeletvæg med el-dåse i en side.
- Isoleret stålskeletvæg med el-dåse i 2 sider.
- Isoleret træetageadskillelse.
- Isoleret træetageadskillelse med indskud af knust fibergips i forskellige lagtykkelser med bestemmelse af luftlydisolansen som funktion af fibergipslagtykkelse.
- ReBLOCK vægssystemer.

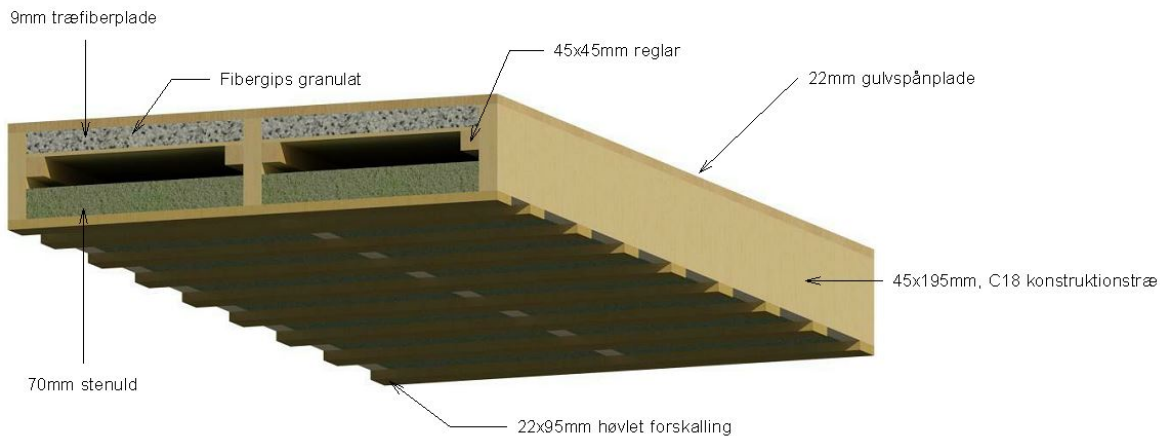
Forsøgsrække

Der er blandt andet gennemført følgende forsøg:

RSP6 – Luftlydsmåling i træetageadskillelser:

Problemformulering:

1. Hvordan kan fibergipsgranulat placeres i træetageadskillelse, og hvilken effekt har det på luftlydisolansen?
2. Hvordan kan fibergipspladerester granuleres til en brugbar størrelse?



Figur 19 - Træetageadskillelsen

Konklusion:

Det konkluderes på baggrund af de udførte forsøg, at den lyddæmpningsmæssige gevinst ved indbygning af fibergipsgranulat ikke er tilstrækkeligt til at der med fordel bør indbygges fibergipsgranulat i træetageadskillelser.

Det konkluderes samtidig, at det teoretisk er muligt at producere fibergipsgranulat lokalt i knusningsmaskiner.

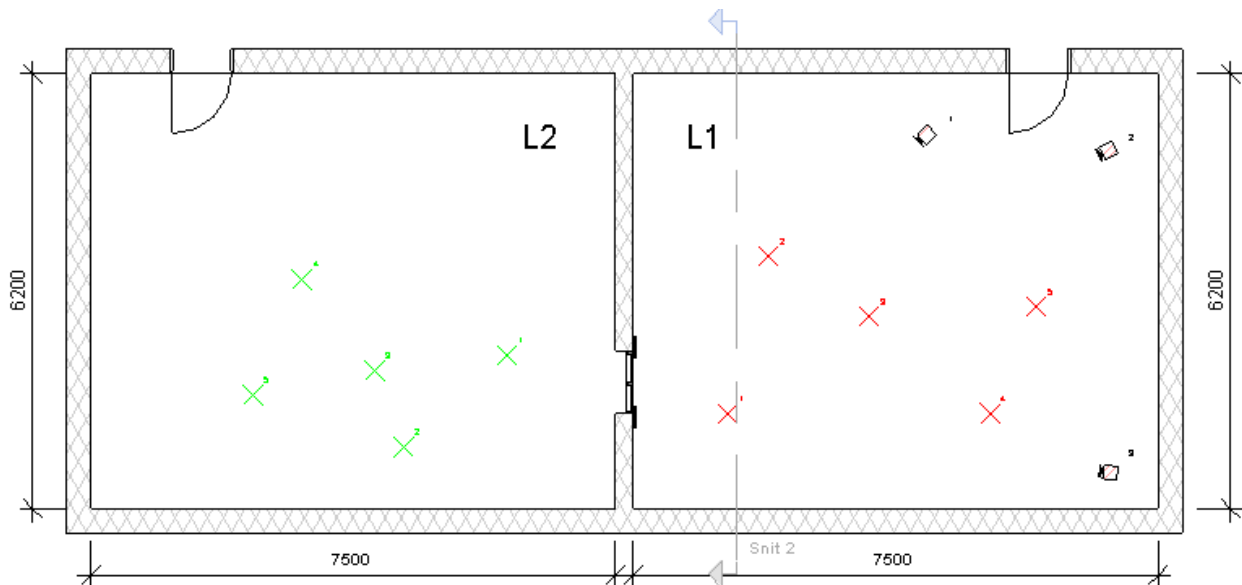
RSP15 – Luftlyd gennem skillevægskonstruktioner:

Problemformulering:

1. Er der forskel på, hvad producenter foreskriver sammenlignet med det målte?
2. Hvor stor en forskel er der på lydreduktionen, ved at ændre hovedkonstruktionen i en skillevæg?
3. Hvor stor forskel er der på lydreduktionen ved yderligere stålprofiler hhv. cc450, cc300?
4. Er der sammenhæng mellem mængden af forskellige materialer og luftlydsreduktionen?



Foto 26 - Opsætning af testemne i døråbning



Figur 20 - Plan over testområde med krydsmarkering af målepositioner



Foto 27 - Montering af testemne i døråbning

Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP28 - Lydgenngang i ReBLOCK vægssystem:

Problemformulering:

1. Hvordan måler man lydgenngangen en konstruktion?
2. Hvilke lydkrav kan ReBLOCK leve op til?
3. Er ReBLOCK bedre til at reducere lyd end andre sammenlignelige produkter på markedet?
4. Er der stor forskel på resultaterne i de to forsøg?

Konklusion:

1. Der henvises til rapporten.

2. ReBLOCK elementet kan i testopstillingen opfylde de mindstekrav der måtte være til udefrakommende støj. Det kan dog konkluderes, at i forhold til, at opfylde kravene for en adskillende væg i sammenbyggede boliger samt kontorer, kan dette element jf. disse test ikke opfylde disse krav - og at den i øvrigt er langt fra at opfylde disse.
3. Ydermere kan det konkluderes at den målte lydreduktionsevne for ReBLOCK elementet er væsentlig dårligere sammenlignet med tilsvarende produkter i samme dimensioner. Det kan tænkes, at det kan være pga. de tykke stivere mellem pladestykkerne, som lyden kan transmitteres igennem, lidt som en kuldebro. En anden forklaring kan være at brugen af stenuldsgranulat til isolering ikke isolerer så godt som isoleringsplader. Dog i sammenligningen med andet lignende facadesystem, har det ikke så stor betydning andet end i forhold til, at det som fuldt facadesystem vil have en større dimension, da det opfylder lydkravene til facade. Anvendes ReBLOCK elementerne som skillevægge, viser sammenligninger med andre konstruktioner i samme dimension, at konklusionen må være den, at det vil blive svært at optimere produktet således, at det kan følge disse lignende konstruktioners evne til at reducere lyden.
4. Der henvises til rapporten.

RSP37 - Luftlyd gennem skillevægskonstruktion – EI-installationer:

Problemformulering:

1. Hvor stor betydning har el-installationer for luftlydstransmission igennem skillevægge?
2. Hvor stor en forskel er der på lydreduktionen, ved at ændre skillevæggens overflader ved at montere el-installationer?

Konklusion:

Den samlede konklusion viser, at lydreduktionen i væg med stålskelet ligger meget tæt på det oplyste fra Fermacell og det kan konstateres, at der ved montage af den første stikkontakt sker en forringelse af lyddæmpning på 0,3 dB, svarende til 6,3% af lydtrykket og, at der ved efterfølgende montering af et lampested på modsatte side af samme væg ikke sker yderligere, målbar forringelse.

Et lampested der er monteret på modsatte side af væggen og ca. 1,4 m højere end en stikkontakt giver ingen målbar ændring af lydreduktionen.

Det kan konkluderes, at den første stikkontakt gør det helt store udfald, mens den efterfølgende ikke har den store indvirkning, så længe man ikke monterer kontakter lige over for hinanden,

Dagslys

Indledning

Bygningsreglementets krav til dagslys – og dokumentationen heraf – er vokset gennem de senere år. Kravene er ændret fra at være et simpelt arealkrav til vinduerne til at være en mere omfattende beregning, der inkluderer en række forhold til omgivelser, vinduer m.m.

Der har været et uafklaret forhold til myndighedernes krav. EASV rettede en henvendelse til myndigheden om dette uafklarede forhold uden at modtage et entydigt svar.

Dette og en række andre forhold har ført til en række undersøgelser på EASV om dagslys i bygninger i et forsøg på at afklare dagslysforholdene i danske bygninger. Bedre dagslysadgang vil reducere el-forbruget til belysning – og er energibesparende og miljøvenligt.

Teknisk beskrivelse

EASV råder over 2 måleinstrumenter til måling af lysstyrke – lux.



Foto 28 - EASVs måleinstrumenter til måling af lux

Dagslys er en fællesbetegnelse for det lys, der kommer ind i bygninger gennem vinduerne - enten som direkte sollys, himmellys eller reflekteret lys fra andre bygninger, belægninger og overflader udenfor.

Forskning viser fx, at dagslyset har direkte indvirkning på de hormonstoffer, som styrer vores søvn- og døgnrytme, og dermed påvirker kvaliteten af vores søvn. Dagslys bruges også som behandling mod vinterdepression. Andre undersøgelser viser, at de fleste mennesker vælger at sidde ved et vindue med udsigt, hvis de kan vælge. Vi tiltrækkes simpelthen ubevidst af lyset.

(Jens Christoffersen, SBI, 2005, Lys, Sundhed og velvære, Arkitekten 9)

Dagslysfaktoren DF er defineret som forholdet mellem belysningsstyrken i punktet i planet og den samtidige belysningsstyrke udendørs på et vandret plan, belyst af en fuld himmelhalvkugle. Dagslysfaktoren angives normalt i procent.

Der findes en række it-programmer til beregning af dagslys i bygninger – fx: SBis Simlight og Velux Daylight Visualizer.

Måling af dagslys i rum udføres efter SBis anvisninger – der er standard for:

- Meteorologiske forhold.
- Målehøjde over gulv.
- Målepunkternes placering i vandret plan – grid.
- Fastlæggelse af overfladers – gulv, loft og vægge – lystekniske egenskaber.
- M.m.

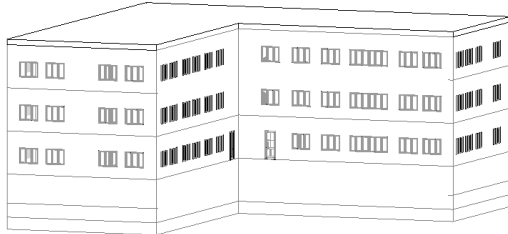
Større vinduer giver alt andet lige periodevis højere rumtemperatur og større varmetab. Der er i Bygningsreglementet m.m. grænser for hvor høje rumtemperaturerne må være i et givet tidsrum (overtemperatur) – ligesom der er grænser for hvor stort varmetabet fra bygninger må være. Vinduers isoleringsevne er langt mindre end de gængse ydervægs- og tagkonstruktioner der anvendes – derfor vil et større vinduesareal medføre et større varmetab.

Forsøgsrække

RSP4 - Overtemperatur og dagslysfaktor:

Problemformulering:

1. Hvornår opstår problemet med overtemperaturer i nye bygninger i relation til glasarealet?
2. Hvor stor forskel kan der være på glasarealet i % ved bygningen i forhold til, hvordan den er roteret?
3. Hvad kan man gøre for at undgå problemer med overtemperaturer?
4. Hvilken betydning har bygningens rotation?
5. Hvad vil ændringer af vinduesarealet og afskærmninger have af betydning for dagslysfaktoren?
6. Hvad vil ændringer af vinduesarealet have af betydning for energiforbruget til rumopvarmning?



Figur 21 - Bygningsmodel til analyserne

Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP9 – Måling og sammenligning af dagslysfaktor:

Problemformulering:

1. Måling af dagslysfaktor, og sammenligning af måleresultaterne med dagslysfaktorer beregnet i Simlight og Velux Daylight Visualizer på et kontor.
2. Er der afvigelser i Simlight og Velux Daylight Visualizer set i forhold til det målte resultat i lokalet?
3. Er DGNB pointsystem ved dagslysfaktoren sat optimalt/retvisende? Her tænkes på de krav til pointfordelingen ved dagslysfaktorer der stilles i DGNB, kontra de resultater der kan opnås ved en dagslysfaktorberegning på kontorer.



Foto 29 - Målegrid opmærkes på gulv

Konklusion:

RSP12 - Dagslysfaktor i etageboliger med svalegang

Problemformulering:

Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP35 – Dagslysfaktor

Problemformulering:

I denne rapport undersøges dagslysforholdene i et rum ved måling og beregning – og der stilles følgende spørgsmål:

1. Kan rummet leve op til kravet ifølge BR15's anbefalinger?
2. Er BR15's anbefalinger misvisende?
3. Lever Velux Daylight Visualizer op til resultatet, der måles i praksis?

Konklusion:

Der henvises til rapporten.

Perspektivering

Med det seneste Bygningsreglement BR18 er der kommet nye regler for beregning af dagslys i bygninger. Det synes relevant at undersøge om disse regler har øget de tidligere krav til vinduesstørrelser, hvordan det påvirker energirammen, hvordan øjebliksmålinger skal bearbejdes for eftervisning af de nye krav og lignende.

Linjetab – relaxationsmetoden

Indledning

Linjetab er et udtryk for en ændring i konstruktionen, der medfører en kuldebro.

Det kan eksempelvis være:

- Spring i isoleringstykkelse, eksempelvis ved udmuringer omkring vinduer/døre.
- Gennembrydninger af klimaskærmen med et andet materiale, der har en anden varmeledning end den øvrige klimaskærm.
- Diverse konstruktionssamlinger ved loft, vægge og fundament.

Bygningsreglementet sætter grænser for hvor store linjetabene må være.

Teknisk beskrivelse

Linjetab kan være omstændelige at beregne - og der anvendes sædvanligvis tabelopslag til at fastlægge tabene. Det er imidlertid langt fra linjetab for alle konstruktioner, der kan findes i faglitteraturen.

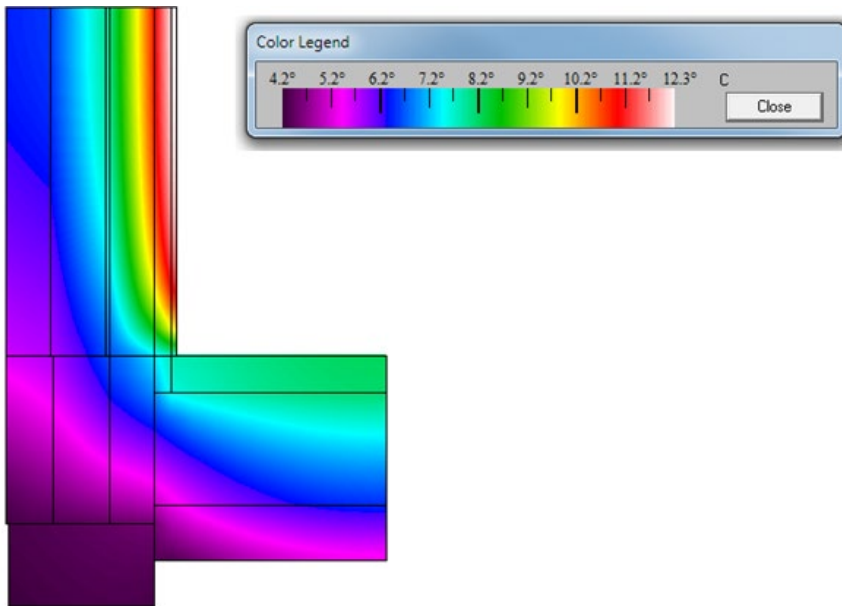
Relaxationsmetoden på EASV er et Excel-ark med et bagvedliggende program der kan beregne linjetab.

Forsøgsrække

RSP8 - Linjetab i IBFs Lecaterm Plus blok:

Problemformulering:

1. Hvad er størrelsen på linjetab i forskellige fundamentsudformninger - herunder med IBFs Lecaterm Plus blok?



Figur 22 - Temperaturforløb i fundamentsområde

Konklusion:

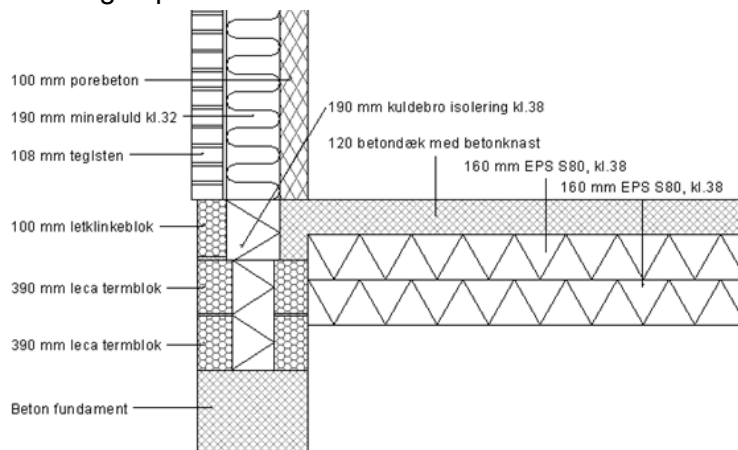
Der henvises til rapporten.

RSP13 - 2-dimensionale varmemstrømme:

Rapporten indeholder beregninger efter relaxationsmetoden.

Problemformulering:

1. Hvordan kan man ved hjælp af 2-dimensionale varmetabsberegninger beregne linjetabet i et fundament, med en hvilken som helst opbygning af terrændæk, ydervæg og fundament, når nu kombinationen ikke er repræsenteret i "DS 418 - Beregning af bygningers varmetab" og denne kommer til kort?
2. Hvor stor en relevans vil en sådan beregning egentlig have i forhold til de ressourcer der eventuelt skal bruges på den?



Figur 23 - En af de fundamentsovergange der beregnes i rapporten

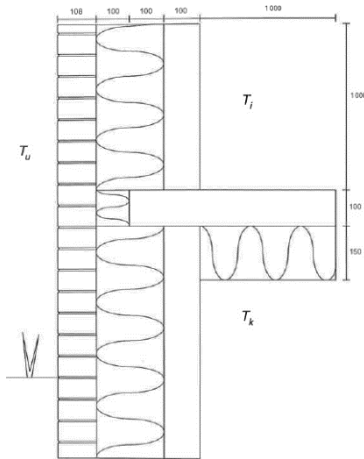
Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP16 - Verificering af relaxationsmetoden:

Problemformulering:

1. Kan Relaxationsmetoden anvendes til beregning af linjetab iht. kravene angivet i DS/INF 418-1?
2. Vil linjetabsberegninger udført med Relaxationsmetoden have samme resultat som de 6 beregningseksempler fra DS/INF 418-1?



Figur 24 - Konstruktionseksempel der indgår i rapporten

Konklusion:

Relaxationsmetoden anvender de korrekte principper for beregning af linjetab. Derfor kan man anvende Relaxationsmetoden til beregning af linjetab under stationære forhold.

RSP24 - Linjetab:

Problemformulering:

Linjetab undersøges i forskellige konstruktioner.

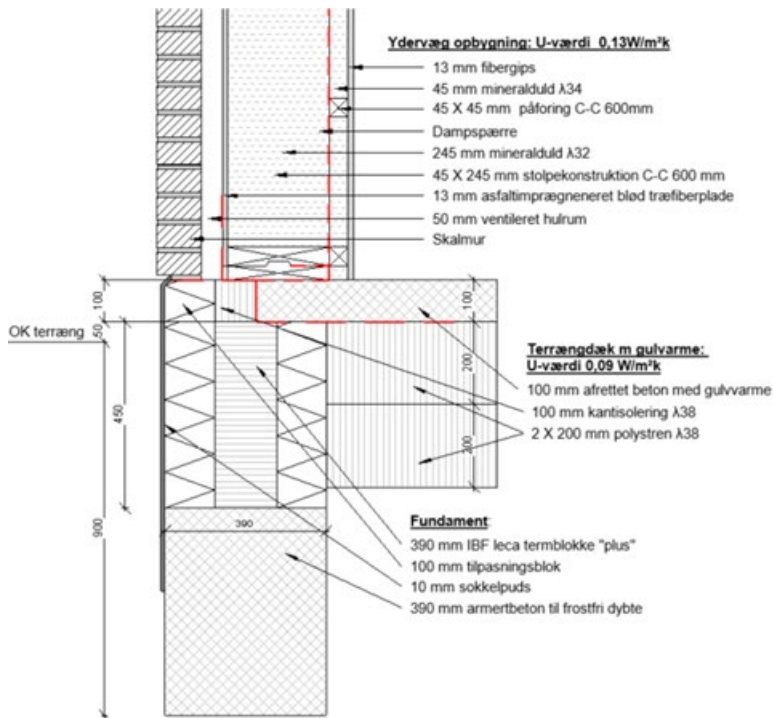
Konklusion:

Desværre er rapporten ikke afleveret.

RSP29 - Let facadeelement på IBF Lecaterm Plus blokke:

Problemformulering:

1. Kan man konstruere brugbare samlingsdetaljer bestående af IBF Lecaterm Plus blokke og lette facadeelementer?
2. Er det muligt ved hjælp af Excel beregningsprogrammet "Relaxationsmetoden" at finde linjetabet ved disse konstruktioner?



Figur 25 - En af de konstruktioner der undersøges i rapporten

Konklusion:

Der henvises til rapporten.

Diverse

Indledning

I dette afsnit findes en række rapporter der ikke passer ind i ovenstående emneopdeling.

Teknisk beskrivelse

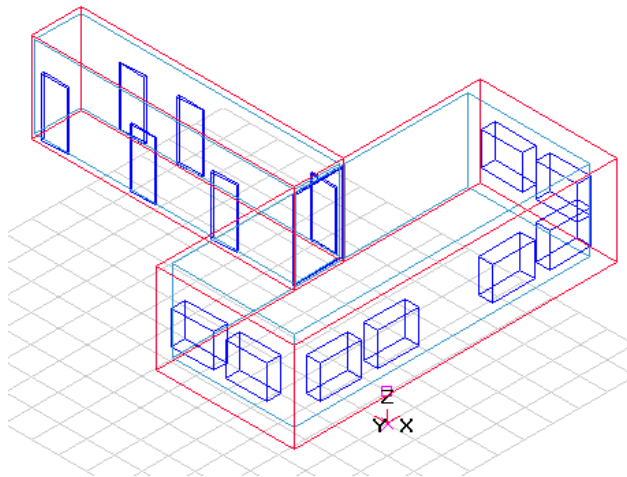
Der kan ikke gives en generel teknisk beskrivelse til rapporterne i denne emnegruppe.

Forsøgsrække

RSP1 - Termisk indeklima – Løsningsproblematikker:

Problemformulering:

1. På hvilke måder og metoder, kan problematikken omkring overophedning løses?
 - a. Findes der eventuelle "nemme" løsninger, og er disse pålidelige?
2. Hvilke ulemper / fordele kan der være ved de enkelte løsninger af overophedning?
 - a. Pris, arkitektonisk og deres dominans.
3. Hvis man ændrer enkelte faktorer ved en bygning, hvad har det så af betydning?
 - a. Vindues størrelser / placering.
 - b. Solafskærmning / solstop.
 - c. Bygningens rotation.
4. Kan det betale sig at anvende simuleringsprogrammer?
 - a. Er resultaterne markant anderledes mellem de to programmer? (Be10 & BSim)
 - b. Bør man altid simulere en ny bygning?



Figur 26 - Rapportens beregningsmodel

Konklusion:

Det er et større puslespil der skal gå op når man tilstræber et godt indeklima. Der findes ikke nogen gylden mellemvej, men man bør altid være meget kritisk omkring sin bygnings udformning, placering og hvordan man beregner temperaturen i den.

Se i øvrigt rapporten.

RSP2 - DGNB:

Problemformulering:

Rapporten tager udgangspunkt i certificeringsmetoden udarbejdet af DGNB

1. Hvordan kan valget af konstruktioner/materialer påvirke pointfordelingen?
2. Kan afvigelser i DGNB kriterierne på enkelte konstruktioner, opvejes af større opmærksomhed på andre konstruktioner?
3. Vil DGNB certificering sikre bygherren et bæredygtigt byggeri, og give bygningen merværdi?

Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP3 - BPI:

Problemformulering:

1. Hvad er PUR-isolering?
2. Hvordan anvendes det i byggeriet?
3. Hvorfor er det mere udbredt i Tyskland end i DK?
4. Hvad er og hvordan opnås en CE-mærkning af PUR-isolering?
5. Hvilke udfordringer har BPI haft og hvordan løses disse?
6. Hvad bør BPI lægge vægt på når produktet InotanPUR® skal markedsføres?

Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP5 - Gasser i indeklima:

Problemformulering:

Hvordan kan udledningen forårsaget af gasserne radon, formaldehyd og CO₂ reduceres?

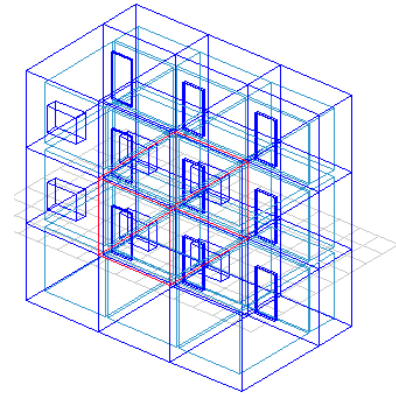
Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP10 - Utilstrækkelig opvarmning i nordvendt rum:

Problemformulering:

1. Hvilke elementer i lavenergihuse har indflydelse på det termiske indeklima?
2. Har beregningsmetoden Be10 betydning for dimensionering af varmekilder i nordvendte rum?
3. Hvilken supplerende varmekilde vil være mest relevant at anvende?



Figur 27 - BSim-model

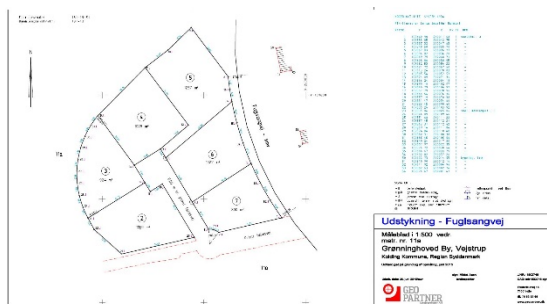
Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP11 - Absorbering, forsinkelse og nedsivning af regnvand i byområder:

Problemformulering:

1. Hvordan kan man i fremtiden kombinere regnvandsanlæg og absorberingsarealer med værdifulde opholdsarealer i byerne?
Hvilke muligheder og udfordringer er der ved anvendelse af permeable belægninger i byområderne?
2. Hvordan designer man den optimale nedsivningsløsning med en permeabel belægning for den nye udstykning af byggegrunde på Fuglsangvej i Grønninghoved, og hvad er økonomisk fordelagtigt i forhold til en traditionel belægningsløsning?



Figur 28 - Byområde i case der behandles

Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP18 - Skybrudssikring af danske byer:

Problemformulering:

1. Skal man til at dimensionere regnvandsledninger på en anden måde?
2. Mike Urban metoden.
3. Tænker man nok over hvor man anlægger nye byområder?
4. Kan man udnytte de ekstreme regnskyl?
5. Hvordan kan man løse problemet med skybrud i de store byer?

Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP20 - EPS polystyren-beton:

Problemformulering:

1. Hvad er polystyrenbeton (EPS)?
2. Hvor langt man med det bæredygtige materiale?
3. Jeg vil belyse to forsøgsopstillinger:
4. Den ene opstilling, hvor der skal tryktestes og deformationstestes på en betoncylinder. Det andet forsøg er en deformationstest med en Mock up, med en 2m x 4m betonplade.



Foto 30 - EPS-beton

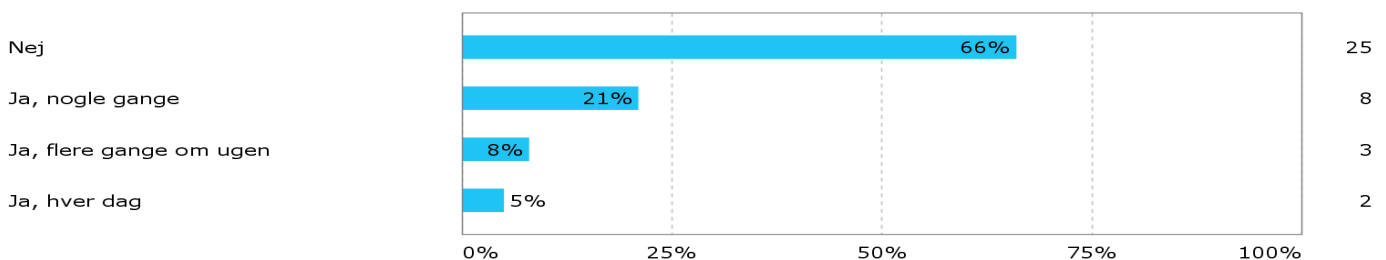
Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP21 - Bæredygtigt byggeri med fokus på DGNB og indeklimate:

Problemformulering:

1. Hvilke kriterier forbindes med bæredygtighed?
2. Hvad er DGNB og hvad gør det til et bæredygtigt certificeringssystem?
3. Hvad symboliser et godt indeklima?
4. Hvorfor er det vigtigt at man fokuserer på indeklimaet?



Figur 29 - Udsnit af spørgeskemaundersøgelse

Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP26 - Energoptimering af eksisterende bygninger - efterisolering af ydervægge:

Problemformulering:

1. Hvordan kan eksisterende bygningers ydervægge energioptimeres med efterisolering?
2. Hvordan efterisoleres en massiv teglstenvæg bedst muligt?
3. Hvilke problemer/hvordan kan de løses ved at efterisolere på den indvendige side af en ydervæg?
4. Hvilke problemer kan opstå og hvordan kan de løses når en indvendig isolering benyttes?
5. Hvad er prisen for at efterisolere sin ydervæg?

Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP27 - Absorbering af regnvand på tagflader:

Problemformulering:

1. Hvordan er den generelle holdning til grønne tage og hvad skal der til for at denne kan blive mere positiv?
2. Hvordan kan tagfladen anvendes til et attraktivt opholdsareal?
3. Hvilken tagopbygning er mest optimal når der skal anlægges et grønt tag?

Konklusion:

Der henvises til rapporten.

RSP30 - Bygningsreglementets stramning af energikravs miljøpåvirkninger:

Problemformulering:

1. Opføres en bygning efter energikravene i Bygningsreglement 2018 (BR18), og en lignende bygning efter energikravene i Bygningsreglement 1977 (BR1977, 1 februar 1979), hvilken af bygningerne klarer sig da bedst i en livscyklusanalyse (LCA)?
2. Hvilken af bygningerne klarer sig bedst i DGNB's kriterie: ENV1.1 Livscyklusvurdering (LCA) – Miljøpåvirkninger?

Ventilationsluftmængder							
nr.	Rum- Betegnelse	Gulvareal Udsug [m ²]	Gulvareal Indblæs [m ²]		Udsug [l/s]	Indblæs [l/s]	[m ³ /h] indblæs
		(GU)	(GI)		(UD)	(IN)	
BR2018 Bygning							
1	Entré		7,8			4 l/s	0,0
2	Bryggers	8,1			10	l/s	36,0
3	Køkken alrum	19,1			20	l/s	72,0
4	Stue		45,6			26 l/s	0,0
5	Soveværelse		20,4			11 l/s	0,0
6	Bad	7,8			15	l/s	54,0
7	Værelse		12,0			7 l/s	0,0
8	Gang		3,7			2 l/s	0,0
9	Bad	6,6			15	l/s	54,0
10	Værelse		17,5			10 l/s	0,0
	Total	41,6	106,9		60	60 l/s	216
Udelufttilførsel l/s pr. m ² opvarmet etageareal		0,40		l/s			

Tabel 3 - Beregning af luftmængder

Konklusion:

- På baggrund af de to LCAByg beregninger, som er foretaget i denne rapport, opnår BR18bygningen det bedste resultat på 7 af de 9 indikatorer. Det har ikke været muligt at finde hvilke indikatorer, der belaster miljøet mest, derfor vides det ikke, hvordan de forskellige indikatorer skal vægtes, men når alle indikatorer sammenlægges, er summen i BR77bygningens LCAByg resultat i dette forsøg, 70% højere end summen i BR18bygningens LCAByg resultat. I diskussionsafsnittet blev det eftervist, at en kortere betragtningsperiode ikke ændrede hvilken bygning som belaster miljøet mindst, og hvis vinduerne var medtaget i beregningen, havde det påvirket BR77 bygningens LCAByg beregning negativt. Så på denne baggrund konkluderes det, at LCAByg beregningerne kraftigt indikerer, at BR18bygningen klarer sig bedst i en livscyklusanalyse, og derfor belaster miljøet mindst.
- Når DGNB pointene beregnes, opnår BR18bygningen 92 point, og BR77bygningen 75 point. Derfor får BR18bygningen 17 point mere end BR77bygningen. Dette betyder at BR18bygningen klart opnår flest point. Derfor konkluderes det, at BR18bygningen klarer sig bedst i DGNB's kriterie ENV1.1 Livscyklusvurdering (LCA) – Miljøpåvirkninger.

Baseret på de to konklusioner og diskussionsafsnittet, er det umiddelbart BR18bygningen, der udviser de bedste resultater, når det gælder mindst mulig miljøbelastning. En sammenfattende konklusion for begge spørgsmål i denne forsøgssopstilling, med de anvendte beregningsmodeller indikerer kraftigt, at den udvikling, der er sket i bygningsreglementerne, har en påviselig positiv effekt på miljøbelastningen.

RSP38 - Passivhuse:

Problemformulering:

- Er det muligt at være selvforsynende?
- Hvad kan vi mon bidrage med til at være selvforsynende indenfor energi og varme?
- Hvad vil det sige at opføre et passivhus og hvordan certificeres det?
- Og hvordan vil det se ud hvis vi sammenligner med et traditionelt husbyggeri, kan vi mon finde fordelene men samtidig også ulemper ved det?

Konklusion:

Der henvises til rapporten.

Praktiske forhold

It-mæssige informationer

Projekt materialet er placeret på EASVs drev:

\\Energiteknisk bæredygtighedsoptimering

i følgende mapper:

Mappenavn	Indholdsbeskrivelse
Ansøgninger	Ansøgning om interne og eksterne midler
Artikler	Diverse artikler i medierne
EASV	Diverse undersøgelser m.m. for EASV
EA-viden	Diverse filer til EA-viden
Energistyrelsen	Samarbejde med Energistyrelsen
Guarded Hot Box	Filer vedrørende Guarded Hot Box
Hjemmeside	Materiale til EASVs hjemmeside
Konference - Klimavenligt byggeri med moderne byggematerialer	Materiale fra konference
Laboratorium	Materiale vedrørende ombygning af laboratoriet i fløj Ds kælder
Litteratur	Diverse relevant litteratur
Indeklimamålinger	Målinger af indeklima i et par beboelsesbygninger
Plakater	Filer vedrørende plakater i Fløj D gang og kælder
Projekter studerende	7. semester rapporter m.m.
Præsentationer	Diverse PowerPoint-præsentationer
Rapport	Samlet afrapportering af projektet
Referater_Dagsorden	Diverse referater
Rexcon	Diverse materiale vedrørende Rexcon-produkter og afprøvninger
SDU	Samarbejdet med SDU
Tagrum	Forsøg med tagrum i dialog med SBi
Thermal walls	Vægforsøg i oprindelig pedelbolig
AAUE	Samarbejdet med Aalborg Universitet Esbjerg

Programmer til dataudtræk

Sammen med klyngen IT & Medier er der udviklet 2 programmer til dataudtræk fra styringstavlen i kælderlokalet med Guarded Hot Box:

1. Program til dataudtræk fra Guarded Hot Box.
2. Program til dataudtræk fra Thermal Walls.

Program til dataudtræk fra Guarded Hot Box

Programmet er udviklet i samarbejde med Ole Eriksen og er placeret i denne mappe:

K:\Undervisere\Energiteknisk bæredygtighedsoptimering\Guarded hot box\Software\hotbox v1_3

Dette software overfører data til en tekstfil, der så kan indlæses i Excel og bearbejdes med softwaren i Excel-arket:

Guarded hot box – hjælpesoftware.xlsx

der indlæser data i Excel-fil og udfører beregninger af data.

Program til dataudtræk fra Thermal Walls

Programmet er udviklet i samarbejde med Jeppe Moritz Led og er placeret i mappen:

K:\Undervisere\Energiteknisk bæredygtighedsoptimering\Thermal walls\ThermBox

Data fra tagrumsforsøg

Data fra tagrumsforsøg er placeret i mappen:

K:\Undervisere\Energiteknisk bæredygtighedsoptimering\Tagrum\Bygninger\<adresse>