

2. udgave af TOR-anvisning 22

Af civilingeniør Tommy Bunch-Nielsen
Tagpapbranchens Oplysningsråd

Tagpapbranchens Oplysningsråd har netop udsendt 2. udgave af TOR-anvisning 22, 1. udgave udkom i 1997.

Anvisningens 2. udgave er tilrettet på en række punkter, og den største ændring er sket i afsnittet om brand. Efter at By- og Boligministeriet ophævede bilag 3 til BR 95 i 1999, er kravene til dokumentation af tagdækninger ændret. Det er ikke længere muligt at angive generelle anvisninger, idet det er op til den enkelte leverandør at dokumentere egne specifikationer på de aktuelle underlag.

Dokumentation kan bestå af en prøvningsrapport fra et af de nordiske brandtekniske institutter (DBI, SP, m.fl.) eller

en MK-godkendelse fra ETA Danmark A/S. Det må pointeres, at den brandtekniske dokumentation omfatter den aktuelle specifikation af både underpap og overpap på det aktuelle underlag af træ eller mineraluld.

Der er også kommet nye brandkrav til tagdækninger omkring brandkamserstatninger på brandfarlige virksomheder udsendt af Beredskabsstyrelsen som et tillæg til de Tekniske Forskrifter, TF

Kravet til tagdækningen ved brandkamserstatninger er ændret fra ubrandbar tagdækning til en skærpet klasse T tagdækning, hvor brandudbredelsen ved prøvning højst må være 300 mm mod normalt 550 mm.

Energimæssige egenskaber af ovenlys

Claus F. Jensen og Svend Svendsen BYG•DTU

Områdets lovgivning

Gældende bygningsreglement foreskriver at varmetransmissionskoefficienten, U-værdi, for ovenlys højst må være 1,8 W/m²K dog 2,9 W/m²K hvis der projekteres efter varmetabs- eller energiramme. U-værdien af ovenlyset henføres til det udvendige overfladeareal ifølge DS 418 A1-4 + rettelser "*Beregning af bygningers varmetab - sammenskrivning af DS418: 1986 med tillæg 1-4, samt rettelsesblade*" (udgivet 1/5 -2001). I DS418 angives der ikke simple beregningsmetoder for ovenlys. Der må derfor benyttes detaljerede beregninger. I Bygningsreglementet 1995 kræves en beregning af væsentlige kuldebroer i anvendte konstruktioner, hvilket for ovenlys vil sige samlingen mellem kuppel og karm.

I Tillæg 2 til BR95 er der indført et krav om et maksimalt linietaf tab ved samlingen mellem tagkonstruktion og ovenlys, som skal udformes så den lineære varmetransmissionskoefficient, Ψ_s , ikke overstiger 0,10 W/mK dog 0,30 W/mK ved varmetabs- eller energiramme. Koefficienten findes ud fra DS418, eller ved at foretage detaljerede beregninger af indbygningsdetaljen.

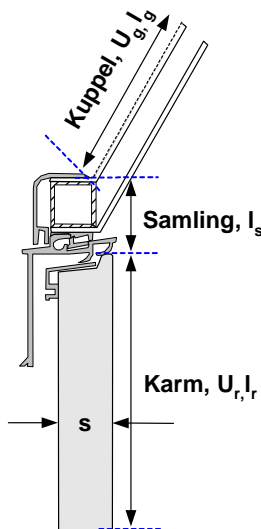
Der er således behov for dokumentation af de energimæssige egenskaber af ovenlys. Der er blevet etableret en energimærkningsordning for ovenlys baseret på en detaljeret beregning af de energimæssige egenskaber. Derved vil det blive lettere for projekterende, udførende og kommunale myndigheder at behandle ovenlys i byggesager, og der kan med fordel kræves dokumentation for de energimæssige egenskaber.

Beregningsprocedure

Der er udviklet en metode for detaljeret beregning af de energimæssige egenskaber for ovenlys, som kan findes på www.ibe.dtu.dk/vinduer. Metoden omtales kort i det følgende.

Princippet i beregningsproceduren tager udgangspunkt i beregningsmetoden for almindelige vinduer, som beskrevet i DS 418, prEN ISO 10077-2 "Thermal performance of windows doors and shutters" samt Kompendium 3 fra IBE "Ruder og vinduers energimæssige egenskaber - Detaljerede metoder til bestemmelse af energimærkningsdata". Kompendium 3 forefindes ligeledes på hjemmesiden.

Beregningerne baseres på en fysisk opdeling af ovenlyset i tre dele, som vist på figur 1.



Figur 1 Regneteknisk opdeling af profil

Til bestemmelse af ovenlysets U-værdi skal der bestemmes en transmissionskoefficient for kuppelen, U_g , og for karmen, U_r , samt en lineær transmissionskoefficient, ψ , for samlingen mellem disse. Den lineære transmissionskoefficient inkluderer de varmetab, der ikke sker som et én-dimensionelt varmetab gennem hhv. kuppel eller karm.

Kuppel

Center U-værdien for den anvendte kuppel, U_g , kan afhængig af typen findes på to måder. Hvis ovenlyskuplen består af akrylplader med et hulrum, beregnes U_g iht. DS 418 med akryl i

stedet for glas, dvs. isolansen af akrylpladerne erstatter isolansen for tilsvarende plader af glas.

Anvendes der en kuppel med hulkammerplade/ribbeplade, baseres U_g på målinger.

Karm

Beregning af karmens transmissionskoefficient foretages ved at opbygge en simpel model af karmen for et homogent udsnit. Karmen konverteres fra det oprindelige design til en simpel rektangulær opbygning med dimensionen $l_r \cdot s$.

Lineær varmetransmissionskoefficient

Den lineære varmetransmissionskoefficient findes ved at foretage en beregning af U_{tot} for et udsnit af ovenlyset som vist på figur 1. Beregningen kan fx foretages i beregningsprogrammet "Therm".

Den lineære transmissionskoefficient findes som:

$$\psi = (U_{tot} \cdot l_{tot}) - U_r \cdot l_r - U_g \cdot l_g$$

$(U_{tot} \cdot l_{tot})$ er den samlede varmestrøm, der beregnes i "Therm" og som udskrives som separate U_{tot} - og l_{tot} -værdier. Typisk anvendes den samlede indvendige overflade for l_{tot} og kontrolleres i forhold til varmestrømmen gennem den udvendige overflade.

Varmetransmissionskoefficient for ovenlys

Alle de nødvendige størrelser er nu fundet, og ovenlyskuplens totale U-værdi kan findes som:

$$U = \frac{A_g \cdot U_g + A_r \cdot U_r + \psi \cdot l_\psi}{A'}$$

$$A' = A_g + A_r + A_s$$

Det samlede areal A' beregnes som summen af A_g , A_r og A_s , svarende til at samplingsprofilets overfladeareal udgør en del af det egentlige transmissionsareal.

Lineære varmetransmissionskoefficient for samling mellem tagkonstruktion og ovenlys

Ifølge DS418 kan den lineære varmetransmissionskoefficient for tabet ved samlingen findes ved tabelopslag. Tabellen forudsætter at der anvendes en separat karm, der fungerer som en del af taget og ikke er indregnet i U-værdien af ovenlyset.

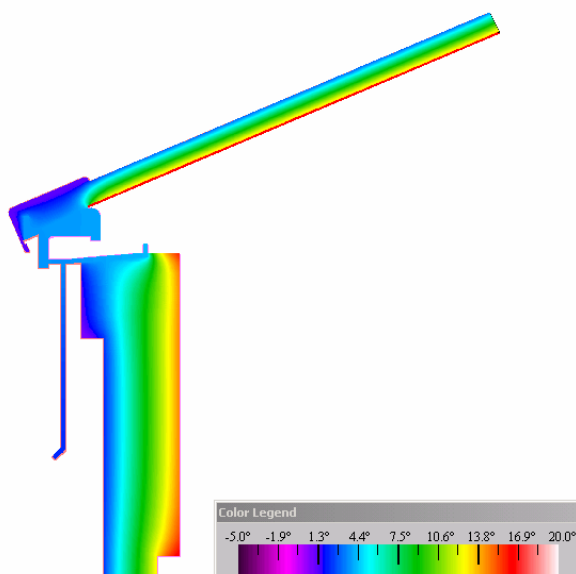
Den lineære varmetransmissionskoefficient kan også beregnes detaljeret.

Beregningsproceduren for den detaljerede bestemmelse er identisk med den i DS418 foreskrevne.

Eksempler

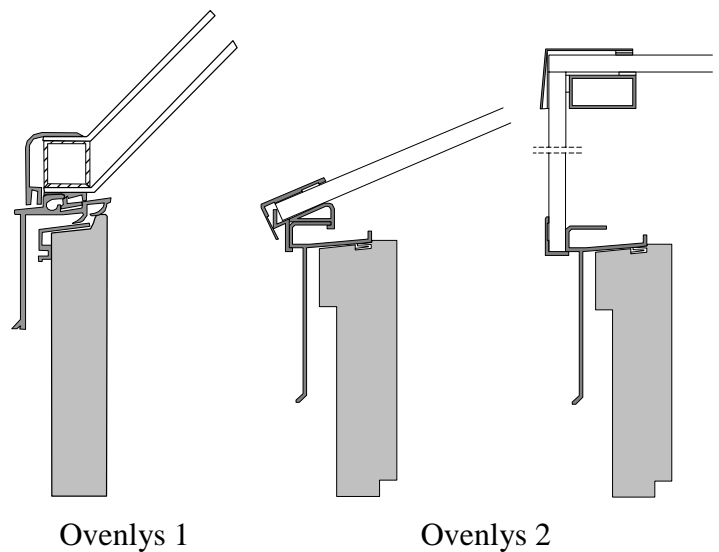
Der er til illustration foretaget beregninger af to forskellige ovenlysprofiler, hvor ovenlysens varmetekniske egenskaber er beregnet i henhold til den omtalte beregningsprocedure. Der er anvendt ovenlys med indvendige karm mål på hhv. 1 x 1 m og 1,2 x 2,4 m. Ovenlys 1 udstyres med en 2-lags pyramide formet kuppel, og ovenlys 2 med en 10 mm hulkammerplade. Ovenlys 2 anvender forskelligt side- og gavlprofil, med en trykfast kl. 39 isolering som gavl. Ovenlys 2 vil derfor regneteknisk have tre forskellige lineære varmetransmissionskoefficienter, mellem karm/"kuppel", karm/isolering og isolering/"kuppel". Profilerne for ovenlys 1 og 2 er vist på figur 2.

Beregningsprogrammet "Therm" er anvendt til alle beregninger. På figur 3 er illustreret et plot af ovenlys 2's temperaturprofil.



Figur 3 Temperaturprofil af ovenlys 2

Figur 2 Illustration af de anvendte ovenlysprofiler



Følgende data er beregnet for de to ovenlys

Tabel 1 Resultater for ovenlys 1

	1 x 1 m	1,2 x 2,4 m
$U_g \cdot A_g$	2,75 W/m ² K · 1,50 m ²	2,75 W/m ² K · 4,23 m ²
$U_r \cdot A_r$	2,33 W/m ² K · 0,83 m ²	2,33 W/m ² K · 1,46 m ²
$\Psi \cdot l_{\Psi}$	0,21 W/mK · 4,12 m	0,21 W/mK · 7,32 m
$U \cdot A'$	2,7 W/m²K · 2,53 m²	2,7 W/m²K · 6,04 m²

Tabel 2 Resultater for ovenlys 2

	1 x 1 m	1,2 x 2,4 m
$U_g \cdot A_g$	3,0 W/m ² K · 1,38 m ²	3,0 W/m ² K · 3,60 m ²
$U_r \cdot A_r$	2,28 W/m ² K · 0,64 m ²	2,28 W/m ² K · 1,12 m ²
$U_{iso} \cdot A_{iso}$	2,35 W/m ² K · 0,43 m ²	2,35 W/m ² K · 0,51 m ²
$\Psi_1 \cdot l_{\Psi_1}$	0,89 W/mK · 2,17 m	0,89 W/mK · 4,97 m
$\Psi_2 \cdot l_{\Psi_2}$	0,85 W/mK · 2,17 m	0,85 W/mK · 2,57 m
$\Psi_3 \cdot l_{\Psi_3}$	0,86 W/mK · 2,55 m	0,86 W/mK · 2,90 m
$U \cdot A'$	4,9 W/m²K · 2,56 m²	4,4 W/m²K · 5,44 m²

Som det ses af tabel 2 overholder ovenlys 2 ikke kravene i BR 95, som er en U-værdi på 2,9 W/m²K. Anvendes i stedet 3 eller 4 lags hulkammerplader vil ovenlyset, afhængig af størrelse, kunne overholde krav til U-værdi.

Lineær varmetransmissionskoefficient, Ψ_s , for samling mellem tagkonstruktion og ovenlys

Linietafet findes ved opslag i tabel i DS418, eller ved at foretage detaljerede beregninger af samlingen mellem tagkonstruktion og ovenlys ifølge metoden, som er beskrevet i appendiks til standarden. DS 418 indregner varmetabet gennem karmen i den lineære varmetransmissionskoefficient på grund af den måde det er valgt at lave den regnetekniske opdeling mellem tag og ovenlys. Begge fremgangsmetoder anses for værende gældende.

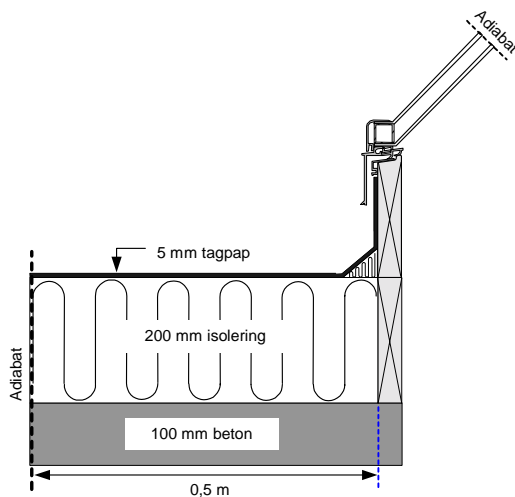
Den udviklede detaljerede beregningsmetode, som er at finde på den tidligere angivne internetadresse foreskriver, at alt over niveauet af tagets tagpap tilskrives de energimæssige egenskaber af ovenlyset.

Der opnås ved anvendelse af denne metode en U-værdi af ovenlyset som inkluderer varmetabet gennem karmen der er leveret af ovenlysproducenten, mens kun indbygningdetaljen i taget inkluderes i linietafet.

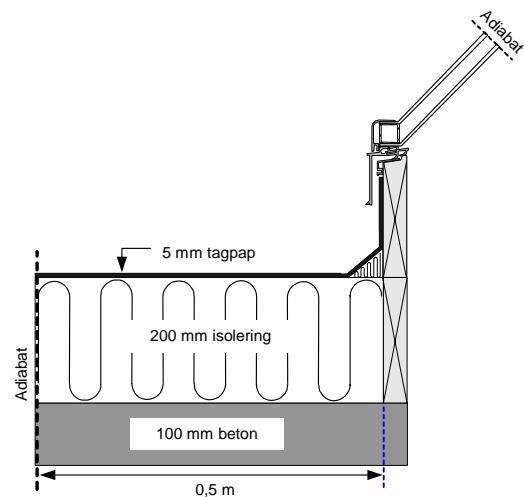
Begge metoder anvender i princippet den beregningsprocedure som er angivet i appendiks til DS418, men der er forskel på hvor hhv. tagets og ovenlysets afgrænsningsflade placeres.

For at illustrere hvad dette konkret betyder for de enkelte størrelser tages der udgangspunkt i fire typiske tagkonstruktioner. Se figur 4 til figur 7.

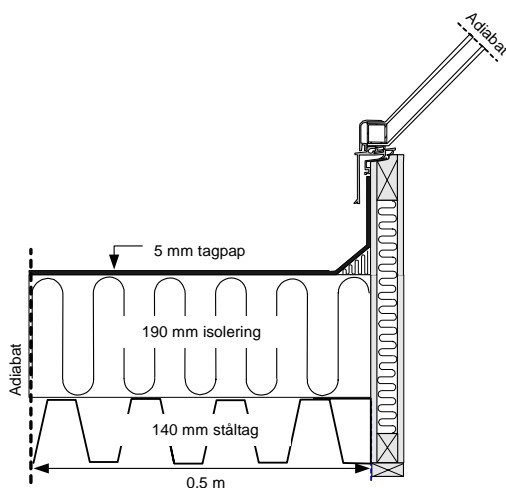
Alle beregninger i afsnittet er foretaget for ovenlys med et lysareal på 1,2 m · 2,4 m.



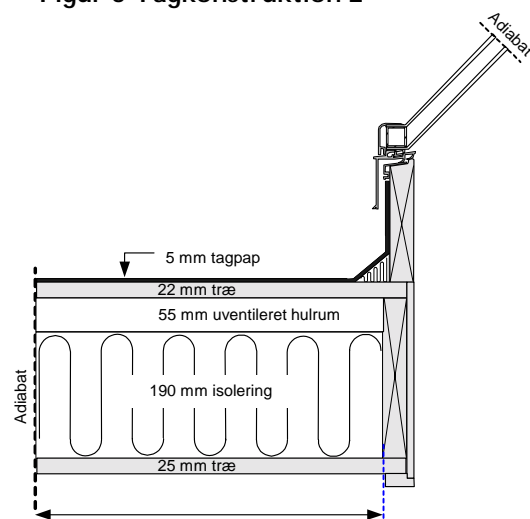
Figur 4 Tagkonstruktion 1



Figur 5 Tagkonstruktion 2



Figur 6 Tagkonstruktion 3



Figur 7 Tagkonstruktion 4

Som det kan ses af figurerne har tagkonstruktion 1, 2 og 4 den samme opbygning af ovenlyset over tagpap niveau, og efter den detaljerede beregningsprocedure tildeles de derfor identiske varmetransmissionskoefficienter. Ovenlysets U-værdi er tidligere bestemt til 2,7 W/m²K. Ovenlyset påsat tagkonstruktion 3 er udstyret med en isoleret karm og må derfor have en lavere U-værdi. Ovenlysets varmetransmissionskoefficient beregnes til 2,5 W/m²K.

Detaljerede beregninger af den lineære varmetransmissionskoefficient mellem tag og ovenlys foretages i henhold til metoden som er beskrevet i DS418 og beskrevet i den detaljerede beregningsprocedure på hjemmesiden. Der er anvendt fire forskellige tagkonstruktioner, og der beregnes derfor fire forskellige lineære varmetransmissionskoefficienter.

Tagkonstruktion	1	2	3	4
U [W/m ² K]	2,7	2,7	2,5	2,7
Ψ_s [W/mK]	-0,02	-0,01	0,01	0,07
Q [W/K]	16,2	16,2	15,2	16,8

Tabel 3 Beregnet data for fire tagkonstruktioner efter detaljeret beregningsmetode

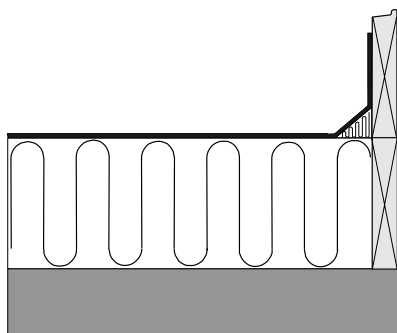
Som det ses af resultaterne i tabel 3 er linietafsværdierne meget lave og for to af konstruktionerne negative. Dette skyldes anvendelsen af tagpap og kileisolering der slutter op omkring ovenlyset, ikke er indlagt i de varmetekniske egenskaber af selve ovenlyset, men inkluderes ifølge den detaljerede beregningsmetode som en del af samlingen.

Benyttes i stedet tabellen i DS 418 findes den lineære varmetransmissionskoefficient inklusiv karm opbygningen. Dvs. at karmen ikke indregnes i den værdi som producenten angiver for sit produkt, men indfattes i en højere Ψ_s .

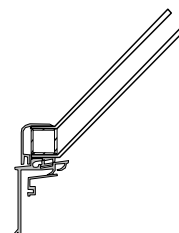
Højden af karmen (kaldt samling i DS418, da den betragtes som en del af taget) måles fra oversiden af isoleringen i taget og op til skæringen mellem ovenlysets karm og samling. Retningslinjerne i DS418 angiver ikke entydigt hvor snittet skal placeres.

Det er altid nødvendigt at have min. 200 mm fri ovenlyskarm over taget af hensyn til fx snefygning. Nærværende udregninger er derfor foretaget ved at tillægge disse 200 mm til de varmetekniske egenskaber af taget.

Der regnes efter følgende regnetekniske opdeling, illustreret vha. "Tagkonstruktion 1"



Figur 8 Materialer som indgår i tagets varmetekniske egenskaber



Figur 9 Materialer som indgår i ovenlysets varmetekniske egenskaber

Den regnetekniske opdeling af ovenlysene betyder at de fire illustrerede ovenlys alle får samme U-værdi. Beregnet til 2,9 W/m²K.

De lineære varmetransmissionskoefficienter findes ved tabelopslag. I de tilfælde hvor karmen består af partier med og uden isolering, er linietabet bestemt ved interpolation mellem tabellens enkelte kolonner. Linietabet fra to-dimensionelle effekter mellem karm-samling og samling-kuppel inkluderes i U-værdien for ovenlysdelen og findes ved hjælp af to-dimensionelle beregninger.

Tabel 4 Beregnet data for fire tagkonstruktioner efter detaljeret

Tagkonstruktion	1	2	3	4
U [W/m ² K]	2,9	2,9	2,9	2,9
Ψ_s [W/mK]	0,45	0,45	0,29	0,65
Q [W/K]	16,5	16,5	15,4	18,0

beregningsmetode.

Tagkonstruktion 4 er tildelt det største liniebidrag fordi karmen defineres fra oversiden af isoleringen i taget, mens tagkonstruktion 3 får den laveste værdi fordi den anvender isolering.

Sammenholdes resultaterne angivet i tabel 3 med tabel 4, ses det at både U- og Ψ_s -værdien er blevet større når der regnes efter DS418. Dette skyldes at varmetransmissionskoefficienten for ovenlyset hidrører fra et mindre udvendigt areal, da karmen ikke inkluderes og samtidigt er det

element med den laveste U-værdi. Varmetabet gennem karmen indlægges, som nævnt i stedet i linietabet, som derved bliver større. Da der er tale om et linietab, minimeres størrelsen ikke af det større betragtede areal.

Overordnet betyder det mindre hvad de enkelte værdier bliver, da der skal dimensioneres efter varmetabs- eller energiramme og de samlede varmetabskoefficienter er næsten identiske tabellerne imellem.

Som det ses af resultaterne i tabel 4 ligger alle fire ovenlys med en U-værdi der kun lige overholder kravet i BR 95, hvorfor der skal projekteres efter varmetabs- eller energiramme og den lineære varmetransmissionskoefficient derfor skal ligge under 0,3 W/mK. Kravet opfyldes kun af konstruktionseksempel 3 og endda kun lige akkurat.

Konklusion

Det vurderes at der er behov for at foretage detaljerede beregninger af de varmetekniske egenskaber for ovenlys, efter den i artiklen angivne metode. Det er vigtigt at få eftervist at markedets produkter er i stand til at overholde de foreskrevne krav i BR 95, både med hensyn til indbygningseffekten mellem ovenlys og tag, Ψ_s samt varmetransmissionskoefficient, U-værdien, for selve ovenlyset.

Ovenlysdokumentation fra producenten vil gøre det nemmere for de projekterende at vælge og prioritere de gode løsninger. Dokumentationen foretages via den etablerede

Flangeovenlys

Flangeovenlys har været forbudt til tagpaptage i mange år og de fleste er nu fjernet fra vore tage.

Vi har tilsyneladende glemt at forbyde flangeovenlys til vægge, som det ses af dette foto.

Også i facader er flangeovenlys problematiske, idet tagpappens vedhæftning til flangerne ikke kan holde på grund af temperaturbevægelser i

plastflangerne på ovenlyset.



Ovenlyskupler og brandventilationsåbninger

Tagpapbranchens Oplysningsråd har 13. september 2001 fra By- og Boligministeriets 10. kontor, det vil sige Byggelovskontoret, modtaget nedenstående brev, der er en konsekvens af den seneste tids debat i medierne om ovenlys.

Det skal dog bemærkes, at TOR ikke som anført i kravet har medlemmer, idet vi er en selvejende institution, som styres af et repræsentantskab.

By- og Boligministeriets brev fra 13. september 2001 til Tagpapbranchens

By- og Boligministeriet har konstateret, at ovenlyskupler og brandventilationsåbninger ikke altid overholder bygningsreglementets bestemmelser om varmeisolering og brandventilation. Ministeriet har derfor anmodet de 7 danske producenter om at dokumentere, at deres produkter overholder gældende lovgivning. Indtil dato har ministeriet imidlertid kun modtaget fyldestgørende dokumentation fra 2 virksomheder, Prima-lux A/S og Lumex A/S. Når fyldestgørende dokumentation fra hver af de øvrige producenter foreligger, vil By- og Boligministeriet orientere Tagpapbranchens Oplysningsråd herom.

For varmeisoleringen gælder, at nogle fabrikanter fejlagtigt angiver U-værdien for selve kuplen uden at tage hensyn til rammen, der udgør en alvorlig kuldebro. Af bygningsreglement 1995 kap. 8.2 fremgår det, at U-værdien højst må være 1,8 W/m²K. Det fremgår af kap. 8.1, stk. 2, at den energimæssige virkning af kuldebroer skal medtages ved beregning af U-værdien for de enkelte bygningsdele. DS 418 indeholder ingen simplificerede regler for ovenlys. Derfor må virksomheden f.eks. anvende netværksmetoder eller prøvning til at dokumentere, at U-værdien er overholdt.

For brandventilation, jf. bygningsreglement 1995 kap. 6.2, drejer det sig bl.a. om at sikre, at brandventilationsåbningerne også kan åbne med snelast, jf. DS 410 Norm for last på konstruktioner, at åbningsvinklen på 45° i forhold til taget overholdes, eller at åbningsarealet på anden vis opnås, og når brandventilationen også indgår i komfortventilationen, at komponenterne er dimensioneret for 10.000 åbne-/lukkefunktioner. Desuden skal ramme og karm naturligvis have tilstrækkelig styrke og stivhed, til at åbning med snelast kan ske.

Funktionen af installerede brandventilations-

åbninger kan afprøves ved at foretage en belastningsprøve med den relevante snelast i form af sandsække.

By- og Boligministeriet skal hermed anmode Tagpapbranchens Oplysningsråds medlemmer om fremover at sikre sig, at installerede ovenlys og brandventilationsåbninger overholder bygningsreglementernes krav. Ovenlys produceres ofte til et konkret byggeri, hvorfor den dokumentation, som By- og Boligministeriet har fået forelagt, ikke nødvendigvis er den relevante dokumentation i den konkrete byggeopgave.

By- og Boligministeriet har også rettet henvendelse til samtlige kommunalbestyrelser med henblik på, at der i den kommunale sagsbehandling vil blive lagt vægt på dokumentation for opfyldelse af bygningsreglementets bestemmelser vedrørende varmeisolering og brandventilation i forbindelse med ovenlys.

*Med venlig hilsen
Ejner Jerking*

Den 21. september modtog vi så følgende brev fra By- og Boligministeriet, som igen åbner for brug af ovenlys fra de producenter, der blev udelukket fra markedet i det første brev.

Se næste side.

By- og Boligministeriets brev fra 21. september 2001 til Tagpapbranchens Oplysningsråd:

I fortsættelse af By- og Boligministeriets brev af 13. september 2001 kan ministeriet nu oplyse, at følgende 7 firmaer har ovenlysprodukter, der opfylder bygningsreglementets mindstekrav til U-værdier på 2,9 W/m²K: Optilite A/S, Multi-Lite A/S, Hetag Light A/S, Skantag A/S, Danish Toplight A/S, Prima-lux A/S og Lumex A/S. Opmærksomheden henledes på, at de dokumenterede løsninger ikke indeholder væsentlige kuldebroer i form af gennemgående aluminiumsprofiler, med mindre de pågældende profiler er isolerede.

Den dokumentation, som ministeriet har modtaget, viser ikke, at alle de pågældende virksomheders produkter opfylder bygningsreglementets bestemmelser til varmeisolering. Nogle produkter kan således være beregnet til formål, hvor der ikke er krav til varmeisolering, hertil kommer, at der endnu ikke foreligger dokumentation for alle relevante produkter.

Med hensyn til brandventilation har alle firmaer ligeledes løsninger, der kan opfylde bygningsreglementernes bestemmelser. Desuden oplyser de fleste firmaer nu, at de maksimalt leverer ovenlys til brandventilation på 3 m². Et firma oplyser, at det tager forbehold for opfyldelse

af kravene til brandventilation, når arealet overstiger 3 m².

Ved store ovenlys er der således et særligt behov for at sikre sig ved dokumentation. Funktionen af installerede brandventilationsåbninger kan f.eks. afprøves ved at foretage en belastningsprøve med den relevante snelast i form af sandsække.

By- og Boligministeriet skal hermed anmode Tagpapbranchens Oplysningsråd om at orientere sine medlemmer om, at installerede ovenlys og brandventilationsåbninger overholder bygningsreglementernes krav.

Ovenlys produceres ofte til et konkret byggeri, hvorfor den dokumentation, som By- og Boligministeriet har fået forelagt, ikke nødvendigvis er den relevante dokumentation i den konkrete byggeopgave.

*Med venlig hilsen
Ejner Jerking*

Præfabrikerede trætagkassetter til renovering af varme tage

Af civilingeniør Georg Christensen
Bygge- og Miljøteknik ApS

I denne artikel omtales en ny type præfabrikerede isolerede fritbærende trætagkassetter, som kan anvendes ved renovering af gamle og opførelse af nye varme tage. Trætagkassetternes fugttekniske virkemåde er baseret på anvendelse af en Hygrodiode. Kassetterne er beregnet til oplægning på remme på et betondæk, hvorved der opstår et hulrum mellem dæk og kassetter. Det nye princip samt selve trætagkassetterne

På store tagflader, hvor tagkonstruktionens bærende del er en præfabrikeret eller pladsstøbt betonplade anvendes normalt varme tage, hvor varmeisoleringen fastgøres til betondækket og afsluttes opadtil med en tagpap eller tagfolie.

For at forhindre, at der i de varme tage trænger byggefugt op i isoleringen placeres normalt en dampspærre – ofte en tagpap – oven på betondækket. Hvis der er tale om

betonelement-dæk, betragtes disse normalt som så tørre, at byggefugten ikke giver problemer og i stedet strimles blot over samlinger for at forhindre fugtig rumluft i at strømme op igennem eventuelle utætte fuger mellem elementerne. Der er ingen ventilation i en sådan konstruktion.

En varm tagkonstruktion har to svagheder, som ofte giver anledning til at taget fugtskades med bekostelige renoveringsarbejder til følge. Først

blødt underlag dækket med tagpap eller tag-folie, som kan perforeres ved forskellige aktiviteter på tagfladen med vandindtrængen til følge. Dernæst lider konstruktionen af det såkaldte "badekarsyndrom". Herved forstås, at en lækage i tagdækningen vil medføre, at der kan samles store vandmængder oven på dampspærren. Dette vand vil, ved en godt udført dampspærre, først blive opdaget efter så lang tids forløb, at der kan forudses store udbedringsomkostninger fordi stor dele af tagisoleringen kan være vandfyldt og må udskiftes.

Nyt konstruktionsprincip

Et nyt princip til konstruktion af varme tage er udviklet af professor Vagn Korsgaard og løser på en overbevisende måde de to ovennævnte problemer. Det første problem - risiko for perforering af tagfladen – undgås da underlaget for tagdækningen er en robust krydsfinerplade. Det andet problem – risikoen for badekarsyndromet – undgås i meget høj grad ved at undlade at placere en dampspærre på betondækkets overside. Den nye tagkonstruktions fugttechniske virkemåde forklares i et senere afsnit.

Tagkassetternes opbygning

Tagkassetternes bærende del er træribber hvortil der på oversiden er sømlimet en 19-22 mm krydsfinerplade, som igen er dækket med en tagpap eller en tagfolie. Ribbehøjden er den samme som den isoleringstykkelse, der ønskes i kassetten. Dette vil typisk være 175-300 mm. På undersiden af tagkassetterne anbringes en Hygrodiode. I kassetten anvendes blød mineraluldisolering, som er væsentlig billigere end den hårde isolering, som anvendes i traditionelle varme tage.

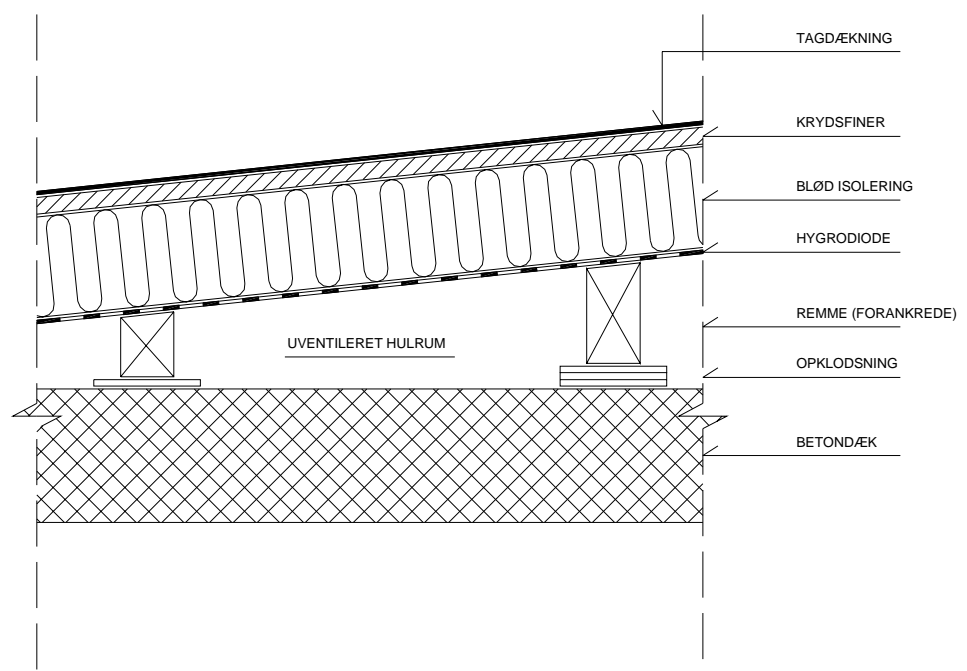
Kassetternes fri spændvidde vil typisk ligge imellem 3 og 8 meter. De oplægges på og fastholdes til remme, som punktunderstøttes og fastboltes til betondækket. Det nødvendige minimumsfald på 1:40 på tagfladen, kan enten opnås ved at anvende faldende ribbehøjde eller ved at oplægge tagkassetterne på remme med forskellig højde.

Der vil imellem tagkassetterne og betondækket være et hulrum normalt på mellem 100 og 300 mm. Dette hulrum er i princippet uventileret, men kan i en kortere periode anvendes til at udtørre tagkonstruktion for vand, som utilsigtet måtte være løbet ind i løbet af monteringsprocessen.

Et snit i en tagkassette med dens enkelte bestanddele er vist på figur 1. Endvidere er vist, hvorledes der mellem betondækket og tagkassetten er et hulrum, der ikke ventileres.

Fugttechnisk virkemåde

Når tagkassetterne efter et par år har nået en årtidsbestemt fugttechnisk ligevægtstilstand, vil der om vinteren findes en opadrettet og om sommeren en nedadrettet fugttransport. Den opadrettede fugttransport vil dog være meget beskeden, fordi Hygrodioden på tagkassetternes underside vil virke som dampspærre med en Z-værdi på ca. 50 GPa · s · m²/kg. Opfugtningen af tagkrydsfineren under vinterforhold vil derfor blive meget beskeden. Under sommerforhold med sol på taget vil fugten blive drevet nedad igen, hvor den vil kunne kondensere på Hygrodioden og ved kapillarkvælvning transporteres til hulrummet. Herfra vil fugten kunne



Figur 1:
Snit i tagkassette.

diffundere videre ned igennem betondækket – hvorpå der ikke findes nogen dampspærre - og videre ned til det underliggende rum, hvortil den afgives.

I byggefasen må det forudses, at der vil kunne komme til at stå fugt på betonoverfladen. Da der er tale om et uventileret hulrum vil fugtniveauet kunne blive meget højt i dette hulrum. Dette problem klares dog relativt enkelt ved at etablere mekanisk udsugning fra hulrummet i nogen tid. Til at observere fugtforholdene i hulrummet vil det være hensigtsmæssigt at placere nogle fugtmåleceller i hulrummet og foretage aflæsninger med mellemrum. Herved kan dels fugtforholdene under byggeprocessen holdes under observation og dels kan der – måske efter flere år - gribes ind, hvis der opstår en lækage i tagdækningen. I en sådan situation vil der kunne etableres ventilation af taghulrummet, indtil der er foretaget udbedring, og indtil der er sket den fornødne udtørring. En sådan mulighed findes ikke i et traditionelt varmt tag, såfremt der skulle opstå en utæthed i tagmembranen.

Praktiske erfaringer

Det ovenfor beskrevne princip har i det sidste årstid været efterprøvet i praksis gennem omfattende fugtmålinger i to byggerier. I det ene tilfælde var der tale om 500 m² tag over en undervisningsbygning, hvor et ældre utæt varmt tag blev erstattet af et varmt tag efter det nye konstruktionsprincip. I det andet tilfælde var der tale om et nyopført hotel med en tagflade på ca. 2500 m².

I kassetterne over undervisningsbygningen blev der anbragt 16 fugtmåleceller fordelt forskellige "strategisk" valgte steder både ved top og bund af kassetterne. På hotelbygningen blev der på tilsvarende måde anbragt 8 fugtmåleceller i trætagkassetterne.



Foto 1: Elementer monteret på betondæk på Hotel

På undervisningsbygningen blev først en del af det eksisterende varme tag fjernet, således at det blev muligt at montere remmene og fastbolte disse til betondækket. Dernæst blev kassetterne monteret på de laminerede træremme. Montagen foregik i kraftig regn i efteråret 2000 hvilket medførte, at det var nødvendigt at etablere mekanisk udsugning fra taghulrummet i foråret 2001 for at opnå tilstrækkelig udtørring af trætagkassetterne, som i flere tilfælde havde et fugtindhold på langt over 20 %. Det skal her bemærkes, at hvis ikke regnvand var trængt ind under monteringen, så havde det været planen at tilføre en del vand til hulrummet, for at vurdere de fugttekniske aspekter herunder nødvendigheden af at ventilere hulrummet. Den etablerede ventilation blev stoppet i forsommeren, da den naturlige udtørring, som følge af solpåvirkning, satte ind. I August 2001 er tagkassetterne udtørret til et fugtindhold på mellem 10 og 15 % og udtørringen pågår stadig. I hotelbyggeriet blev kassetterne monteret i en tør periode sommeren 2000 og efter en kort-varig forventet opfugtning i vinteren 2000/2001 til ca. 16 % forårsaget af byggefugt fra betondækket, er alt træ nu efter sommeren 2001 udtørret til ca. 9 %.

Afslutning

Udviklingen af trætagkassetter med en robust overside og en fugtkontrollerende underside med Hygrodiode har i meget høj grad løst de problemer, som tidligere har været knyttet til den fugttekniske funktion af varme tage. En tagkonstruktion af denne type med 200 mm isolering kan uden tagdækning og moms udføres for ca. 300 kr./m² medens en tilsvarende traditionel varm tagkonstruktion kan udføres for en pris på ca. 350 kr./m². Det må dog påpeges, at der ved fuld udnyttelse af princippet må påregnes en udgift til overvågning ved hjælp af nogle få indbyggede fugtmåleceller for at sikre, at en lækage i tagbelægningen kan opspores og repareres, inden der opstår omfattende skader på tagkonstruktionen. Udgiften til en sådan overvågning er dog forsvindende i forhold til omkostningerne ved en omfattende tagrenovering.

Albertslund gårdhavehuse – opfølgende fugtmålinger i trætagkonstruktionerne

Af civilingeniør Georg Christensen
Bygge- og Miljøteknik ApS

I første halvdel af år 2000 stillede By- og Boligministeriet midler til rådighed for en undersøgelse af fugtforholdene i de flade tagkonstruktioner i Albertslunds gårdhavehuse. Undersøgelsen blev gennemført af Bygge- og Miljøteknik ApS i et samarbejde med Albertslund Boligselskab. Det skal betones, at der ikke var konstateret noget unormalt, men der var gået ca. tyve år efter en større fugttechnisk renovering af tagene, og det blev derfor fundet interessant at undersøge, om fugtforholdene stadig var tilfredsstillende.

Renoveringen i sin tid, fandt sted efter en større undersøgelse af forskellige muligheder for at undgå de dengang store fugtproblemer i tagene. Den væsentligste del af den daværende undersøgelse gik ud på, at finde frem til den efterisoleringstykkel, som det var nødvendigt at anbringe oven på den eksisterende tagkonstruktion for under vinterforhold at få tagkrydsfineren gjort så varm og dermed tør, at opfugtning ikke ville finde sted.

Resultatet dengang blev, at der skulle efterisoleres ovenpå den oprindelige tagkonstruktion med mindst lige så meget isoleringsmateriale, som fandtes i det eksisterende tag.

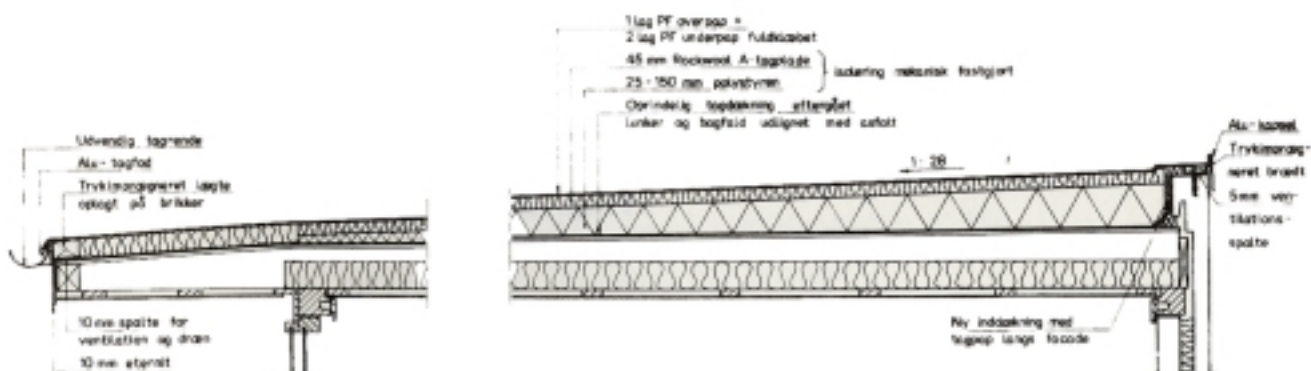
I de daværende 24 forsøgstage blev der anvendt en hård isolering med en tagpapdækning.

I den største del af de ca. 1500 huse blev det dog en variant af denne løsning, som blev anvendt, idet der blev opbygget en ny fritbærende tagpapdækket trætagkonstruktion spændende imellem ydervæggene, og oven på den gamle tagpapdækning blev der udlagt blød isolering.

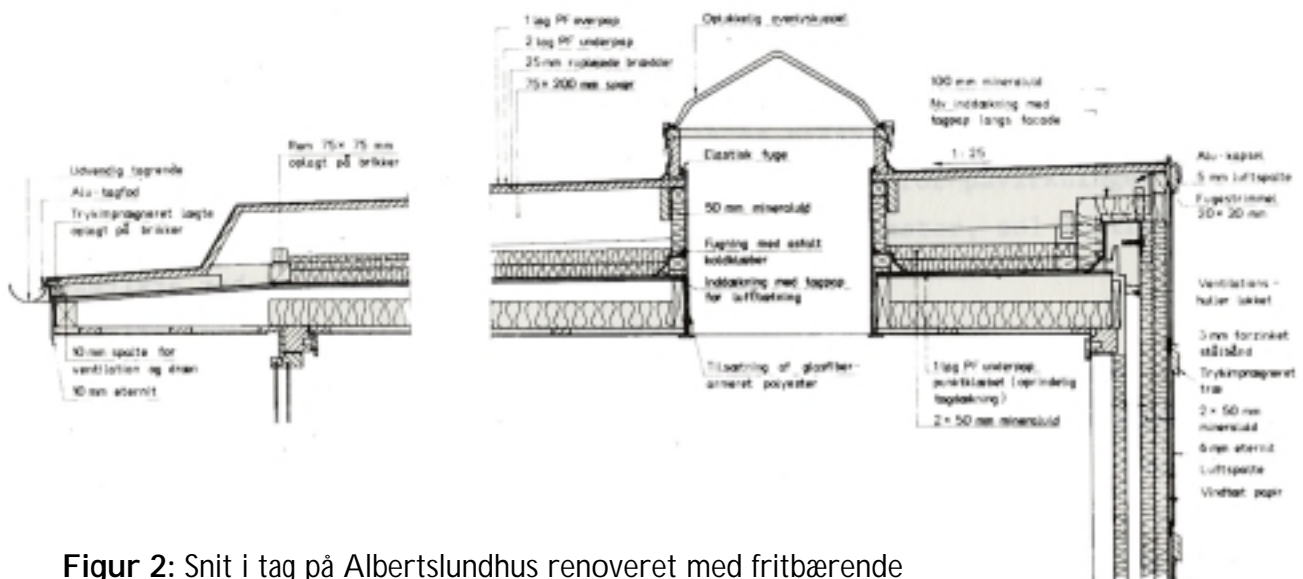
Årsagen til at bygherren foretrak den fritbærende tagkonstruktion var dels, at der med et bræddeunderlag for tagpappen blev opnået en mere robust tagoverflade, og dels at der var tvivl om, hvorvidt den eksisterende tagkonstruktion havde tilstrækkelig bæreevne.

Den nye opfølgende undersøgelse

Fugtmålinger blev gennemført i første halvdel af år 2000 med de i sin tid indbyggede fugtmålerondeller i krydsfinerpladen som var underlag for tagdækningen. Af de 24 huse som oprindeligt indgik i forsøgsprogrammet, var det muligt at gennemføre målinger i de fleste målepunkter i de 15, hvor ledningerne til fugtmålerondellerne stadig var intakte. I sin tid



Figur 1: Snit i tag på Albertslundhus renoveret med udvendig isolering. (Oprindelige forsøgstage).



Figur 2: Snit i tag på Albertslundhus renoveret med fritbærende

var der anbragt mindst 5 fugtmålerondeller i hvert hus (i enkelte op til 22).

I husene med den fritbærende tagkonstruktion var der udover de faste 5 målepunkter i tagkrydsfineren anbragt yderligere et målepunkt i tagbrædderne, som dannede underlag for den nye tagpappedækning. I alt blev der målt i 28 huse på 132 målepunkter ud af 170 mulige. Målingerne blev gennemført i januar, februar, marts og til sidst i juli, hvor det vides, at fugtindholdet vil være det laveste, som kan opnås igennem året.

Resultater

Generelt lå alle målinger i vintersæsonen med et fugtindhold på under 20 vægtprocent, hvad der normalt anses for grænsen for det tilladelige.

Der var dog i tre af de 28 undersøgte huse eet målepunkt, som gav fugtindhold over 20 vægtprocent. To af disse huse fandtes i de oprindelige forsøgshuse med trykfast isolering ovenpå den eksisterende tagpap og et punkt i tagbrædderne i de fritspændende trætagkonstruktioner. Disse tre målepunkter, som alle befandt sig over husenes baderum, blev derfor undersøgt nærmere ved at foretage destruktive indgreb i tagkonstruktionerne.

Resultat af indgreb i tagkonstruktion med trykfast isolering på gammelt tag

Et af disse tage blev i oktober/november 2000 åbnet både oppefra igennem den trykfaste isolering og nedefra ved fjernelse af loftkonstruktionen og isoleringsmateriale. Fugtrondellen sad som forventet, og direkte målinger med fugtmålerondellen og

kontrolmålinger i både krydsfinerrondel og omgivende tagkrydsfiner viste samstemmende et fugtindhold på 16-17 %. Den anden tagkonstruktion af denne type blev kun åbnet nedefra, men resultatet var som i det først undersøgte tilfælde. I begge tilfælde kunne det nedefra ses, at krydsfineren efter de tyve år stadig var helt lys og tør uden antydning af svamp eller skimmelsvamp. Der var heller ikke tale om lugt af skimmelsvamp/mug, som kunne indikere at der skulle være for fugtigt. Fugtmålerondellerne målte også helt korrekt selv efter de ca. tyve års forløb. Det er efterfølgende ved målinger af temperaturer og relative luftfugtigheder i de to boliger konstateret et usædvanligt fugtigt rumklima med relative luftfugtigheder på 65-75 %. Dette forhold er den mest sandsynlige forklaring på de høje registrerede fugtindhold i tagkrydsfineren.

Resultat af indgreb i den fritbærende tagkonstruktion

I oktober 2000 blev de to lag tagpap på tagets overside fjernet på ca. en kvadratmeter for at blotlægge fugtmålerondellen. Det var imidlertid ikke muligt at lokalisere den, men i stedet blev der i tagbrædderne med indstiksmåler målt fugtindhold, som var nede på omkring 8 vægtprocent, og alt så helt frisk og tørt ud. Det blev derfor ikke fundet hensigtsmæssigt at nedbryde større del af tagkonstruktionen for at lokalisere fugtmålerondellen. Det blev på grundlag af observationerne konkluderet, at et fugtmåleresultat på 30 vægtprocent var helt usandsynligt, og at den konstaterede "skæve" måling på fugtmålerondellen må skyldes en delvis kortslutning et sted i det elektriske målesystem.

Samlet konklusion

A. Princippet for udvendig efterisolering af ventilerede flade tage med anvendelse af mindst samme tykkelse isoleringsmateriale som findes i forvejen – og lukning af ventilation – fungerer fugttechnisk efter hensigten. Det kan oven i købet her konstateres, at der tilsyneladende er en lidt større fugttechnisk sikkerhedsmargen end oprindeligt antaget for tyve år siden.

B. Fugtmålerondellerne ser ud til (på nær en enkelt delvis kortsluttet) at fungere korrekt selv efter tyve års forløb, hvor det kunne være frygtet, at korrosion i eller ved elektroderne kunne have forstyrret målingerne.

Litteratur:

Albertslund gårdhavehuse – opfølgning af fugtmålinger i tagkonstruktionerne

By- og Boligministeriets rapport af december, 2000

Merisolering af flade tage, Byggeindustrien nr. 4, 1980

Merisolering af flade tage, COWIconsult, Publikation nr. 353,1980

Fugtmålinger i træ, COWIconsult, Publikation nr. 473,1984

TOR anvisning 22, 2. udgave Projektering af tage med tagpap og tagfolie, 2001

Nye BYG-ERFA Blade

Fugtforhold i flade, ventilerede tagkonstruktioner af træ. BYG-ERFA blad 20001129

I gennem snart en snes år har man vidst, at flade, ventilerede tagkonstruktioner af træ vil blive fugtskadede, hvis varm og fugtig rumluft trænger op i tagkonstruktionen. Dette vil ske, hvis dampspærren er monteret så den ikke er tilstrækkelig lufttæt – hvilket desværre stadig forekommer.

I bladet redegøres for lufttæthedens betydning og for de generelle regler for ventilation af tagkonstruktioner af træ.

Endvidere redegøres der for, hvordan ventilationsåbninger kan placeres i forbindelse med eventuelle tilstødende bygninger, som forhindrer tværv ventilation.

Der advares atter en gang imod at anvende ventilationshætter til erstatning for ventilationsåbninger langs tagkanter.

Endelig påpeges, at forhindringer for ventilationsluftens passage forårsaget fx af vinduesbånd kan medføre, at det i stedet kan være mere hensigtsmæssigt at anvende et uventileret tag – et såkaldt varmt tag.

Fugtmålinger i flade, ventilerede tagkonstruktioner af træ – metoder og instrumenter. BYG-ERFA blad 20001130

I bladet omtales hvilke instrumenter, der i dag findes på markedet til bestemmelse af fugtindholdet i det træbaserede underlag for en tagbelægning i en ventileret – såkaldt kold – tagkonstruktion.

Der skelnes imellem instrumenter til øjebliksmålinger og instrumenter til at følge den langsigtede udvikling i fugtforholdene. Til øjebliksmålinger beskrives virkemåden af en skanner (kapacitetsmåling), som føres hen over tagfladen og som på et viserinstrument giver et udslag, som er et udtryk for fugtforholdene forskellige steder under tagbelægningen.

Metoden kræver at tagoverfladen er helt tør. Endvidere omtales at metoden ikke kan anvendes på en EPDM tagbelægning samt på tagbelægninger der indeholder en alufolie.

Til at følge den langsigtede udvikling i fugtforholdene i et træbaseret underlag beskrives indbygning af fugtmåleceller, som kan aflæses med længere tids mellemrum.

Europæisk prøvningsstandard for flyvebrand, EN1187

Af civilingeniør Tommy Bunch-Nielsen
Tagpapbranchens Oplysningsråd

Den europæiske prøvningsstandard for brandpåvirkning af tagdækning, EN1187, har været genstand for mange diskussioner i de senere år.

Det er ikke lykkedes at blive enige om én fælles prøvningsmetode for flyvebrand og standarden som den nu foreligger indeholder i realiteten 3 prøvningsmetoder:

- En nordisk metode svarende til Nordtest Fire 006
- En tysk DIN-metode og
- En fransk prøvningsmetode

Prøvningsstandarden er ved afstemningen i CEN blevet forkastet, men forventes af EU-kommisionen ophævet til EN-standard alligevel.

Der arbejdes nu på i ISO-sammenhæng at udvikle en fælles prøvningsmetode, og der er udsendt et udkast, som dog er for upræcist, således at reproducerbarheden ved prøvningerne må forventes at være lav.

Europæisk produktstandard for tagpap, EN13707

Af civilingeniør Tommy Bunch-Nielsen
Tagpapbranchens Oplysningsråd

Den kommende europæiske produktstandard for tagpap EN13707 er endnu ikke vedtaget, men de mange prøvningsstandarder for tagpap er alle klar. Derfor er TOR-anvisning 24 også baseret på de nye standarder.

Selve produktstandarden indeholder kun ganske få krav, men samler alle de prøvninger, som skal gennemføres for at dokumentere et tagapprodukt. Desuden angives regler for kvalitetssikring og CE-mærkning af tagpap.

Attestationsniveauet for dokumentation af alle egenskaber undtagen brand, bliver **2+**, det vil sige intern kontrol og overvågning af den interne kvalitetskontrol af et eksternt certificeringsbureau.

For brand bliver attestationsniveauet **3**, hvilket indebærer "initial type testing" på eksternt prøvningsinstitut.

Dette svarer stort set til normal praksis i Danmark.

Tagkongres i USA

Den næste store tagkongres afholdes i Florida, USA den 25.-26. september 2002, og arrangeres af NRCA-National Roofing Contractors Association.

Nærmere oplysninger kan fås på www.nrca.net

Nordisk Byggedag Danmark

Nordisk Byggedag (NBD) er en platform for udveksling af informationer, synspunkter og erfaringer om byggeri, arkitektur og byudvikling i de nordiske lande – og i fremtiden også i de øvrige lande, der grænser op til Østersøen. Et område med både stor aktuel og fremtidig aktivitet, og dermed mange muligheder for at placere NBD's arrangementer på steder med interessante projekter eller temaer, hvor NBD tilbyder markedskontakt og konkrete informationer.

NBD's hovedaktivitet er den årlige byggedag, der har været afholdt siden 1927. I 2001 afholdes Nordisk Byggedag i Helsingfors den 9.-11. september med titlen "Helsingfors – Mötesplats för öst och väst" (Helsinki – Connecting East and West).

I 2002 afholdes kongressen i Danmark 1.-3. september med titlen "Byggeriets ny virkelighed" (Rethinking Construction). I 2003 afholdes kongressen i Norge med titlen "Feil og Fornyelse".

I Danmark har NBD ligget stille i en lille halv snes år. Der er nu stiftet en (ny) dansk sektion af NBD, "Foreningen Nordisk Byggedag Danmark". Foreningen vil arbejde for at formidle viden om udviklingen inden for produkter og processer i de øvrige medlemslande, og der arbejdes på et nordisk nyhedsbrev på e-mail.

Tagpapbranchens Oplysningsråd er medlem af Nordisk Byggedag Danmark.

TOR's repræsentantskab

Af civilingeniør Tommy Bunch-Nielsen
Tagpapbranchens Oplysningsråd

Professor emeritus Vagn Korsgaard er netop fyldt 80 år. Korsgaard er stadig aktiv og møder hver dag på DTU for at deltage i forskning og undervisning.

Man skal stadig stå tidligt op for at diskutere bygningsfysik med Vagn Korsgaard, men alligevel skulle vi jo sætte en eller anden aldersgrænse for formandskabet for TOR's repræsentantskab. Vagn Korsgaard har været formand siden TOR blev oprettet i 1981, altså i 20 år.

Vagn Korsgaard er derfor med virkning fra repræsentantskabets møde i maj trådt tilbage som formand for repræsentantskabet og afløst af lektor Per Kjærbye, DTU. Korsgaard fortsætter som menigt medlem af repræsentantskabet.

Per Kjærbye har i 30 år været lektor på DTU og undervist akademiingeniører, nu diplomingeniører. Per Kjærbye har stor viden om statik, byggeteknik og bygningsfysik, og er