

MARIUS KVALVIK, STEINAR GRYNNING, KNUT NORENG OG SIVERT UVSLØKK

Varmetap gjennom festemidler i kompakte flate tak

Laboratorieforsøk og beregninger

Prosjektrapport 44

2009



SINTEF Byggforsk

Marius Kvalvik, Steinar Grynning, Knut Noreng og Sivert Uvsløkk

Varmetap gjennom festemidler i kompakte flate tak

Laboratorieforsøk og beregninger

Prosjektrapport 44 – 2009

Prosjektrapport nr. 44

Marius Kvalvik, Steinar Grynning, Knut Noreng og Sivert Uvsløkk

Varmetap gjennom festemidler i kompakte flate tak

Laboratorieforsøk og beregninger

Emneord:

Tak, festemiddel, varmetap, kuldebro, laboratorieundersøkelse, beregning og varmegjennomgang

Prosjektnr: B2247953

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1111-2 (pdf)

ISBN 978-82-536-1112-9 (trykt)

100 eks. trykt av AIT AS e-dit

Innmat: 100 g munken polar

Omslag: 240 g trucard

© Copyright SINTEF Byggforsk 2009

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF Byggforsk er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 124 Blindern
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk

Forord

Det blir et stadig strengere krav til tillatt varmegjennomgang i bygningers klimaskall. Krav i Teknisk Forskrift til Plan- og bygningsloven medfører isolasjonstykkelser lik 25 – 40 cm i kompakte tak. Med økende isolasjonstykkelser vil varmetap gjennom kuldebroer bidra til en større andel av det totale varmetapet. Denne laboratorieundersøkelsen retter søkelyset mot kuldebrovirkningen av festemidler i kompakte tak. Forskjeller i varmestrøm mellom ulike typer festemidler montert i takfelt med ulike isolasjonstykkelser ønskes dokumentert. Samtidig har undersøkelsen som mål å verifisere eksisterende teoretiske beregningsmetoder for varmetap gjennom festemidler. Denne aktiviteten i delprosjektet *Robuste løsninger for kompakte, flate tak* bygger bl.a. videre på kunnskap som ble etablert under FoU-programmet Klima 2000 (2000 – 2007).

ROBUST *Robust envelope construction details for buildings of the 21. century* er et forskningsprosjekt som retter søkelyset mot klimatilpassede, miljø- og energieffektive løsninger for dagens og fremtidens bygninger. Prosjektets hovedmål er å utvikle ny kunnskap og nye metoder for bruk av robuste konstruksjonsdetaljer og løsninger, og bruk av effektive isolasjonsmaterialer i godt isolerte bygninger. Robuste konstruksjonsdetaljer og løsninger oppnås gjennom bruk av materialer og løsninger som har stor sikkerhet mot feil som kan gi fuktproblemer, og som med stor sikkerhet tilfredsstiller kravene i Teknisk Forskrift til Plan- og bygningsloven.

ROBUST ledes av SINTEF Byggforsk (vertsinstitusjon) og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) og gjennomføres i samarbeid med AF Gruppen ASA, Glava A/S, Hunton Fiber AS, Icopal as, Isola as, Jackon AS, maxit as, Moelven ByggModul AS, Rambøll Norge AS, Skanska Norge AS, Statsbygg og Takprodusentenes forskningsgruppe (TPF). Prosjektet ble igangsatt våren 2008 og vil pågå til utgangen av 2011.

Vi ønsker å rette en takk til prosjektets partnere og Norges forskningsråd for finansieringen av prosjektet.

Oslo/Trondheim, oktober 2009

Vivian Meløysund
SINTEF Byggforsk
Prosjektleder ROBUST

Arild Gustavsen
NTNU
Vitenskapelig ansvarlig i ROBUST

Sammendrag

Formålet med denne aktiviteten D i delprosjektet *Robuste løsninger for kompakte, flate tak* er å studere varmetapet gjennom festemidler av stål og plast i flate kompakte tak. Dette undersøkes gjennom å gjøre laboratorieundersøkelser av noen utvalgte takkonstruksjoner og se hvordan det målte varmetapet samsvarer med beregningsmetoder gitt i standarder. Det er også et ønske om å kunne gi anbefalinger om metoder for å minimere varmetapet gjennom kuldebroene i festemidlene.

Nye krav til U-verdier i Teknisk Forskrift (TEK 07) innebærer at tak skal ha en U-verdi lik eller mindre enn $0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. For å oppnå dette må isolasjonstykkelsene i et kompakt tak være 25-40 cm, avhengig av isolasjonstype. Med økende isolasjonstykkelser vil varmetapet gjennom kuldebroer, som for eksempel festemidler i tak, relativt sett bli større.

Teoretiske beregninger viser at kuldebroen, og dermed varmestrømmen, vil reduseres betraktelig dersom man benytter stålskruer i kombinasjon med plastbrikker sammenlignet med stålskruer i kombinasjon med stålskiver.

For å kunne verifisere, eller eventuelt forbedre, eksisterende beregningsmodeller er det i dette prosjektet gjort laboratoriemålinger på et takfelt med ulike tykkelser og ulike typer festemidler for å få tallfestet varmestrømmene i slike festemidler.

For å kvantifisere varmetapet i festemidlene er det i laboratoriet gjort to prinsipielt forskjellige typer målinger. Det ble gjort varmestrømsmålinger, der den samlede varmestrømmen gjennom takfeltet med og uten festemidler sammenlignes, og det er gjort detaljerte målinger av temperaturgradientene over festemidlene. Begge disse metodene gir verdier for varmestrømmen i festemidlene. Konklusjonene i denne rapporten er basert på målingene av temperaturgradientene.

Som det fremgår av resultatene fra de analytiske beregningene og målingene i hot box, kan innvirkningen av festemidlene i et kompakt tak påvirke det samlede varmetapet for taket i større eller mindre grad, avhengig av antall og type festemiddel. Dersom det benyttes festemidler av plast, påvirkes ikke U-verdien i særlig stor grad. Dersom festemidler i stål benyttes, vil derimot U-verdien for taket bli påvirket i noe større grad.

Verdiene for varmetap i festemidler som er målt og beregnet i denne rapporten indikerer at det for tak med festemidler av stål må regnes med en korleksjon til takets U-verdi dersom det benyttes to eller flere festemidler pr. m^2 takflate. Hvis det derimot benyttes festemidler av plasthylser i kombinasjon med stålskruer vil tillegget til takets U-verdi først måtte regnes med dersom det benyttes åtte festemidler pr. m^2 takflate.

Innhold

Forord.....	3
Sammendrag.....	5
1 Innledning.....	9
1.1 Formål og bakgrunn.....	9
1.2 Kompakte tak.....	9
1.3 Varmedledning og kuldebroer	10
2. Måleoppsett	11
2.1 Oppbygning av målefelt.....	11
2.2 Materialparametere og måleparametere.....	13
2.3 Varmestrøm i festemidler basert på målte varmestømmer	13
2.4 Varmestrøm i festemidler basert på målte temperaturer	14
3. Resultater og diskusjon	15
3.1 Analytiske beregninger	15
3.2 Laboratorieforsøk.....	17
4. Oppsummering.....	22
5. Referanser.....	23

1 Innledning

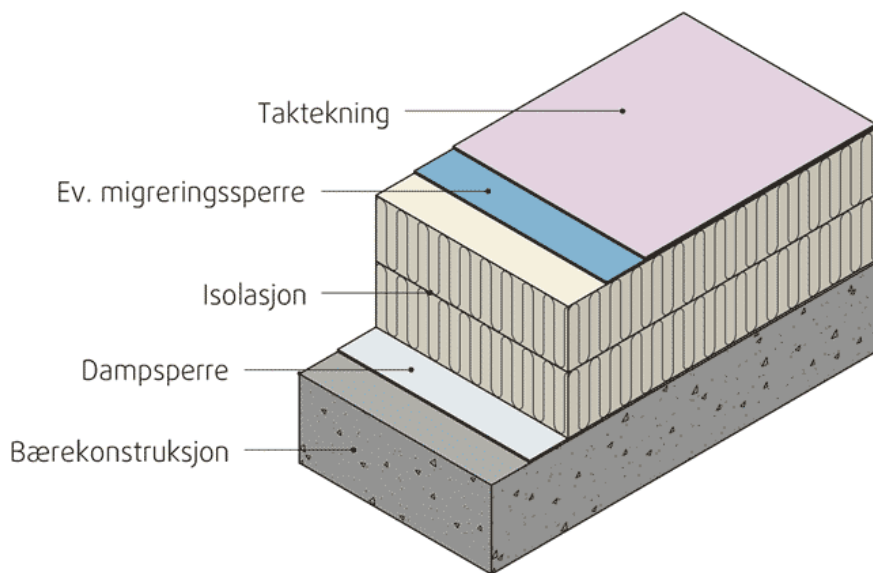
1.1 Formål og bakgrunn

Den siste tids økte fokus på energisparing og krav til energieffektivitet som gir økte isolasjonstykkelser i bygningers ytterkonstruksjoner gjør det viktig å ha kjennskap til hvor stort bidrag kuldebroer gir til varmetapet for en bygning, hvordan dette kan beregnes så riktig som mulig og hvordan ulike detaljløsninger kan utføres for å minimere varmetapet gjennom kuldebroene.

Formålet med denne aktiviteten er å studere varmetapet gjennom festemidler i stål og plast i flate kompakte tak. Dette skulle undersøkes ved å gjøre laboratorieundersøkelser av noen utvalgte takkonstruksjoner og se hvordan det målte varmetapet samsvarer med beregningsmetoder gitt i standarder. Det er også et ønske om å kunne gi anbefalinger om metoder for å minimere varmetapet i kuldebroene gjennom festemidlene.

1.2 Kompakte tak

Kompakte tak, også kalt varme tak, er tak som består av et eller flere lag isolasjon som ligger så tett sammen som praktisk mulig. Kompakte tak har vanligvis bærekonstruksjon nederst, og varmeisolasjon under, over eller på begge sider av taktekningen, henholdsvis rettvendte, omvendte eller duotak. Kompakte tak kan også bygges opp av fabrikkframstilte elementer. Kompakte tak har ikke et tilsiktet luftsjikt mellom varmeisolasjon og taktekning. Kompakte tak kan være skrå eller flate, og kompakte tak er den dominerende taktypen for store bygninger. Isolasjon og taktekning forankres som oftest i underliggende bærekonstruksjon med mekaniske festemidler (BKS 525.207).



Figur 1. Typisk oppbygging for et kompakt tak (BKS 525.207).

1.3 Varmedledning og kuldebroer

En konstruksjons varmetap bestemmes hovedsaklig av konstruksjonens isolasjonsevne og temperaturforskjellen mellom inne og ute. Varmetap kvantifiseres, i bygningssammenheng, med en varmegjennomgangskoeffesient, U-verdi (med enhet $W/(m^2K)$). Den beskriver hvor stor varmestrøm som går gjennom en kvadratmeter stor flate avhengig av temperaturforskjellen.

Nye krav til U-verdier i Teknisk Forskrift (TEK 07) innebærer at tak skal ha en U-verdi lik eller mindre enn $0,13 W/(m^2K)$. For å oppnå dette må isolasjonstykkelsene i et kompakt tak med isolasjon være mellom 25-40 cm, avhengig av type isolasjon. Med økende isolasjonstykkelser vil varmetapet gjennom kuldebroer relativt sett bli større.

En kuldebro defineres på følgende måte:

En kuldebro er en del av omsluttende konstruksjon der den ellers ensartede varmemotstanden endres betydelig av en eller flere av punktene nedenfor:

- a) hel eller delvis gjennomtrengning av den omsluttende konstruksjonen av materialer med høyere varmekonduktivitet*
- b) en endring av konstruksjonens tykkelse*
- c) en forskjell mellom innvendig og utvendig areal, som ved overganger mellom vegg/gulv/tak*

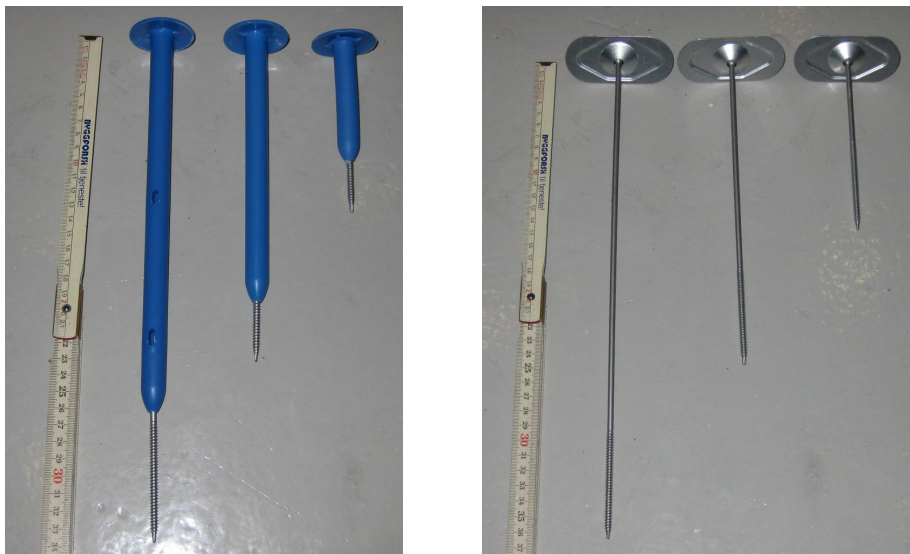
Festemidler i kompakte tak er en kuldebro av typen a.

For mer litteratur om kuldebroer, henvises det til SINTEF Byggforsks Prosjektrapport nr. 25 2008: *Kuldebroer – Beregning, kuldebroverdier og innvirkning på energibruk* (Gustavsen m.fl, 2008) og Byggforskserien blad 471.017 *Kuldebroer. Tabeller med kuldebroverdier*.

2. Måleoppsett

2.1 Oppbygning av målefelt

Denne rapporten tar for seg kuldebroer i tilknytning til festemidler i kompakte tak. For å holde takfolien på plass festes denne med stålskiver i kombinasjon med stålskruer eller plastbrikker med hylse og stålskruer, se figur 2. I dette forsøket er det brukt plastbrikker av typen ISO-Tak R45xL, stålskiver av typen SFS intec IR-82x40 og stålskruer av typen SFS intec BS-4,8xL.



Figur 2. Ulike festemidler. Plastbrikker i kombinasjon med stålskruer er vist til venstre, stålskiver i kombinasjon med stålskruer er vist til høyre. For komponentene av stål, er det brukt vanlig korrosjonsbeskyttet stål.

Teoretiske beregninger viser at kuldebroen, og dermed varmestrømmen, vil reduseres betraktelig dersom man benytter stålskruer i kombinasjon med plastbrikker sammenlignet med stålskruer i kombinasjon med stålskiver. Gjennom dette prosjektet ønskes det å etablere en bedre forståelse for hvor stor kuldebrovirkningen fra festemidlene er ved å gjøre målinger på et takfelt i SINTEF Byggforsks hot box¹ ved laboratoriet i Lerkendal, Høgskoleringen 7b, Trondheim.



Figur 3. SINTEF Byggforsks hot box ved Lerkendal-laboratoriet i Trondheim.

¹ SINTEF Byggforsks hot box er et skjermet varmestrømsapparat for bestemmelse av stasjonære varmeoverføringssegenskaper (NS-EN ISO 8990)

Målingene er utført på et takfelt bygd opp som et kompakt tak som består av tre 60 cm brede felt. Feltene hadde henholdsvis 10 cm, 20 cm og 30 cm tykkelse. Målefeltets oppbygning vises på Figur 4.

Prøvefeltet er bygd opp rundt en isolasjonskjerne av ekspandert polystyren (EPS) av kvalitet S150. Varmekonduktiviteten, λ -verdien, til isolasjonskjernen brukt i takfeltet er målt i et plateapparat etter ISO 8302 til $\lambda = 0,0327 \text{ W/mK}$. Mot varm side er det limt på en stålplate. Denne stålplaten er montert for å simulere et undertak av stål. Tiltak er gjort for å sikre god heft og et minimum av luftlommer mellom stålplate og EPS. Platen holdes fast mot isolasjonskjernen med en kombinasjon av undertrykk og ballast ved liming. Ved påliming av takfolien er det kun benyttet ballast, som vist på Figur 4.



Figur 4. Liming av takfolie til EPS.

Takfolien er sveiset i skjøtene på vanlig måte, med unntak av at dekkfliken holdes fri for senere å kunne montere festemidlene. Dekkfliken holdes på plass med en kontinuerlig, lufttett tape ved måling.



Figur 5. Prøvefelt, varm side til venstre, kald side til høyre.

2.2 Materialparametere og måleparametere

Materialdata brukt i beregningene og måleparametere i hot box er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Materialdata og måleparametere.

Materialdata ²	Takfolie	$\lambda = 0,14$	W/mK
	EPS	$\lambda = 0,0324$	W/mK
	Stål, korrosjonsklasse tilsvarende klasse KLA	$\lambda = 50$	W/mK
	Plastbrikker, polypropylen	$\lambda = 0,25$	W/mK
Hulrom	Hulromskonduktivitet beregnes ihht metode i NS 6946		
Utetemperatur	$\theta_e = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$		
Innetemperatur	$\theta_i = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$		
Utvendig varmeovergangskoeffisient	$h_e = 23 \text{ W/m}^2\text{K}$		
Innvendig varmeovergangskoeffisient	$h_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$		

2.3 Varmestrøm i festemidler basert på målte varmemstrømmer

Det er gjort målinger av varmemstrømmen gjennom prøvefeltet fra varm til kald side som funksjon av type og lengde på festemiddel. Det ble gjort målinger med fire festemidler av hver type og lengde. Det ble gjort en kalibreringsmåling av den samlede tilførte effekten til målekammeret i et takfelt uten festemidler. Denne danner en referanse for videre målinger. Differansen i den tilførte effekten til målekammeret pr. temperaturforskjell (W/K) mellom de respektive målingene gir et uttrykk for varmemstrømmen gjennom festemidlene. Varmestrømmen i festemidlene beregnes etter ligning 1:

$$\Phi_i^{\text{festemiddel}} = \Phi_i^{\text{målekammer}} - \Phi_{i-1}^{\text{målekammer}} \quad (1)$$

Φ = varmemstrømstetthet (W/K)
i = målenummer (-)

Målingene

Målinger ble gjort i åtte serier, som vist i tabell 2. Det ble gjort både varmemstrømsmålinger og detaljerte temperaturmålinger over festemidlene. Måleresultatene beskrives mer detaljert i sine respektive kapitler.

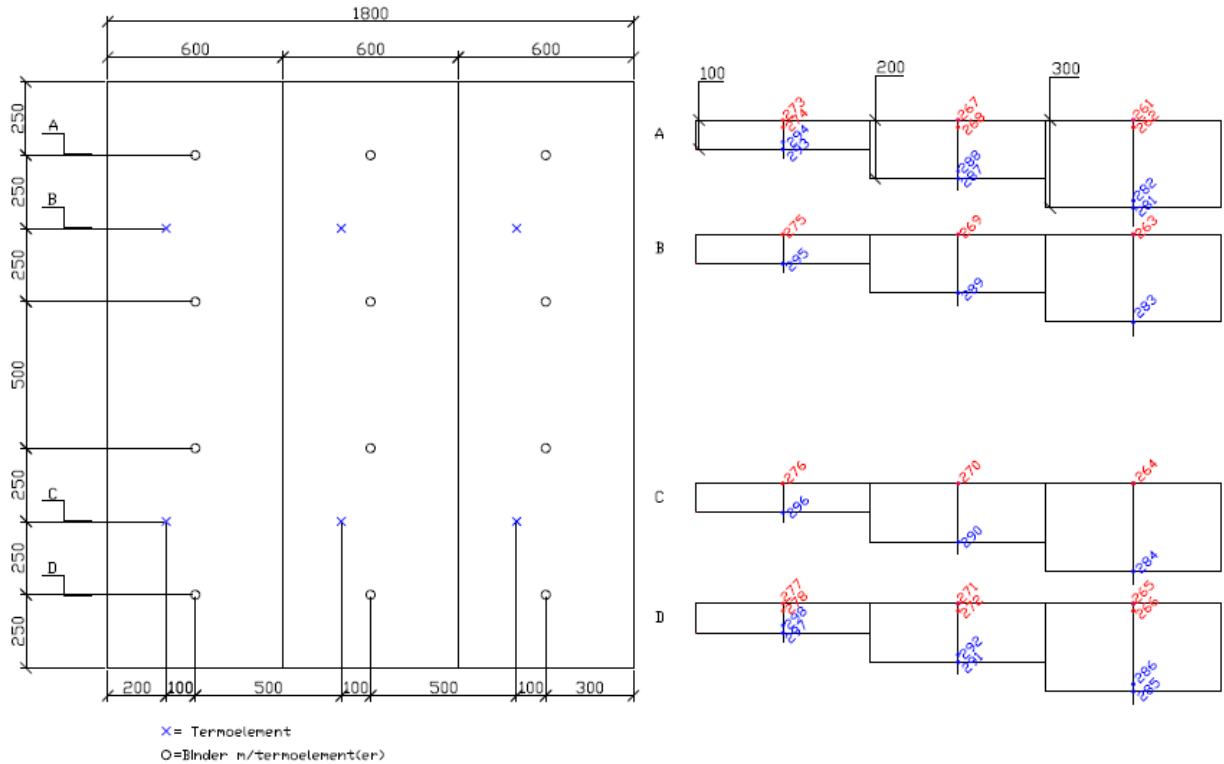
Tabell 2. Måleserier i hot box.

Måleserie	Målenummer	Måling av:
1	#67202	Kalibrering
2	#67211	10 cm festemidler i stål
3	#67221	20 cm festemidler i stål
4	#67231	30 cm festemidler i stål
5	#67241	Kalibrering
6	#67311	10 cm festemidler av plastbrikker med stålskruer
7	#67321	20 cm festemidler av plastbrikker med stålskruer
8	#67331	30 cm festemidler av plastbrikker med stålskruer
9	#67341	Kalibrering

² Dersom ikke annet er angitt, er materialdata hentet fra NS-EN ISO 10456:2007

2.4 Varmestrøm i festemidler basert på målte temperaturer

Som et supplement til varmestrømsmålingene er det gjort detaljerte temperaturmålinger i festemidlene. For hvert delfelt ble det øverste og nederste festemidlet i vertikaloppstillingen instrumentert med termoelementer. Det ble målt overflatetemperaturer i umiddelbar tilknytning til festemidlene, samt målinger av temperaturfallet over en gitt lengde av festemidlet. I tillegg ble overflatetemperaturer målt flere steder på begge sider av takfeltet som vist på Figur 6.



Figur 6. Prøveoppsett av takfelt i hot box. Termoelement er merket med kryss og nummerert som vist på figuren til høyre. Kun de øverste og nederste festemidlene ble instrumentert i målingene.

Varmetapet gjennom festemidlene kan kvantifiseres ved hjelp av målt temperaturgradient over festemidlet (forskjell i temperatur mellom to målepunkt dividert på avstanden mellom målepunktene). Kjente materialparametere benyttes så i kombinasjon med disse målingene til å beregne en verdi for varmestrømmen etter ligning 2. Disse målingene ga gode og entydige måleresultater.

$$\Phi = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta\theta}{d} \quad (2)$$

Φ	= Varmestrøm	[W]
λ	= Varmekonduktivitet	[W/(mK)]
A	= Tverrsnittsareal av festemidlet	[m ²]
$\Delta\theta$	= Temperaturforskjell mellom målepunktene	[K]
d	= Avstand mellom målepunktene	[m]

3. Resultater og diskusjon

3.1 Analytiske beregninger

I NS-EN ISO 6946:2007: Bygningskomponenter og -elementer – Varmemotstand og varmegjennomgang - Beregningsmetode, angis regneregler for beregninger av bygningskomponents varmegjennomgangskoeffesient, U-verdi. I kapittel D.3.2 i denne standarden er det angitt en forenklet formel for beregning av varmestrøm i festemidler i vegger og tak. Basert på denne formelen, vist her som ligning 3, og kjente varmetekniske egenskaper for materialene i testkonstruksjonen er det beregnet teoretiske verdier for varmestrømmen i festemidlene i takfeltet.

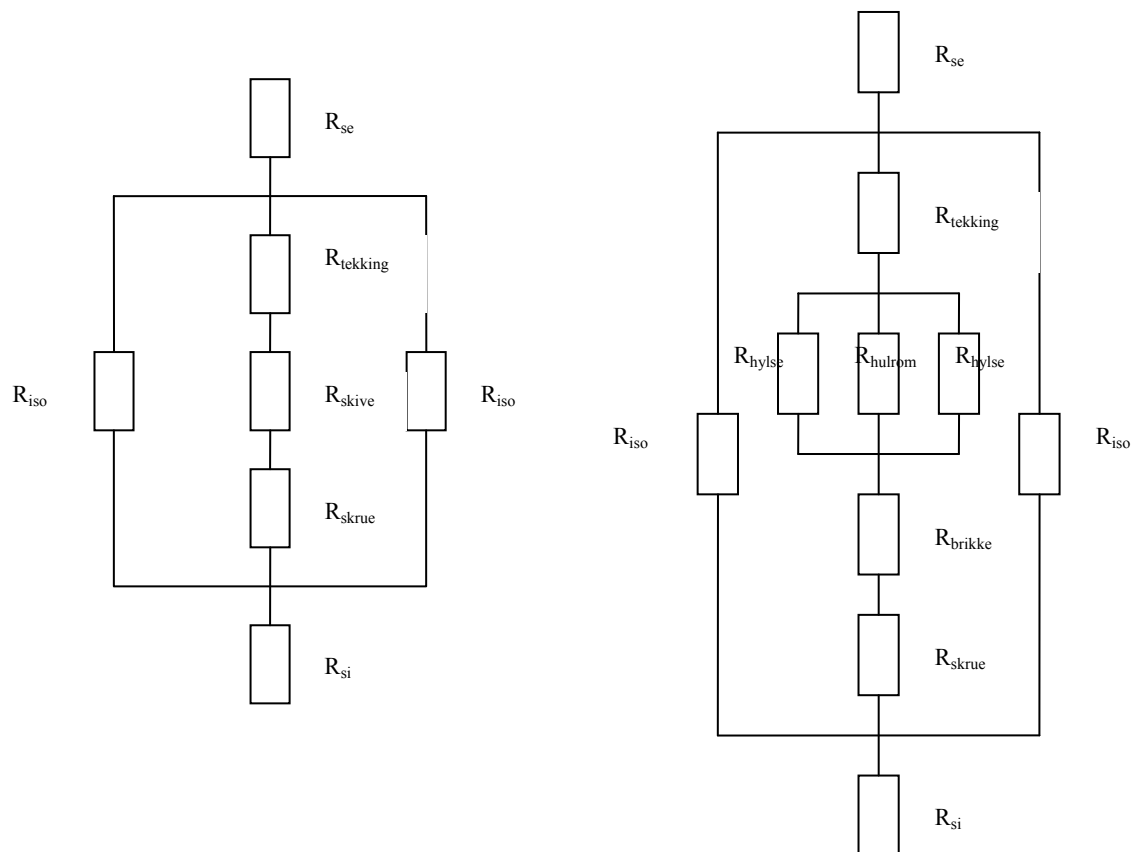
$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right) \quad (3)$$

$\alpha = 0,8$ for festemidler av stålskiver i kombinasjon med stålskruer

$\alpha = 0,8 \cdot \frac{d_1}{d_0}$ for festemidler av plastbrikker med hylse i kombinasjon med stålskruer

λ_f = varmekonduktivitet for festemiddelet	(W/(mK))
n_f = antall festemidler pr kvadratmeter takflate	(-)
A_f = Tverrsnittsarealet av ett festemiddel	(m ²)
d_0 = Tykkelse av isolasjonslag	(m)
d_1 = Lengden av festemiddelet	(m)
R_1 = Varmemotstanden til isolasjonslaget som penetreres av festemiddelet	((m ² K)/W)
$R_{T,h}$ = Varmemotstanden til hele konstruksjonsdelen (taket)	((m ² K)/W)

Som et tillegg til dette er det gjort detaljerte analytiske beregninger etter NS 3034; *Varmeisolering - Tynnplatekonstruksjoner med kuldebroer - Beregning av varmemotstand*. Denne standarden angir beregningsmetoder for den flerdimensjonale varmestrømmen i festemidlene ved hjelp av en geometrisk motstandsmodell. Ved å koble sammen varmemotstandene til de forskjellige delene lager man en kretsmodell og varmestrømmen kan beregnes på samme måte som elektriske motstander i en elektrisk krets. Kretsmodellene for festemiddelene er vist på Figur 7.



Figur 7. Kretsmodeller for beregning av varmestrøm i festemidlene. Stålskiver i kombinasjon med stålskruer er vist til venstre. Plastbrikker i kombinasjon med stålskruer er vist til høyre.

Beregnete verdier etter begge standardene er vist i tabell 3.

Tabell 3. Analytisk beregnede verdier for varmestrøm i festemidler.

Stålskiver i kombinasjon med stålskruer				Plastbrikker med hylse i kombinasjon med stålskruer	
Lengde festemiddel	Lengde plasthylse	Varmestrøm beregnet etter NS-EN ISO 6946 (W/K)	Varmestrøm beregnet etter NS 3034 (W/K)	Varmestrøm beregnet etter NS-EN ISO 6946 (W/K)	Varmestrøm beregnet etter NS 3034 (W/K)
10 cm	8 cm	0,00448	0,00648	0,00090	0,00069
20 cm	18 cm	0,00237	0,00318	0,00024	0,00059
30 cm	25 cm	0,00161	0,00211	0,00027	0,00056

3.2 Laboratorieforsøk

Verdier basert på varmestromsmålinger

Målingene ble gjort i SINTEF Byggforsks hot box i Trondheim i perioden 3.feb. 09 til 25.feb. 09. Måleresultatene indikerer en viss unøyaktighet i forbindelse med varmestromsmålingene for festemidlene. Måling på takfeltet før festemidler var montert (måleserie 1 i Tabell 2) ga en større tilført effekt til målekammeret enn etter at festemidler var satt inn i prøvefeltet (måleserie 2 og 3 i Tabell 2).

Den beregnede varmestrømmen gjennom festemidlene utgjør om lag 1,5 – 2 % av den samlede tilførte effekten til målekammeret. Dette er verdier som burde ligge innenfor en realistisk målenøyaktighet for denne typen målinger i hot box. Avvik i måleresultatene er trolig knyttet opp mot størrelsen på den samlede tilførte effekten til målekammeret. Det kan knyttes en rekke usikkerheter opp mot måling av denne størrelsen:

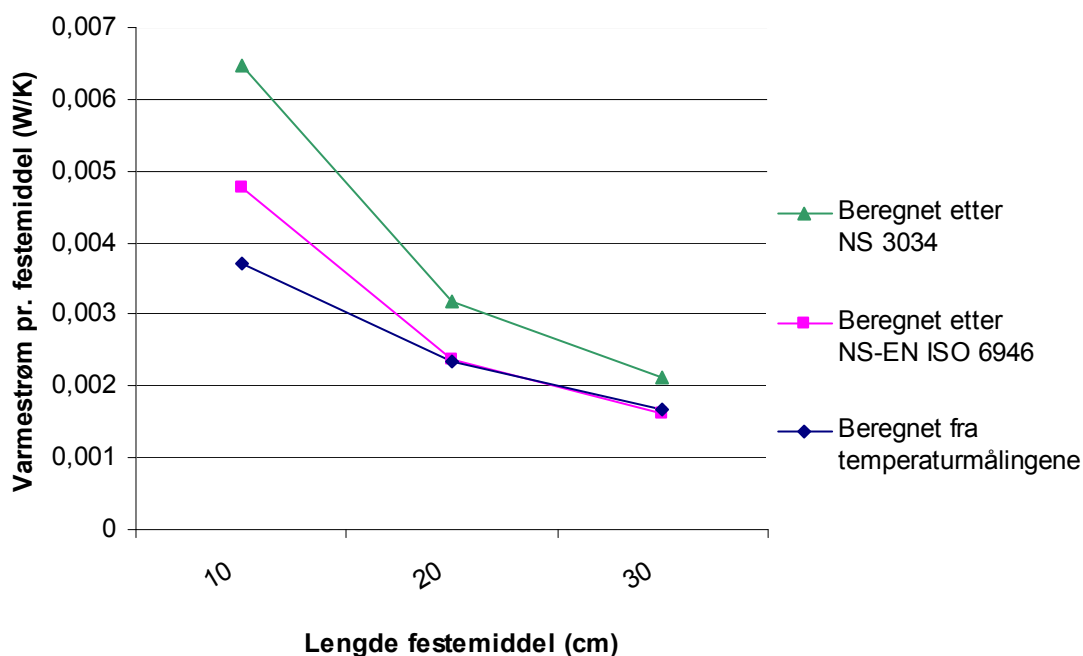
- Utettheter mellom målekammer og varmt kammer
- Luftlekkasjer under ”flikene” i takfolien
- Ulik tykkelse på luftlaget under ”flikene”; kan føre til økt motstand i sjiktet ned til festemidlet
- Måleusikkerhet i apparaturen (hot box)
- Materialparametre til festemidlene (aktuelt ved beregning av varmetap basert på målte temperaturer)
- Forandringer i folien fra måling til måling. Folien kan ha løsnet fra isolasjonen og dannet luftblærer som gir ulik varmemotstand i feltet fra måleserie til måleserie.

Målte verdier for varmestrømmen i festemidlene er av disse årsakene ikke gjengitt i denne rapporten.

Festemidler av stålskiver i kombinasjon med stålskruer, verdier basert på temperaturmålinger

Tabell 4. Varmestrøm i festemidler av stål.

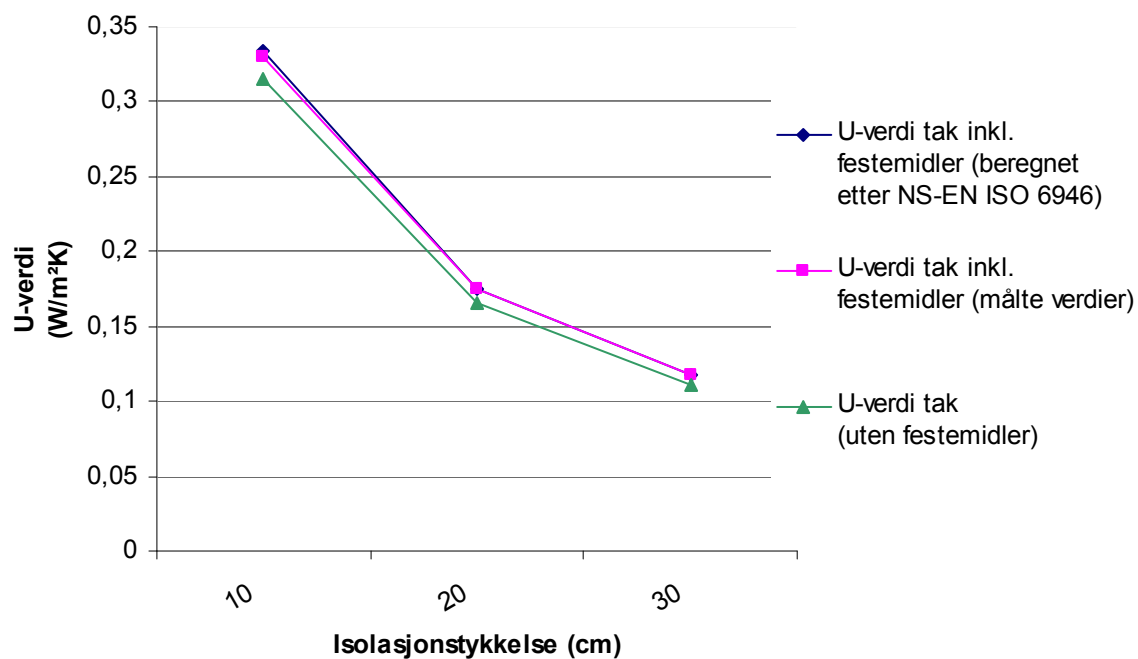
W/K	Basert på temperaturmålinger i hot box	Beregnet etter NS-EN ISO 6946	Beregnet etter NS 3034
Varmestrøm pr. 10cm festemiddel	0,00372	0,00448	0,00648
Varmestrøm pr. 20cm festemiddel	0,00233	0,00237	0,00318
Varmestrøm pr. 30cm festemiddel	0,00168	0,00161	0,00211



Figur 8. Varmestrøm i festemidler av stål.

Det er god overensstemmelse mellom verdiene beregnet etter NS-EN ISO 6946 og verdier basert på temperaturmålingene, spesielt for de to lengste festemidlene. Verdier beregnet etter NS 3034 ligger noe over de andre verdiene. For noen av festemidlene ble det ikke registrert temperaturer, sannsynligvis på grunn av brudd i termoelementene.

Ifølge beregningsmetode i NS-EN ISO 6946 skal korreksjoner av en konstruksjonsdels U-verdi som følge av utilsiktede luftlommer, mekaniske festemidler eller nedbør på omvendte tak medregnes dersom korreksjonen utgjør mer enn 3 % av U-verdien. Iht. resultatene for varmemstrøm i festemidlene fra målingene i hot box må denne typen festemidler av stål regnes med i U-verdien til taket dersom det benyttes to eller flere festemidler pr. m² takflate. Prosentvis endring i total U-verdi er omtrent den samme uavhengig av taktykkelsen. Effekten av fire festemidler pr. m² takflate på U-verdien for tak med isolasjonstykkelse 10, 20 og 30 cm tykkelse er vist i Figur 9.

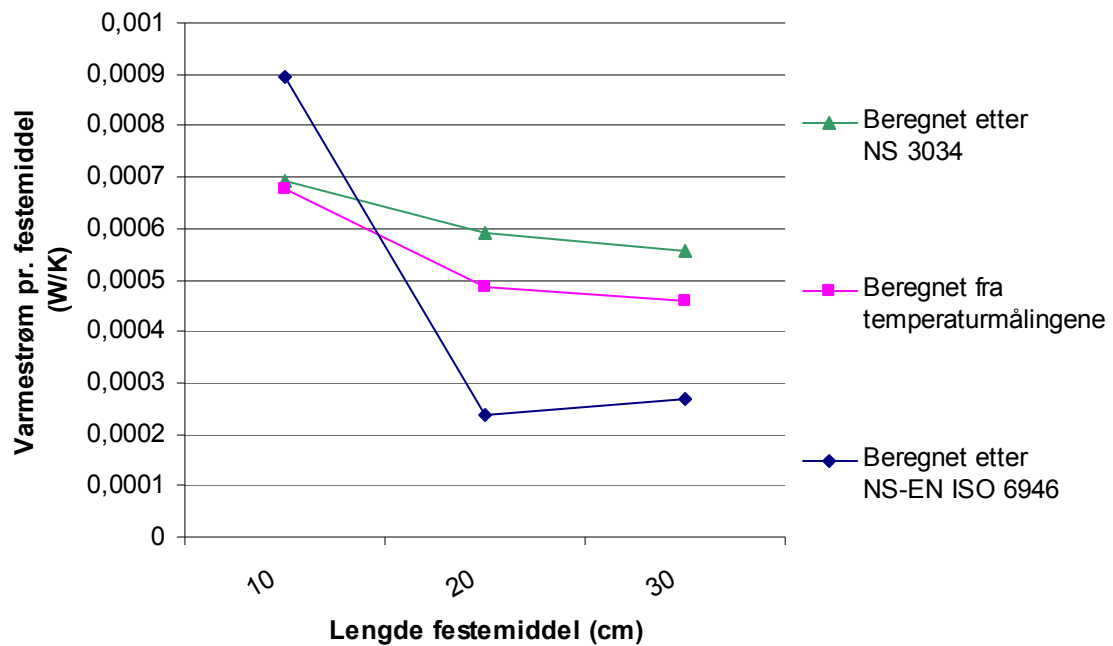


Figur 9. U-verdier for kompakte tak. Effekten av fire festemidler pr m² av vanlig korrosjonsbeskyttet stål på takets totale U-verdi.

Festemidler av plast, verdier basert på temperaturmålinger

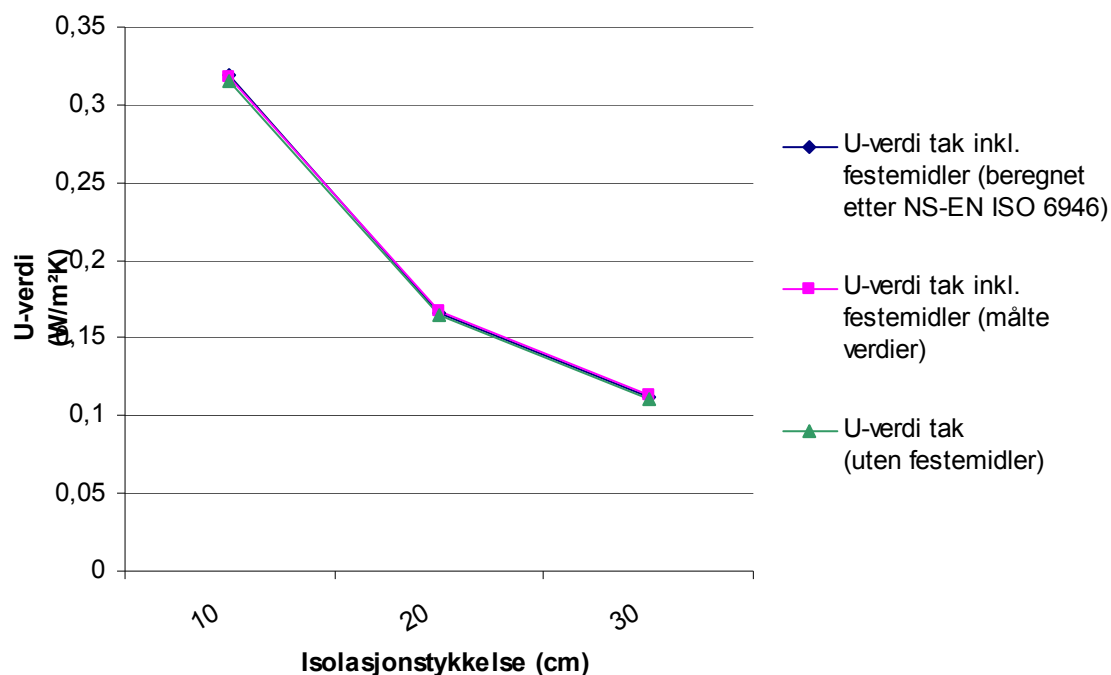
Tabell 5. Varmestrøm i festemidler av plasthylser i kombinasjon med stålskruer. Verdier basert på temperaturmålinger.

W/K	Basert på temperaturmålinger i hotbox	Beregnet etter NS-EN 6946	Beregnet etter NS 3034
Varmestrøm pr. 10cm festemiddel	0,000680	0,000896	0,000692
Varmestrøm pr. 20cm festemiddel	0,000490	0,000237	0,000592
Varmestrøm pr. 30cm festemiddel	0,000460	0,000268	0,000556



Figur 10. Varmestrøm i festemidler av plasthylser i kombinasjon med stålskruer.

Man ser av Figur 10 at verdier beregnet etter NS-EN ISO 6946 avviker noe fra de andre verdiene. Dette skyldes i hovedsak at det i den forenklede formelen i NS-EN ISO 6946 ikke tas hensyn til hulrommet i plastdelen av festemidlet. Ved måling og beregning etter NS 3034, vil hulrommet bidra til en viss økning i varmestrømmen sammenlignet med et kompakt festemiddel av plast. Plasthylsene benyttet for tak med 20 cm isolasjon er 18 cm lang, mens det er benyttet en 25 cm lang plasthylse for taket med 30 cm isolasjon. Forholdstallet mellom lengden av hylsen og den totale lengden av hele festemidlet påvirker også varmestrømmen i større grad ved beregning etter NS-EN ISO 6946 enn ved måling eller beregning etter NS 3034.

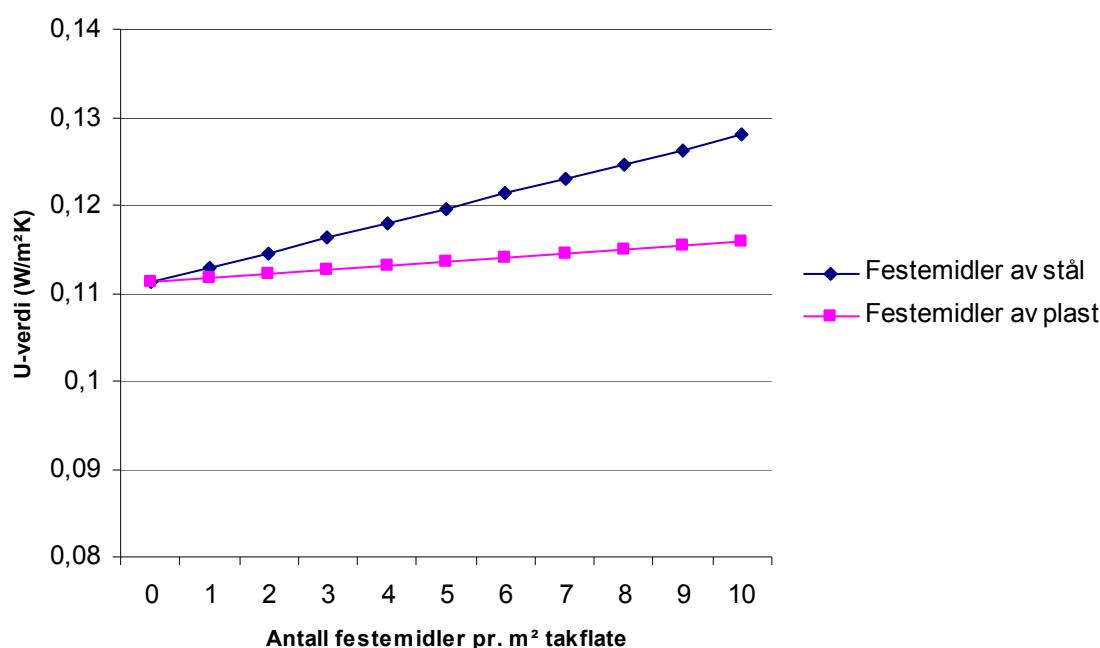


Figur 11. U-verdier for kompakte tak. Effekten av fire festemidler pr m² av plasthylser i kombinasjon med stålskruer på takets totale U-verdi.

Som det fremgår av Figur 11 avviker U-verdier medregnet varmetapet i festemidler svært lite fra U-verdier uten festemidler. I henhold til NS-EN ISO 6946 kan tillegg til en bygningsdels U-verdi som utgjør mindre enn 3 % av U-verdien utelates fra den samlede U-verdien. Basert på de beregningene og målingene som er gjort i dette prosjektet anbefales det derfor at tillegg til varmetapet i kompakte tak med denne typen festemidler av plast kan neglisjeres.

4. Oppsummering

Som det fremgår av resultatene fra analytiske beregninger og målinger i hot box kan innvirkningen av festemidlene i et kompakt tak påvirke det samlede varmetapet for taket i større eller mindre grad, avhengig av antall og type festemiddel. I Figur 12 er det vist hvordan U-verdien for et kompakt tak med 30 cm isolasjon påvirkes av antall og type festemidler. Dersom det benyttes festemidler av plasthylser i kombinasjon med stålskruer, påvirkes ikke U-verdien i særlig stor grad. Dersom gjennomgående festemidler i stål benyttes, vil derimot U-verdien for taket bli påvirket i noe større grad.



Figur 12. U-verdier for tak med 30 cm isolasjon som funksjon av antall festemidler. U-verdier er gitt med beregninger av varmestrømmen i festemidlene basert på temperaturmålingene.

Antall mekaniske festemidler på et tak varierer en del i forhold til aktuell vindlast på stedet, men i gjennomsnitt benyttes mellom to og tre festemidler pr kvadratmeter av taket. Tillegget til takets U-verdi pr festemiddel er vist i Tabell 6.

Tabell 6. Tillegg til takets U-verdi som funksjon av type festemiddel.

Type festemiddel	Tillegg til takets U-verdi i % pr. festemiddel pr. m ²
Stålskive i kombinasjon med stålskrue	1,5
Plasthylser i kombinasjon med stålskrue	0,4

Verdiene for varmetap i festemidler som er målt og beregnet i denne rapporten indikerer at det for tak med festemidler av stål må regnes med en korleksjon til takets U-verdi dersom det benyttes to eller flere festemidler pr. m² takflate. Hvis det derimot benyttes festemidler av plasthylser, av typen beskrevet i denne rapporten, i kombinasjon med stålskruer vil tillegget til takets U-verdi først måtte regnes med dersom det benyttes åtte festemidler eller mer pr. m² takflate.

5. Referanser

BKS 471.017; Byggforsk Kunnskapssystemer; *Kuldebroer. Tabeller med kuldebroverdier*; august 2007

BKS 525.207; Byggforsk Kunnskapssystemer; *Kompakte tak*; september 2007

Gustavsen m.fl., 2008; Gustavsen A., Thue J.V., Blom P., Dalehaug., Aurlen T., Grynning S., Uvsløkk S.; SINTEF Byggforsk Prosjektrapport nr.25 2008; *Kuldebroer – Beregning, kuldebroverdier og innvirkning på energibruk*, ISBN 978-82-536-1037-5; Trondheim sept. 2008

NS 3034; *Varmeisolering Tynnplatekonstruksjoner med kuldebroer - Beregning av varmemotstand*

NS-EN ISO 6946:2007; *Bygningskomponenter og –elementer. Varmemotstand og varmegjennomgang. Beregningsmetode*; desember 2007

ISO 8302:1991; *Thermal insulation -- Determination of steady-state thermal resistance and related properties -- Guarded hot plate apparatus* Utgave: 1 (15.08.1991)

NS-EN ISO 8990:1997; *Varmeisolering Bestemmelse av stasjonære varmeoverføringsegenskaper Kalibrert og skjermet varmestrømsapparat*; 1.utgave april 1997;

NS-EN ISO 10456:2007; *Byggematerialer og –produkter- Hygrotermiske egenskaper - Tabulerte verdier og prosedyrer for bestemmelse av deklarererte og praktiske verdier*; desember 2007

SINTEF er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

SINTEF Byggforsk er et internasjonalt ledende forskningsinstitutt og Norges viktigste formidler av forskningsbasert kunnskap til bygge- og anleggsnæringen. Vi skaper verdier for våre kunder og for samfunnet gjennom forskning og utvikling, spesialrådgivning, sertifisering og kunnskapsformidling. Våre publikasjoner omfatter Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.

