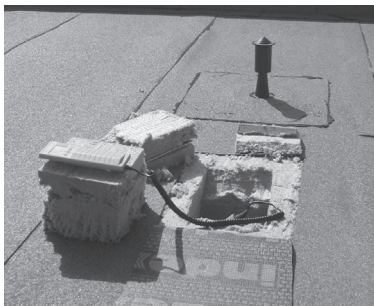


Knut Noreng

Fukt i kompakte tak Resultater fra en feltundersøkelse i to faser



BYGGFORSK

Norges byggforskningsinstitutt

Knut Noreng

Fukt i kompakte tak Resultater fra en feltunder- søkelse i to faser

Prosjektrapport 391 – 2005

Prosjektrapport 391

Knut Noreng

Fukt i kompakte tak

Resultater fra en feltundersøkelse i to faser

Emneord: klimatilpasning, klilmapåkjønning, tak, fukt, taktekning, vindspærre, dampspærre, varmeisolasjon, selvut-tørking, korrosjon, muggsopp

ISSN 0801-6461

ISBN 82-536-0889-6

150 eks. trykt av

S.E. Thoresen as

Innmat: 100 g Kymultra

Omslag: 200 g Cyclus

© Copyright Norges byggforskningsinstitutt 2005

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndverkslovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med Norges byggforskningsinstitutt 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.

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

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 123 Blindern
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

www.byggforsk.no

Samarbeidspartnere Klima 2000

Hovedsamarbeidspartnere

Forsvarsbygg Utbyggingsprosjektet, Norges forskningsråd (NFR), Husbanken, Finansnæringens Hovedorganisasjon (FNH), Oslo kommune Undervisningsbygg Oslo KF, Statsbygg, Statens bygningstekniske etat (BE), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)

Bransjepartnere

Brødr. Sunde AS, COWI AS, Dr. Techn. Kristoffer Apeland A/S., Glava A/S, Icopal as, Isola as, Isolitt as, Jotun A/S, Jackon AS, Løvolds Industrier AS, maxit as, Moelven ByggModul AS, Protan A/S, A/S Rockwool, Rambøll Norge AS, Skanska Norge AS, Vartdal Plastindustri AS, Aadnesen as

Bransjeforeninger

Boligprodusentenes Forening, Byggenæringens Landsforening (BNL), Byggevareindustriens forening, Isolasjonsprodusentenes forening (IPF), Norges Byggmesterforbund (Byggmesterforbundet), Plastindustriforbundet (PIF), Takprodusentenes forskningsgruppe (TPF), Ventilasjons- og blikkenslagerbedriftenes landsforbund (VBL)

Norske fagmiljøer

Arkitekthøgskolen i Oslo (AHO), CICERO Senter for klimaforskning., Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB), Meteorologisk institutt, Riksantikvaren, Standard Norge

Forord

I denne rapporten er det redegjort for både fase 1 og fase 2 fra en to-trinns feltundersøkelse av flate kompakte tak, med resultater fra observasjoner, målinger, prøvetaking og analyser. Hensiktene med undersøkelsene har vært å kartlegge omfanget av fukt i kompakte tak, hvordan tak med fukt oppfører seg over tid, om de tørker ut av seg selv eller om vedvarende fukt skaper problemer som kondensdrypp, korrosjon, redusert isolasjonsevne eller muggsopp og råtesopp. I 2002 ble fase 1 av feltundersøkelsen gjennomført ved at tolv kompakte tak ble detaljert undersøkt. I 2004 ble fase 2 av feltundersøkelsen gjennomført ved at ni av de samme takene ble undersøkt på tilsvarende måte. De fleste av takene var tekket høsten 2000 i en periode med uvanlig mye nedbør og med stor sannsynlighet for mye innbygd fukt. Gjennom undersøkelser håpet vi blant annet få økt kunnskap om selvuttørring i kompakte tak, og om hva slags problemer fukt i slike konstruksjoner skaper.

Arbeidet med rapporten er utført innenfor Prosjekt 12 *Fuktsikker byggeprosess*. Prosjektet er en del av FoU-programmet *Klima 2000 – Klimatilpasning av bygningskonstruksjoner*.

Klima 2000 sitt hovedmål er gjennom forskning og utvikling å oppdatere prinsipløsninger for konstruksjoner som både gir økt bestandighet mot og økt pålitelighet ved ytre klimapåkjenninger, samt kartlegge mulige virkninger av klimaendringer på det bygde miljø - og hvordan samfunnet best kan tilpasse seg endringene. Hensikten er å definere klarere kriterier og anvisninger for prosjektering og utførelse av kritiske konstruksjonsdetaljer, hovedsakelig knyttet til bygningers ytre klimaskjerm. Det skal i tillegg utvikles retningslinjer for hvordan de ulike aktører i plan- og byggeprosessen kan medvirke til å unngå at en bygning får skader eller ulemper som er forårsaket av fukt.

Klima 2000 er et viktig ledd i arbeidet med utvikling og revisjon av anvisninger i Byggforskserien og produktdokumentasjon i form av tekniske godkjenninger og sertifiseringer. Programmet ledes av Norges byggforskningsinstitutt (Byggforsk) og gjennomføres i samarbeid med Forsvarsbygg Utbyggingsprosjektet, Husbanken, Statsbygg, Finansnæringens Hovedorganisasjon (FNH), Undervisningsbygg Oslo KF, Statens bygningstekniske etat og Norges forskningsråd, samt andre fagmiljøer og sentrale aktører i BAE-sektoren. Programmet som ble igangsatt i august 2000, og som vil pågå frem til utgangen av år 2006, består av 14 ulike prosjekter.

I arbeidet med rapporten har Mycoteam as, SINTEF Energiforskning A/S (tidligere SINTEF Unimed) og det faglige utvalget for prosjekt 12 vært sentrale støttespillere. Arbeidet er gjennomført i nært samarbeid med Takprodusentenes forskningsgruppe (TPF) som også har vært initiativtaker til undersøkelsen.

Trondheim, mai 2005

Tore Kvande
Programleder
Norges byggforskningsinstitutt

Sammendrag

Kompakte tak som er riktig utført, uten råtefarlige materialer mellom en korrekt dimensjonert og montert dampsperre og en godt utført vanntett taktekning, har normalt vært betraktet som lite fuktømfintlige. Fukt i kompakte tak har kanskje derfor ikke vært viet tilstrekkelig oppmerksomhet. Feltundersøkelsen som presenteres i denne rapporten har tatt sikte på å kartlegge hvordan flate, kompakte tak oppfører seg over tid når det kommer fukt inn i konstruksjonen. All erfaring tilsier at kompakte tak er robuste takkonstruksjoner, når de er utført riktig. Det kan imidlertid i forbindelse med takarbeider i nedbørsrike perioder komme betydelige fuktmengder inn i kompakte tak. Fukt kan også senere komme inn i takkonstruksjonen, for eksempel gjennom lekkasjer.

Store nedbørsmengder i Sør-Norge høsten 2000 aktualiserte temaet *innebygd fuktighet i kompakte tak*. Denne rapporten presenterer resultatene fra både fase 1 og fase 2 av feltundersøkelsen *Fukt i kompakte tak*. Fase 1 omfatter studier av tolv kompakte takkonstruksjoner og fase 2 omfatter studier av ni av de samme takene. Omfanget av fukt i takene er kartlagt og om det har ført til problemer. Antallet tak som er undersøkt er av økonomiske årsaker begrenset til tolv. Ti av tolv tak var valgt blant tak vi visste hadde hatt betydelige problemer med byggfukt under byggeperioden. To av takene hadde ikke hatt noen kjente fuktproblemer og skulle derfor fungere som referansetak. Undersøkelsen omfatter få tak, men gir likevel noen klare indikasjoner på forhold som bør kunne betraktes som representative for de undersøkte typene av takkonstruksjoner. Undersøkelsen sier også noe om hvilke problemer som kan oppstå og hvor omfattende problemene kan bli.

Resultatene fra fase 1 viste at i sju av takene ble det funnet fuktmengder større enn i referanse-takene, og større enn hva som anses normalt. Det ble ikke rapportert om takdrypp, men i to tak ble det observert så mye fukt at dette kunne ha inntruffet. Begynnende korrosjon på festemidler ble observert på en festeskive montert på parapet (hvitrust). Fire av takene hadde fuktmengder i isolasjonen fra 1 volum-%, og i ett tilfelle helt opp i ca 18 volum-%. Det betyr en reduksjon av isolasjonsevnen fra 3 til 50 % disse stedene. Det ble ikke gjort funn av råtesopp. Ved mikroskopering ble det påvist vekst av muggsopp og/ eller bakterier i sju tak, hvorav rikelig forekomst i to til tre av takene.

Resultatene fra fase 2 viste at i fire av sju tak ble det funnet fuktmengder større enn i referansetakene og større enn hva som anses som normalt. Begynnende korrosjon ble observert på tre av tolv undersøkte festemidler (åtte tak). To av takene hadde fuktmengder større enn 1 volum-% og opp i ca. 13 volum-%. Ved mikroskopering ble det påvist vekst av muggsopp, gjærsopp og/eller bakterier i alle ni takene hvorav rikelig vekst i to til tre av dem.

Det er ikke påvist noen klar sammenheng mellom målt fuktighet og biologisk vekst, selv om to av takene viser både høy fukt og moderat til rik biologisk vekst. Dette kan ha sammenheng med varierende temperaturer og RF over året og næringsgrunnlaget for biologisk vekst. I kompakte tak (som er et "lukket system") er det tenkelig at næringsgrunnlaget for biologisk vekst reduseres eller blir borte over tid.

Undersøkelsen viser at flere av takene har hatt en ganske god selvuttørkende evne og at andre uttørkingsmekanismer enn diffusjon bidrar. Innebygd fukt vil for eksempel kunne tørke ut via parapet, men inne på takflaten der slik uttørking er vanskelig vil fukt kunne bli værende i konstruksjonen over lengre tid. Likevel har undersøkelsen så langt vist at selv om til dels betydelige mengder fuktighet helt tydelig har kommet inn i takene i byggeperioden og også har vært der i opptil 4 år, så er det bare i to til tre av takene det ser ut til å ha ført til mulige problemer.

På grunnlag av tidligere erfaringer, resultatene fra denne feltundersøkelsen og fra studier om kompakte taks selvuttørkende evne, er det et ønske at det blir utviklet anvisninger for hvilke tiltak som bør iverksettes når det først er kommet fukt inn i takkonstruksjonen, enten som byggfukt eller gjennom lekkasjer.

Innhold

FORORD	3
SAMMENDRAG	4
INNHold	6
1 INNLEDNING	7
1.1 FORMÅL OG OMFANG	7
1.2 BAKGRUNN	8
2 TAKKONSTRUKSJONER – UTVALG OG BESKRIVELSE	9
2.1 GENERELT	9
2.2 UTVALGTE TAK – LOKALISERING OG OPPBYGGING.....	10
3 FELTUNDERSØKELSEN	12
4 LABORATORIEUNDERSØKELSEN	14
4.1 GJENNOMFØRING	14
4.2 MÅLERESULTATER	14
5 MIKROBIOLOGISKE UNDERSØKELSER	16
5.1 KORT OM MIKROORGANISMER	16
5.2 MYCOTEAMS UNDERSØKELSER	16
5.3 SINTEFS UNDERSØKELSER	17
5.4 RESULTATER FRA MYCOTEAMS UNDERSØKELSER– NOEN HOVEDTREKK	17
5.5 RESULTATER FRA SINTEFS UNDERSØKELSER– NOEN HOVEDTREKK	19
6 OBSERVASJONER OG VURDERINGER	22
6.1 GENERELT OM FUKTINNHold I TAKENE OG MULIGE PROBLEMER	22
6.2 TAKDRYPP SOM FØLGE AV BYGGFUKT	23
6.3 KORROSJON PÅ FESTEMIDLER	23
6.4 REDUSERT ISOLASJONSEVNE	24
6.5 TAKENES SELVUTTØRKENDE EVNE.....	25
6.6 UNDERSØKELSE AV RÅTE I TREVERK.....	28
6.7 MUGGSOPP I TAKENE.....	28
6.8 MULIG PÅVIRKNING PÅ INNEMILJØET.....	30
7 KONKLUSJON	31
LITTERATUR	32

1 Innledning

1.1 Formål og omfang

Fuktforhold i tak som følge av klimafaktorer er av avgjørende betydning for materialer og konstruksjoners funksjonalitet, bestandighet og nedbrytning. Det finnes et betydelig større utvalg av materialer og systemløsninger på markedet i dag enn tidligere, og det er et klart behov for å øke kunnskapsnivået innenfor dette området slik at mer pålitelige anvisninger kan utarbeides, og bedre løsninger utvikles.

Denne rapporten presenterer resultatene fra både fase 1 og fase 2 av feltundersøkelsen *Fukt i kompakte tak*. Fase 1 omfatter studier av tolv kompakte takkonstruksjoner [7]. Elleve av takene er lokalisert til Østlandsområdet, og ble undersøkt i juni 2002. Det siste taket er lokalisert i Trondheim, og ble undersøkt i oktober 2002. Rapporten redegjør for resultater fra observasjoner, målinger, prøvetaking og analyser. Fase 2 omfatter åtte av de elleve takene på Østlandet og det ene taket i Trondheim. Se eksempel figur 1.1. De åtte takene ble undersøkt i juni 2004 og taket i Trondheim i oktober 2004. Klimaforholdene på undersøkelsestidspunktet var tilnærmet likt for fase 1 og 2. Undersøkelsen i fase 2 var ment som en oppfølging og videreføring av undersøkelsene i fase 1 ved å studere et utvalg av de samme takene igjen etter to år. Undersøkelsene vil resultere i økt kunnskap om takenes selvuttørkende evne, og om hvilke problemer fukt i kompakte tak kan skape.



Figur 1.1

Oversiktsbilde av tak 9 i undersøkelsen. Taket har takfolie som tekning, med underliggende migreringssperre av glassfilt, 200-250 mm EPS og dampspærre av PE-folie på betong. Foto: Byggforsk

Hensiktene med undersøkelsene er å kartlegge omfanget av fukt i kompakte tak, hvordan tak med innebygd fuktighet oppfører seg over tid, om de tørker ut av seg selv eller om vedvarende fuktighet skaper problemer som kondensdrypp, korrosjon, redusert isolasjonsevne, muggsopp eller råtesopp. Med basis i eksisterende kunnskap og de resultater dette prosjektet gir, vil det bli utviklet anvisninger for å redusere omfanget av byggfukt i konstruksjonene.

Arbeidet i denne rapporten er utført innenfor FoU-programmet *Klima 2000 – Klimatilpasning av bygningskonstruksjoner*, prosjekt 12 *Fuktsikker byggeprosess*. For nærmere omtale av programmet, se [1].

1.2 Bakgrunn

Store nedbørmengder i Sør-Norge høsten 2000 har igjen aktualisert temaet *innebygd fuktighet i kompakte tak*. Stramme fremdriftskrav og mye nedbør i byggeperioden øker risikoen for å bygge inn fuktighet i takkonstruksjonen. Tilsvarende er det kjent at det av og til oppstår lekkasjer i løpet av byggeperioden da denne perioden ofte er kjennetegnet av ferdsel og videre arbeider også etter at taket er ferdig tekkt. I tillegg kan det være mange årsaker til at taklekkasjer kan oppstå i løpet av byggets levetid. Til dels betydelige vannmengder kan trenge inn i taket.

Kompakte tak er tak der de forskjellige materialsjiktene ligger tett på hverandre uten lufting. Kompakte tak utføres både som flate tak (helning $< 6^\circ$), se figur 1.2, og skrå tak (helning $> 6^\circ$) [2]. På store bygninger er dette den dominerende taktypen. Når kompakte tak er utført riktig, uten råtefarlige materialer mellom en korrekt dimensjonert og montert dampsperre [3] og en godt utført vanntett taktekning, har takene vært betraktet som lite fuktømfintlige. Fukt i kompakte tak har kanskje derfor ikke vært viet tilstrekkelig oppmerksomhet.



Figur 1.2

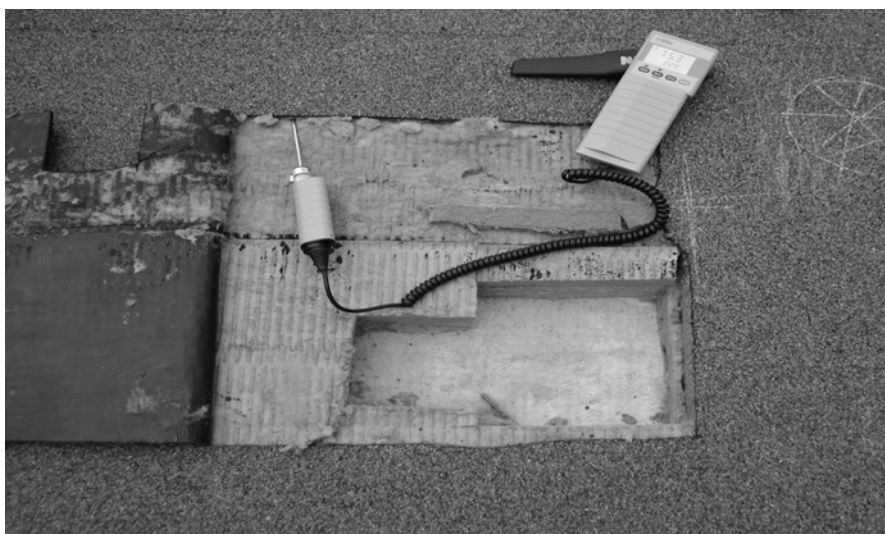
Oversiktsbilde av tak 12 i undersøkelsen. Tak 12 var taket over kontorfløy ved Byggforsk sine lokaler i Trondheim. Dette taket var interessant fordi det var utført som et forsøksstak, ferdig instrumentert og med utførte målinger av fukt og temperatur over en tidsperiode på til sammen sju år ved fase to av undersøkelsen. Foto: Byggforsk

De mest sentrale spørsmålene er knyttet til hva som skjer på kort og lang sikt i tilfeller hvor fukt har kommet inn i konstruksjonene. Hvilke problemer oppstår? Fører fukten til senere takdrypp, korrosjon på festemidler, redusert isolasjonsevne, råte i treverk i taket eller også muggsopp? Skaper fukt i takkonstruksjonen problemer på en slik måte at alle fuktige materialer må skiftes ut, eller skjer det en naturlig uttørring gjennom taktekningen, parapeter eller på annet vis som er tilstrekkelig til å unngå problemer?

2 Takkonstruksjoner – utvalg og beskrivelse

2.1 Generelt

De undersøkte takene er valgt ut med bakgrunn i ønsket om at en majoritet av konstruksjonene skulle ha opplevd faktiske problemer med fukt i form av nedbør i byggeperioden. På forespørsel ga en del sentrale aktører i takbransjen forslag til bygg der fukt i byggeperioden hadde vært et problem. Siden høsten 2000 var spesielt nedbørsrik og forårsaket mange problemer på Østlandet, ble det valgt ni tak nettopp fra dette området. To tak ble valgt ut fra antakelse om normale fuktforhold, disse skulle fungere som referansetak. Til sist ble en del av taket over kontorfløy ved Byggforsk sine lokaler i Trondheim undersøkt. Dette taket har vært gjenstand for undersøkelser gjennom flere år [5].



Figur 2.1

Tak 2 (referansetak). Materialprøver er tatt, og måling av relativ luftfuktighet (RF) pågår. Foto: Byggforsk

Antallet takkonstruksjoner som ble undersøkt var av økonomiske grunner begrenset til tolv tak i fase 1 og ni av de samme tolv takene i fase 2. Selv om undersøkelsen omfatter få tak gir den likevel endel klare indikasjoner på forhold som bør kunne betraktes som representative for de undersøkte typene av takkonstruksjoner. Undersøkelsen sier også noe om hvilke problemer som kan oppstå, og hvor omfattende problemene kan bli.

2.2 Utvalgte tak – lokalisering og oppbygging

Tak omfattet av undersøkelsen er gitt i tabell 2.1. En beskrivelse av takkonstruksjonene er gitt i tabell 2.2.

Tabell 2.1

Tak omfattet av undersøkelsen, med angivelse av antatt omfang av byggfukt

Tak nr.	Fylke	Bruk	Tekkeår	Ca. areal (m ²)	Antatt omfang av byggfukt	Undersøkt i fase
1	Akershus	Lager	2000/2001	2400	Normalt	1 og 2
2	Akershus	Lager	1989	800	Normalt	1 og 2
3	Oslo	Kontorbygg	Høst 2000	750	Stort	1
4	Vestfold	Kontorfløy	2000/2001	1200	Stort	1 og 2
5	Vestfold	Kontor/tekniske	2000/2001	500	Meget stort	1 og 2
6	Vestfold	Pakkehall	2000/2001	3000	Meget stort	1 og 2
7	Vestfold	Kontorfløy	Høst 2000	150	Stort	1
8	Vestfold	Råvarelager	Høst 2000	900	Stort	1
9	Buskerud	Bo- og dagsenter	2000/2001	450	Stort	1 og 2
10	Oslo	Idrettshall	Høst 2000	800	Meget stort	1 og 2
11	Akershus	Kjøpesenter	2000/2001	5000	Meget stort	1 og 2
12	Sør-Trøndelag	Kontorfløy	1997	600	Stort	1 og 2

Tak 1 og 2 hadde ikke hatt noen kjente fuktproblemer og skulle fungere som referansetak, det ene tekket i 1989 og det andre i 2000/2001. Ved åpning av referansetakene ble det oppdaget at dampsperre over DT-elementene manglet på begge takene, noe som gir mulighet for noe fukttilførsel fra innvendig side størstedelen av året (og uttørring inn i bygget andre deler av året).

På takene 3, 7, 8, og 9 var fuktproblemene på grunn av nedbørsmengdene i byggeperioden rapportert å være store og på takene 4, 5, 6, 10 og 11 var fuktproblemene rapportert som meget store i byggeperioden, selv om tilførsel av fukt fra nedbør ble forsøkt hindret eller begrenset ved forskjellige tildekkingsiltak med presenninger. Dette hadde kun begrenset virkning. For takene 4 og 6 ble det i ettertid montert en del luftelyrer i et forsøk på å få tørket ut byggfukten. Andre spesielle tildekkingsiltak eller senere uttørringsiltak er ikke gjennomført.

Tak 12 var taket over kontorfløy ved Byggforsk sine lokaler i Trondheim. Dette taket var interessant fordi det var utført som et forsøktak, ferdig instrumentert og med utførte målinger av fukt og temperatur over en tidsperiode på fem år etter at en kjent vannmengde på 1 liter pr. m² ble tilført i takkonstruksjonen. Se [5], eventuelt [8].

Tabell 2.2

Beskrivelse av takkonstruksjonenes oppbygging

Tak nr.	Bruk	Konstruksjonens oppbygging
1	Lager	Icopal Mono ettlags asfalt takbelegg, 50 mm steinullisolasjon, DT-betongelementer m/åpne fuger (ikke dampspærre)
2	Lager	Icopal 2-lag asfalt takbelegg, 50 + 30 mm steinull, DT-elementer m/åpne fuger (ikke dampspærre)
3	Kontorbygg	Icopal 2-lag asfalt takbelegg, 50 mm steinull + 200 mm EPS, dampspærre av PE-folie, betong (plasstøpt?)
4	Kontorfløy	Index P5 asfalt takbelegg, 200-300 mm steinull, dampspærre av PE-folie, bærende stålplater
5	Kontor/tekniske	Alkorplan takfolie, 100 mm steinull, dampspærre av PE-folie, 50 mm steinull m/ glassfyllag nederst, bærende stålplater
6	Pakkehall	Index P5 asfalt takbelegg, 100 mm steinull, dampspærre av PE-folie, 50 mm steinull m/ glassfyllag nederst, bærende perforerte stålplater (ingen annen himling under)
7	Kontorfløy	Isola Mestertekk ettlags asfalt takbelegg, 50 mm EPS-solasjon, taktro av tre (ikke dampspærre)
8	Råvarelager	Isola 2-lag asfalt takbelegg, 200 mm steinull, Isola base m/løse omlegg som dampspærre, bærende stålplater
9	Bo- og dagsenter	Protan SE3 takfolie, migreringssperre av glassfilt, 200-250 mm EPS, dampspærre av PE-folie betong
10	Idrettshall	Protan SE3 takfolie, 200-250 mm steinull, dampspærre av PE-folie, betong
11	Kjøpesenter	Protan SE3 takfolie, 200-250 mm steinull, gammel (Delifol) takfolie, 150 mm gammel steinull, dampspærre av PE-folie, bærende stålplater
12	Kontorfløy	Singelballast, Protan FP, 30 mm steinull + falloppbygging 0-100 mm EPS, gammel Trocal takfolie, 50 mm gammel isolasjon, Dinaelementer fylt med isolasjon

3 Feltundersøkelsen

Fase 1 av feltundersøkelsen ble gjennomført på følgende datoer:

- ◆ **Tak 1, 2 og 3:** Tirsdag 11. juni 2002. Det var skyet og litt vind. Undersøkelsen av tak 3 ble avbrutt på grunn av en kraftig regnskur.
- ◆ **Tak 4, 5, 6, 7 og 8:** Onsdag 12 juni 2002. Lettskyet, pent og varmt vær.
- ◆ **Tak 9, 10 og 11:** Torsdag 13. juni 2002. Vekslede lettskyet/skyet, og varmt vær.
- ◆ **Tak 12:** Mandag 14. oktober 2002. Skyet vær med litt vind, ikke nedbør. Kjølig.

Fase 2 av feltundersøkelsen ble gjennomført på følgende datoer:

- ◆ **Tak 1 og 2:** Torsdag 3. juni 2004. Det var sol, litt vind.
- ◆ **Tak 4, 5 og 6:** Onsdag 2. juni 2004. Det var lettskyet, sol, litt vind, pent og varmt vær. Se eksempel figur 3.1.
- ◆ **Tak 9, 10 og 11:** Tirsdag 1. juni 2004. Det var lettskyet, sol, litt vind, pent og varmt vær.
- ◆ **Tak 12:** Mandag 18. oktober 2004. Skyet vær med litt vind, litt nedbør.

For hvert av takene ble tidspunkt for tekkearbeidene, konstruksjonsoppbygging og litt om takets geometri notert. Figur 1.2 og 3.1 viser oversiktsbilder av to av takene, og figur 2.1 viser ett av takene åpnet ved ett av prøvestedene. Selve undersøkelsene ble utført ved at det flere steder langs en linje på tvers av taket ble gjennomført målinger og observasjoner. De fleste stedene ble konstruksjonene åpnet for å ta prøver og for å gjøre detaljerte observasjoner i tillegg til måling av fuktinnhold. Andre steder ble det i tillegg i fase 1 stukket hull i tekningen for målesonden på måleinstrumentet for temperatur- og RF-måling. Denne målemetoden viste seg å være ufullstendig uten at det samtidig ble åpnet og gjort observasjoner. I fase 2 ble det derfor ikke utført RF- og temperaturmålinger uten at taket samtidig ble åpnet for observasjoner. I fase 2 ble det lagt mer vekt på mer prøvetaking fra de stedene takene ble åpnet. Måle- og observasjonsstedene i fase 2 var tett ved de samme fra fase 1, bare forskjøvet ca. 0,5 m til siden for å ta nye prøver fra uforstyrret sted. Det er utarbeidet en befaringsrapport fra hver av de tolv takene med bilder og skisser der målepunktene er inntegnet. Se [8] for detaljerte observasjoner og måleresultater. Tabell 3.1 viser hovedtrekkene vedrørende omfanget av fukt i takene.



Figur 3.1
Oversiktsbilde av tak 5 i undersøkelsen. Foto: Byggforsk

Prøvetaking og analyser med tanke på eventuell mikrobiologisk vekst var en viktig del av undersøkelsene. Mycoteam as deltok på befaring av tak 1, 2, 3, 10 og 11 i fase 1 og tak 1, 2, 9, 10 og 11 i fase 2. Fra tak 4, 5, 6, 7, 8 og 9 tok Byggforsk ut materialprøver for videre undersøkelser ved mikroskopering hos Mycoteam as. Rapportene fra Mycoteams undersøkelser av mikrobiologisk vekst er vedlagt i sin helhet. Se [8]. De viktigste resultatene er i tillegg tatt inn i denne oppsummerende rapporten.

SINTEF Energiforskning A/S (tidligere SINTEF Unimed) deltok på befaringen av tak 12 både i fase 1 og fase 2. Rapportene fra SINTEFs undersøkelser av mikrobiologisk vekst er vedlagt. Se [8]. Hovedtrekkene er i tillegg tatt inn i denne oppsummerende rapporten.

Det ble i tillegg tatt prøver av isolasjonen i takene med tanke på måling av fuktinnhold. Prøvene ble tørket og veid i Byggforsk sine laboratorier i Trondheim. Se kapittel 4.2 for resultater fra denne undersøkelsen.

Tabell 3.1

Hovedtrekk fra observasjonene for de undersøkte takene (komplette befaringsrapporter er gitt i [8])

Tak nr.	Bruk	Observasjon av synlig fukt (som kondensdråper eller fargeendring)	Fase 1		Fase 2	
			Målt RF i isolasjon på stedet *	Aktuell kondensasjonstemperatur i °C (fra Mollier-diagram)	Målt RF i isolasjon på stedet*	Aktuell kondensasjonstemperatur i °C (fra Mollier-diagram)
1	Lager	Ikke synlig fukt	55 % - 91 %	15,5 °C – 22,0 °C	34 % - 44 %	14,0 °C – 16,0 °C
2	Lager	Ikke synlig fukt	70 % - 95 %	16,5 °C – 20,5 °C	23 % - 45 %	13,0 °C – 15,0 °C
3	Kontorbygg	Ikke synlig fukt	50 % - 75 %	14,0 °C – 18,5 °C	-	-
4	Kontorfløy	Ikke synlig fukt	35 % - 60 %	4,0 °C – 17,0 °C	18 % - 25 %	1,0 °C – 7,0 °C
5	Kontor/ tekniske	Våt isolasjon	50 % - 96 %	Kondensvann og fritt vann tilstede	23 % - 96 %	Kondensvann og fritt vann tilstede
6	Pakkehall	Fuktig isolasjon	35 % - 95 %	Kondensvann tilstede	15 % - 35 %	4,0 °C – 23,0 °C
7	Kontorfløy	Noe fukt på taktro	14 % - 43 %	8,5 °C – 13,5 °C	-	-
8	Råvarelager	Litt synlig fukt på dampspærren, ellers ikke.	38 % - 70 %	18,0 °C – 22,0 °C	-	-
9	Bo- og dagsenter	Synlig fukt under tekningen og på isolasjonen	55 % - 99 %	Kondensvann tilstede	14 % - 92 %	Noe kondensvann tilstede
10	Idrettshall	Ikke synlig fukt	25 % - 50 %	6,0 °C – 13,0 °C	12 % - 45 %	3,0 °C – 13,0 °C
11	Kjøpesenter	Synlig fukt på gammel isolasjon og tekning. Fritt vann på dampspærren	36 % - 97 %	Kondensvann og fritt vann tilstede	32 % - 95 %	Kondensvann og fritt vann tilstede
12	Kontorfløy	Synlig fukt på undersiden av tekningen og på isolasjonen	81 % - 91 %	Kondensvann tilstede	59 % - 91 %	Kondensvann tilstede

* Relativ luftfuktighet (RF) og temperatur ble målt samtidig. Begge deler varierte en del på grunn av varierende fuktmengder i takene, men også med forskjellig utetemperatur og med målepunktets plassering i konstruksjonen. Temperaturen på innvendig side av takkonstruksjonen var oftest i området 20 – 25 °C, mens den ut mot tekningen ble målt helt opp under 50 °C (sol og varmt vær).

4 Laboratorieundersøkelsen

4.1 Gjennomføring

De uttatte prøvestykkene av isolasjonsmaterialene hadde som hovedregel ytre mål 200 mm x 200 mm x 50 mm. Prøvene ble umiddelbart lagt i plastposer og forseglet med tape. I laboratoriet ble prøvestykkene veid med innpakking og forsegling. Deretter ble plastposene åpnet og selve prøven av isolasjon tatt ut for tørking. For tak 12 var prøvestykkene noe mindre. Disse prøvene ble målt og veid i våt tilstand rett etter prøvetakingen. Selve tørkingen er utført på følgende måte:

- ◆ Plastposer 2 døgn i tørkeskap ved +50 °C
- ◆ EPS-isolasjon 4 døgn i tørkeskap ved +50 °C
- ◆ Steinull-isolasjon 2 døgn i tørkeskap ved +105 °C.

Etter tørking ble plastposer med forsegling og prøvene av isolasjon veid igjen hver for seg, og vekt av vann, vektprosent (vekt-%) og volumprosent (volum-%) vann regnet ut.

4.2 Måleresultater

Resultatene fra laboratorieundersøkelsen av fuktinnhold i prøvene av isolasjonsmaterialer tatt fra tak 1 til og med 12 er vist i tabell 4.1. Fra tak 7 og 8 ble det av praktiske grunner ikke tatt prøver fra isolasjonssjiktet. I tak 12 på prøvested 7 ble det i tillegg gjort måling av fuktinnhold i en treprobe. Fuktinnholdet i treprobene ble ikke kontrollert i fase 2. Se også [5].

For tak 12 er det utarbeidet et eget internt notat vedrørende utviklingen av fuktforholdene i taket over de sju årene målingene har pågått. Notatet er gjengitt i [8].

Tabell 4.1

Sammenstilling av målt fuktinnhold i prøver av isolasjonen fra tak 1 til 12 sommeren 2002 og 2004. Eksempel: Et fuktinnhold på 1 volum-% i 200 mm tykk isolasjon gir 2 liter vann pr m².

Tak nr.	Bruk	Prøvested *	Type isolasjon	Sommer 2002		Sommer 2004	
				vekt-%	volum-%	vekt-%	volum-%
1	Lager	P1-Ø	Steinull	0,41	0,07	0,29	0,05
		P2-Ø	"	0,41	0,07	0,28	0,04
		P3-Ø	"	0,43	0,07	0,29	0,05
		P4-Ø	"	-	-	0,25	0,04
2	Lager	P1-Ø	Steinull	0,31	0,03	0,22	0,03
		P1-N	"	0,34	0,07	0,12	0,01
		P5-Ø	"	-	-	0,15	0,03
		P5-N	"	-	-	0,55	0,06
3	Kontorbygg	P2a-Ø	EPS	0,75	0,02	-	-
		P2b-N	Steinull	0,38	0,06	-	-
4	Kontorfløy	P1-Ø	Steinull			0,38	0,08
		P1-N	"			0,22	0,03
		P2-Ø	"			0,31	0,06
		P2-N	"			0,40	0,05
		P3-Ø	"	3,31	0,40	0,24	0,03
		P3-N	"			0,36	0,03
5	Kontor/tekniske	P1-Ø	Steinull	150,0	17,8	93,7	13,13
		P1-oD	"	225,0	17,6	-	-
		P1-uD	"	0,6	0,07	0,31	0,04
		P2-Ø	"			0,47	0,08
		P2-oD	"			-	-
		P2-uD	"			0,28	0,03

Tak nr.	Bruk	Prøve sted *	Type isolasjon	Sommer 2002		Sommer 2004	
				vekt-%	volum-%	vekt-%	volum-%
6	Pakkehall	P1-oD P1-uD	Steinull "	11,0	1,0	0,42 0,22	0,06 0,03
7	Kontorfløy	-					
8	Råvarelager	-					
9	Bo- og dagsenter	P1-Ø P1-N P2-Ø P2-N P3-Ø P3-N P3-N'	EPS EPS EPS EPS Steinull Steinull EPS	0,87 34,0	0,02 0,55	0,72 0,44 0,70 0,09 0,37 0,97 0,60	0,01 0,01 0,17 0,06 0,01 0,01 0,00
10	Idrettshall	P1-Ø P1-N P2-Ø P2-N P3-Ø P3-N	Steinull Steinull EPS EPS Steinull Steinull	0,33 0,36	0,05 0,06	0,33 0,25 0,79 0,48 0,36 0,40	0,06 0,02 0,02 0,01 0,04 0,04
11	Kjøpesenter	P1-Ø P1-UGT P2-Ø P2-UGT P3-Ø P3-UGT P3-N	Steinull " " " " " "	0,41 14,32 1,4	0,06 1,2 0,2	0,24 0,37 13,1 1,7 38,8 13,4	0,04 0,06 1,29 0,23 5,52 1,42
12	Kontorfløy	P1-øverst P1-midten P1-nederst P6-øverst P6-midten P6-nederst P7-øverst P7-øverst P7-nederst P9-øverst	Steinull " " Steinull EPS EPS Treprobe Steinull EPS Steinull	0,34 0,41 0,37 0,62 1,18 1,65 1,85 1,35 1,66 7,93	0,03 0,07 0,08 0,14 0,02 0,03 - 0,21 0,03 1,43	0,31 - 0,33 0,33 - 1,88 - 0,55 2,18 0,5	0,06 - 0,04 0,06 - 0,03 - 0,10 0,04 0,09

- * Forklaring på forkortelsene i tredje kolonne er som følger:
P1, P2, P3, P1a etc refererer seg til prøvested på hvert av takene, se tegninger i [8]
Ø = Øverste del av isolasjonssjiktet
N = Nederste del av isolasjonssjiktet
oD = Isolasjonen rett over dampsperran der det er et isolasjonssjikt mellom bærekonstruksjon og dampsperran
uD = Isolasjonen rett under dampsperran der det er et isolasjonssjikt mellom bærekonstruksjon og dampsperran
UGT = Under gammel tekning

5 Mikrobiologiske undersøkelser

5.1 Kort om mikroorganismer

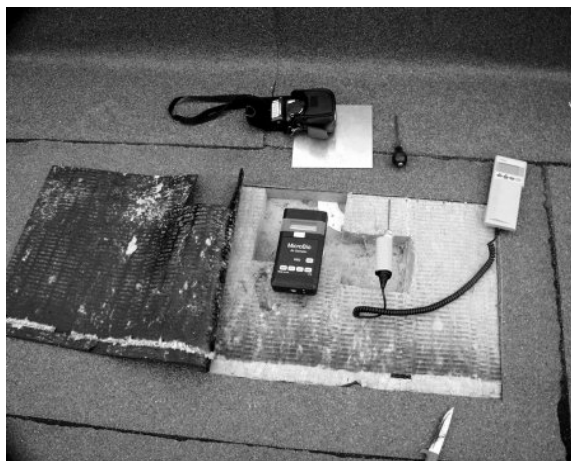
Det er i denne rapporten skilt mellom muggsopp, svertesopp, råtesopp, gjærsopp og bakterier. Sopparter som her omtalt sprer seg med mikroskopiske sporer som sprer seg med luftstrømmer og finnes over alt i luften. Både levedyktige og døde sporer kan finnes. Det er vanskelig å gi enkle generelle regler for når vekst vil skje. Næringstilgang, fuktighet, oksygen, temperatur og tid er viktige faktorer som påvirker vekst. For muggsopp er $RF \geq 80\%$ og $t \geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ et ofte benyttet om enn noe forenklet kriterium for vekst på overflater.

5.2 Mycoteams undersøkelser

For undersøkelse av soppvekst og eventuell annen biologisk aktivitet ble følgende utført:

- A. Takbelegg/takfolie ble fjernet i et område på $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ m² (se figur 5.1) og visuelt undersøkt for eventuelle tegn til synlig misfarging av muggsopp.
- B. Prøver fra de avdekkede konstruksjonene ble tatt ut:
 - ◆ fra belegget/folie (ca. 10 cm x 10 cm.). Eventuelt ble det tatt tapeavtrekk av beleggets/foliens underside på stedet
 - ◆ fra isolasjon (ca. 10 cm x 10 cm.)
 - ◆ i enkelte tilfeller ble det i tillegg tatt prøve av dampspærren.

Alt innsamlet materiale ble undersøkt ved hjelp av lysmikroskop for å avklare om det inneholdt vekst av muggsopp eller andre mikroorganismer.



Figur 5.1

Tak 1, avdekket område ved befaring. Klargjøring for fuktmåling og prøvetaking av luftprøver fra taket. Foto: Mycoteam as

På de takene hvor prøvetakingen ble foretatt av Mycoteam ble det i tillegg til materialprøver tatt dyrkningsprøver med en "MicroBio" i de avdekte områdene, se figur 5.1. Luftanalyser med en "MicroBio" er en egnet prøvetakingsmetode for å avdekke eventuelle muligheter for skjulte muggsoppkader. Ved prøvetakingen suges et gitt volum luft (100 liter) inn i måleapparatet. Sporer av sopp som finnes i denne luften avsettes på et egnet dyrkningsmedium. Det benyttes rutinemessig to typer dyrkningsmedier (MEA/DG18) for å fange opp flest mulig av de ulike muggsoppene. Etter 4-7 dagers dyrking tallfestes koloniene og dominerende slekter/arter av sopp bestemmes i laboratoriet ved bruk av mikroskop.

Antallet kolonier omregnes til antall levedyktige sporer/fragmenter pr. kubikkmeter luft (= antall cfu/m³). Ved å sammenligne luftanalyser tatt ute og i de avdekte områdene avsløres en eventuell muggsoppvekst. Dersom artssammensetningen av muggsopp i prøver fra lufta inne i takkonstruksjonen og utelufta er forskjellig, kan dette være en indikasjon på (skjulte) muggsopp-skader i området. Fullstendig rapport er gitt i [8].

5.3 SINTEFs undersøkelser

Luftprøver

SINTEF Energiforskning A/S (Tidligere SINTEF Unimed) deltok på befaringen av tak 12. Mikrobiologisk prøvetaking av lufta ble gjort ved hjelp av ”BIOTEST RCS Air Sampler”. Denne målingen av mikroorganismer i luft gjøres ved at det suges, ved hjelp av en vifte, 40 liter luft/minutt over en næringsagar. Det benyttes forskjellige næringsagarer ved prøvetakingen, og prøvetakingstiden var i denne undersøkelsen 8 minutter/media. Næringsagarer som ble benyttet i denne undersøkelsen er:

- ◆ Media for totalflora, TC (Total Count; TSAgar).
- ◆ Media selektiv for sopp, YM (Yeast Mould; Rose Bengal).

Metodene SINTEF og Mycoteam benytter har mange felles trekk, men utstyret for prøvetaking og typer av næringsagar er forskjellige og til dels også analysemetode.

Material-/overflateprøver

Material-/overflateprøver fra taket ble utsådd på spesialmedium for sopp; Sabouraud agar (Sab).

Inkubering

Prøvematerialet ble inkubert ved 22 og 37 °C, og sluttavlest etter 2 ukers inkubering. Fullstendig rapport fra SINTEF er gitt i [8].

5.4 Resultater fra Mycoteams undersøkelser– noen hovedtrekk

Resultater fra fase 1

Det ble funnet antydninger til vekst av muggsopp og/eller bakterier i ni av de elleve takene. Det ble ikke registrert kraftig vekst i noen av takene.

Prøveresultatene viste ikke klare mønster i hvor forekomst av mikroorganismer var i takkonstruksjonene. Teoretisk sett ville man imidlertid kunne forvente at det i sjiktet opp mot taktekkingen var begrenset vekst på grunn av de store svingningene i temperatur som skjer i løpet av et år og særlig de trolig høye sommertemperaturer (> 60 °C), som vil stanse/drepe mange mikroorganismer. Tabell 5.1 er en forenklet oversikt over de viktigste resultatene av undersøkelsen.

Tabell 5.1

Samlet oversikt over de viktigste analyseresultatene i undersøkelsen fra fase 1

Tak nr.	Materialprøver	Luftprøver
1	Svært sparsom vekst av muggsopp	Ingen utslag
2	Kun funn av enkelt sopp sporer	Noe variasjon i forhold til uteluften
3	Kun funn av enkelt sopp sporer	Noe variasjon i forhold til uteluften
4	Ingen soppvekst eller sporer registrert	Ikke foretatt
5	Moderat til rik vekst av svertesopp, muggsopp og bakterier.	Ikke foretatt
6	Kun funn av enkelt sopp sporer	Ikke foretatt
7	Sparsom muggsoppvekst	Ikke foretatt
8	Ingen soppvekst eller sporer registrert	Ikke foretatt
9	Sparsom muggsoppvekst	Ikke foretatt
10	Sparsom muggsoppvekst	Variasjon i mengde og artssammensetning i forhold til uteluften
11	Sparsom til moderat muggsoppvekst	Variasjon i mengde og artssammensetning i forhold til uteluften

Resultater fra fase 2

Det ble funnet antydninger til vekst av muggsopp og/eller bakterier i alle de åtte undersøkte takene. Det ble ikke registrert rik vekst av noen arter i noen av takene.

Prøveresultatene viste heller ikke denne gang klare tegn til et mønster i hvor forekomstene av mikroorganismer var i takkonstruksjonene. Hovedtrekkene var omtrent som de var i fase 1. Tabell 5.2 gir en forenklet oversikt over de viktigste resultatene av undersøkelsen i fase 2.

Tabell 5.2

Samlet oversikt over de viktigste analyseresultatene i undersøkelsen fra fase 2

Tak nr.	Materialprøver	Luftprøver
1	Sparsom vekst av svertesopp	Ingen utslag
2	Sparsom vekst av svertesopp	Noe variasjon i forhold til uteluften
3	-	-
4	Sparsom vekst av svertesopp og gjærsopp	Ikke foretatt
5	Moderat til rik vekst av svertesopp og muggsopp.	Ikke foretatt
6	Kun funn av enkelt sopp sporer	Ikke foretatt
7	-	-
8	-	-
9	Sparsom til moderat vekst av svertesopp, gjærsopp og muggsopp	Ikke foretatt
10	Sparsom vekst av svertesopp og muggsopp	Noe variasjon i mengde og artssammensetning i forhold til uteluften
11	Sparsom til moderat vekst av svertesopp og muggsopp.	Variasjon i mengde og artssammensetning i forhold til uteluften

Endringer fra fase 1 til fase 2

Tabell 5.3 gir en forenklet oversikt over de viktigste endringene i resultatene fra undersøkelsen av soppvekst fra fase 1 til fase 2.

Tabell 5.3

Sammendrag av analyseresultatene i 2002 og 2004 (Mycoteam-rapport, [8])

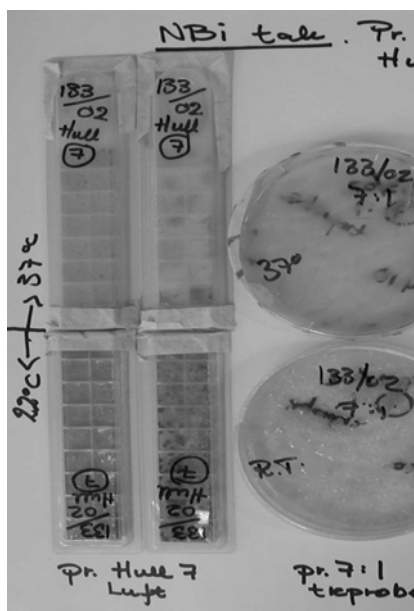
Tak	Registrert vekst i 2002	Registrert vekst i 2004	Sannsynlig vekst fra 2002 til 2004	Kommentar
1	Ja (svært sparsomt)	Ja (svært sparsomt)	Nei	Relativt liten vekst 😊
2	Nei	Ja (sparsomt)	Ja (sparsomt)	Relativt liten vekst 😊
3				Ikke undersøkt 2004
4	Nei	Ja (sparsomt)	Ja (sparsomt)	Relativt liten vekst 😊
5	Ja	Ja	Nei	Ligger i et mellomsjikt mht. mengde 😊
6	Ja	Ja	Ja (sparsomt)	Relativt liten vekst 😊
7				Ikke undersøkt 2004
8				Ikke undersøkt 2004
9	Ja	Ja	Ja	Ett av de takene med høyest biologisk aktivitet 😊
10	Ja	Ja	Ja (sparsomt)	Relativt liten vekst 😊
11	Ja	Ja	Ja	Ett av de takene med høyest biologisk aktivitet 😊

5.5 Resultater fra SINTEFs undersøkelser– noen hovedtrekk

Resultater fra fase 1

SINTEFs undersøkelser omfatter tak 12. Luftundersøkelsen og materialundersøkelsen gir samlet indikasjon om at det er tilstedeværende høy fuktighet og at det er en sannsynlig etablert muggsopp-skade i konstruksjonen. Se figur 5.2 som viser prøver fra hull 7 i tak 12 etter inkubering ved både + 22 og + 37 °C for luftprøver og materialprøver.

I luftprøvene fra to av prøvestedene er det registrert rik vekst av to muggsoppslekter, den ene er markør for høyt fuktinnhold (Penicillium), den andre er markør for fukt over lengre tid (Aspergillus). Se flere detaljer i tabell 5.4.

**Figur 5.2**

I luftprøvene fra et hull midt på taket (hull 7) i tak 12 ble det påvist rikelig oppvekst av to muggsopp slekter. Bildet viser luft- og materialprøver etter inkubering ved romtemperatur og + 37 °C.

Foto: SINTEF Unimed

Tabell 5.4

Dyrkningsresultat fra fase 1 for tak 12 i Trondheim, 14. oktober 2002 (SINTEF-rapport [8])

Prøve 129/02	Prøvested: Tak 12	Luft-prøve	Materialprøve	Resultat/ spesielle funn *	Kommentar
	Ref. pkt. Hull				
I	Hjørne nord/øst	Uteluft		++ NF	
I:1A	"		Steinull	+ <i>T.viride</i> v/ 37°C ++ sterilt mycel	
	Hull 9				
9	0,5 m fra vindu	Luft		++ NF	
9:1	"		Steinull	+ <i>T.viride</i> + sterilt mycel	
9:2	"		Treprobe, overflate, swab	+++ gjærsopp/ muggsopp	
	Hull 7				
7	Hull 7	Luft		+++ <i>Penicillium</i> sp +++ <i>Aspergillus</i> sp	Fuktindikator
7:1	"		Treprobe, overflate, swab	++ Gram neg. stavbakterie (<i>Sphmon. paucimobilis</i>)	
7:2	"		Steinull	+ <i>Penicillium</i> sp	
7:3	"		EPS	++ <i>Penicillium</i> sp	
	Hull 6				
6	Hull 6 v/luftlyre	Luft		+++ <i>Penicillium</i> sp ++ <i>Aspergillus</i> sp	Fuktindikator
6:1	"		Treprobe, overflate, swab	++ gjærsopp	
6:2	"		Steinull	++ gjærsopp sterilt mycel	
6:3	"		EPS	++ div. muggsopp inkl. ++ <i>Aspergillus</i> sp	
	Hull 1 Ekstra hull v/parapet				
1 ekstra	Hull 1	Luft		+++ NF	
1 ekstra:1	"		Steinull	+ <i>Penicillium</i> sp	

* +: sparsom vekst, ++: moderat vekst, +++: rikelig vekst, ++++: meget rikelig vekst
NF: Normal flora i omgivelsesluft. Blandingsflora som kan inneholde både bakterier, gjær- og muggsopp i forskjellige sammensetninger, uten dominans av én art.

T.viride: Muggsoppen *Trichoderma viride*

Penicillium sp: Muggsopp, *Penicillium* art (sp), fuktindikator

Aspergillus sp: Muggsopp, *Aspergillus* art (sp)

Resultater fra fase 2

Luftundersøkelsen og materialundersøkelsen gir at det også for fase 2 er en samlet indikasjon om at det er tilstedeværende høy fuktighet og at det er en sannsynlig etablert muggsoppskade i konstruksjonen.

Luftprøving fra prøvested 1, 1e og 9 viser normal flora. Luftprøve fra hull 6 viser rikelig vekst av muggsoppsslekten *Aspergillus* (markør for fukt over lengre tid) og sparsom vekst av *Penicillium* (markør for høyt fuktinnhold). Luftprøve fra hull 7 viser moderat vekst av muggsoppsslekten *Aspergillus*. Materialprøvene fra taket viser vekst av diverse muggsopparter. Se flere detaljer i tabell 5.5.

Tabell 5.5

Dyrkningsresultat fra fase 2 for tak 12 i Trondheim, 18. oktober 2004 (SINTEF-rapport [8])

Prøve nr. 155/04	Prøvested: Tak Byggforsk	Luft- prøve av	Material- prøve av	Dyrkningsresultat/ spesielle funn	Kommentar
	Ref. punkt Hull 1 hjørne				
1	Hjørne sør/øst	Uteluft		+ NF	Ref.prøve
1:1	Hull 1		Steinull	+ <i>Penicillium</i> sp. + <i>Mucor</i> sp.	
	Hull 1e v/parapet				
1e	Hull 1e	Luft i hull		++ NF	
1e:1	"		Steinull	+ <i>Penicillium</i> sp.	
	Hull 6				
6	Hull 6 v/luftlyre	Luft i hull		+++ <i>Aspergillus</i> sp. + <i>Penicillium</i> sp.	Fuktindikator
6:2	"		Steinull	+ <i>Penicillium</i> sp.	
6:3	"		EPS	+ <i>Penicillium</i> sp. <i>P.variotii</i> .	
	Hull 7				
7	Hull 7	Luft i hull		++ <i>Aspergillus</i> sp. + Sterilt mycel	
7:2	"		Steinull	i.v.	
7:3	"		EPS	+ <i>Penicillium</i> sp. + <i>T.viride</i>	
	Hull 9				
9	0,5 m fra vindusvegg	Luft i hull		+++ NF	
9:1	"		Steinull	+ <i>T.viride</i> + Sterilt mycel	
9:3	"		gml takbelegg	+++ Sterilt mycel	
9:4	"		Migrerings- spørre	+ gjærsopp + sterilt mycel	
9:5	"		EPS	+ <i>Penicillium</i> sp.	

Endringer fra fase 1 til fase 2

Luftundersøkelsen og materialundersøkelsen gir samlet indikasjon om at det er tilstedeværende høy fuktighet og at det er en sannsynlig etablert muggsoppskade i konstruksjonen, spesielt rundt Hull 6 og Hull 7.

Resultatene fra fase 1 (okt. 02) og fase 2 (okt. 04) viser sammenfallende resultater i luftprøvene, der luftprøvene fra Hull 6 og Hull 7 viser dominerende vekst av muggsopparter, som er fuktmarkører, i begge undersøkelsene.

6 Observasjoner og vurderinger

6.1 Generelt om fuktinnhold i takene og mulige problemer

Observasjoner knyttet til mulige fuktproblemer er gjengitt i de følgende delkapitler. I tabell 6.1 og 6.2 er noen hovedtrekk fra delproblemene omtalt i kapittel 6.2 til 6.5 oppsummert.

Tabell 6.1

Oppsummering av fuktproblemer i de enkelte takene

Tak	Takdrypp	Korrosjon på festene		Redusert isolasjonsevne		Tilstedeværelse av fukt	
		Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2
1	Forespurt Ikke takdrypp	1 kontrollert 0 rust	2 kontrollert 0 rust	< 1 %	< 1 %	Ingen synlig fukt	Ingen synlig fukt
2	Forespurt Ikke takdrypp	1 forsøkt kontrollert	2 kontrollert 0 rust	< 1 %	< 1 %	Ingen synlig fukt	Ingen synlig fukt
3	Ikke rapportert	-	-	< 1 %	-	Ingen synlig fukt	-
4	Ikke rapportert om takdrypp	1 kontrollert 0 rust	1 kontrollert 0 rust	ca. 1 %	< 1 %	Ingen synlig fukt	Ingen synlig fukt
5	Ikke rapportert om takdrypp	1 kontrollert 0 rust	2 kontrollert 1 med noe hvitrust	Ja, opptil ca. 50 %	Ja, opptil ca. 40 %	Synlig fukt i isolasjon. Vanndråper på dampsperra	Synlig fukt i isolasjonen. Vanndråper på dampsperra
6	Forespurt Har vært takdrypp	1 kontrollert 0 rust	1 kontrollert 1 med ca. 30 % hvitrust	Ja, opptil ca. 3 %	< 1 %	Synlig fukt i isolasjon	Ingen synlig fukt
7	Ikke rapportert	1 kontrollert 0 rust	-	-	-	Litt synlig fukt på taktro	-
8	Forespurt Ikke takdrypp	-	-	-	-	Vanndråper på dampsperra	-
9	Forespurt Ikke takdrypp	1 forsøkt kontrollert	2 kontrollert 0 rust	Opptil ca. 1,5 %	Opptil ca. 0,5 %	Synlig fukt i isolasjon	Synlig fukt nederst i isolasjonen. Vanndråper på dampsperra
10	Ikke rapportert om takdrypp	1 kontrollert 1 med noe hvitrust	1 kontrollert 0 rust	< 1 %	< 1 %	Ingen synlig fukt	Ingen synlig fukt
11	Ikke rapportert om takdrypp	1 kontrollert 0 rust	1 kontrollert 1 med noe hvitrust	Ja, opptil ca. 4 %	Ja, opptil ca. 4 %	Synlig fukt i isolasjon. Fritt vann på dampsperra	Mye synlig fukt i isolasjonen. Mye vanndråper på dampsperra
12	Forespurt Ikke takdrypp	Ikke mekanisk festet	Ikke mekanisk festet	Ja, opptil ca. 5 %	< 1 %	Synlig fukt i isolasjonen	Ikke synlig fukt i isolasjonen. Ikke vanndråper på dampsperra.

I tabell 6.2 har vi på grunnlag av dagens erfaringsnivå grovt prøvd å antyde problemomfang i forhold til fuktinnhold i kompakte tak.

Tabell 6.2

Fuktinnhold i kompakte tak med antydning av problemomfang fukten kan gi

Vanninnhold volum %	Karakteristikk
< 0,2 %	Lite fuktinnhold. Vanligvis helt uproblematisk
0,2 - 1,0 %	Moderat. Gir sjelden problemer, kan forårsake mugg
1,0 - 5,0 %	Høyt fuktinnhold. Kan forårsake problemer som korrosjon og mugg
> 5 %	Svært høyt fuktinnhold. Kravene i teknisk forskrift vedrørende isolasjonsevne er neppe oppfylt. Dessuten andre mulige problemer som takdrypp, mugg og korrosjon.

6.2 Takdrypp som følge av byggfukt

Senere takdrypp som følge av byggfukt ble ikke undersøkt systematisk, men for de fleste takene ble det forespurt og klarlagt med stor grad av sikkerhet at slike takdrypp ikke har forekommet.

- ◆ Rapporter om slike problemer: I ettertid fikk vi rapport om at det i ett tilfelle (tak 6) hadde vært noe takdrypp den første tiden.
- ◆ Observasjoner som synliggjør mulige problemer: 2 av 12 tak (tak 5 og 11).

6.3 Korrosjon på festemidler

Korrosjon på festemidler ble undersøkt for alle takene på de steder hvor det ble åpnet av hensyn til andre prøvetakinger og målinger. Se figur 6.1 og 6.2. Ekstra hulltaking for spesielle undersøkelser av festemidler ble ikke utført.

Undersøkelsen ga følgende resultater:

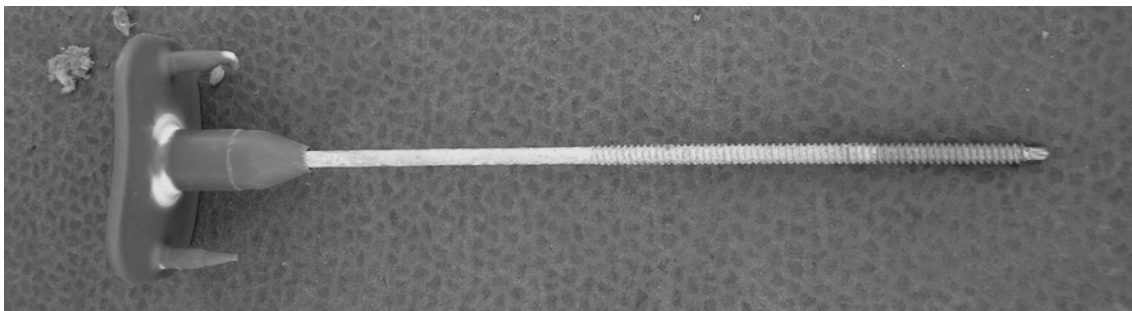
- ◆ Elleve av tolv tak var mekanisk festet, ikke tak 12
- ◆ Festemidler funnet for undersøkelse på ni av elleve tak i fase 1 og i alle åtte tak i fase 2
- ◆ På to av ni tak i fase 1 var selve festemidlet til underlaget helt tildekket av plasthylsen. Disse ble ikke løsnet og tatt ut
- ◆ Fem av seks undersøkte festemidler i fase 1 og ni av tolv festemidler i fase 2 var fri for rustangrep
- ◆ I fase 1 fant vi ett festemiddel som hadde et lite angrep av hvitrust; skive på parapet i tak 9. I fase 2 hadde to festemidler et lite angrep av hvitrust, og ett festemiddel hadde ca 30% hvitrust.

Hvitrust er angrep på korrosjonsbeskyttelsen, grunnmaterialet er foreløpig ikke angrepet. Undersøkelsen av korrosjon på festemidler ble ikke gjort mer omfattende enn dette da alle de fire involverte takentreprenørene kommenterte at korrosjon på festemidler i dag er et veldig lite problem. Korrosjonsbeskyttelsen av festemidlene er god og det blir i hovedsak benyttet festemidler i korrosjonsklasse KLA eventuelt noe i KL. (Festemidler i klasse K brukes normalt ikke).



Figur 6.1

Detalj av festepunkt på tak 6, fase 2. Det ble ikke funnet korrosjon på festemidlet. Foto: Byggforsk



Figur 6.2

Festemiddel fra tak 11, prøvested 2, fase 2 med noen flekker med hvitrust. Foto: Byggforsk

6.4 Redusert isolasjonsevne

Fra ti av takene ble det tatt til sammen 28 prøver av isolasjon for måling av vanninnhold i fase 1, og fra de ni takene i fase 2 ble det tatt til sammen 46 prøver. Resultatene er vist detaljert i tabell 4.1 og oppsummeres kort i tabell 6.3 som vanninnhold i volum-%.

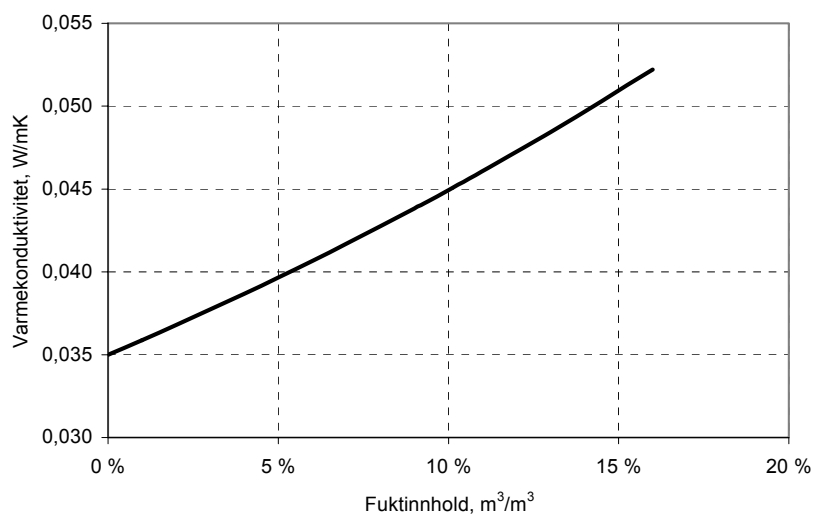
Tabell 6.3

Fuktinnhold i prøver av isolasjon hentet fra takene og betydning for redusert isolasjonsevne

Vanninnhold volum-%	Antall prøver med dette fuktinnholdet		Reduksjon av isolasjonsevne på grunn av målt fuktinnhold
	Fase 1	Fase 2	
< 0,2 %	19 prøver fra åtte tak	40 prøver fra ni tak	Ingen praktisk betydning
0,2 – 1,0 %	4 prøver fra fire tak	1 prøve fra ett tak	Redusert isolasjonsevne fra 0,5 til 3 %
1,0 – 5,0 %	3 prøver fra tre tak	2 prøver fra to tak	Redusert isolasjonsevne fra 3 – 15 %
> 5 %	2 prøver (ca. 18 %) fra ett tak	2 prøver (ca. 5,5 % og 13 %) fra to tak	Redusert isolasjonsevne i disse prøvene opptil ca 50 %.

På ett og samme tak ble det målt store forskjeller i fuktinnhold, avhengig av hvor på taket prøven ble tatt. Dette opplevde vi flere ganger, og det kan ha med ujevn tilførsel av fukt fra nedbør under byggeperioden.

Varmekonduktivitet for MW og EPS, som funksjon av fuktinnhold



Figur 6.3

Eksempel på varmekonduktivitet beregnet etter NS-EN ISO 10456 for mineralull (MW) og ekspandert polystyren (EPS) med varmekonduktivitet $\lambda_D = 0,035$ W/mK som funksjon av fuktinnhold

Varmeisolasjonsevnen reduseres med økende fuktinnhold i isolasjonen. Praktisk varmeledningsevne for isolasjonsmaterialer med ulikt fuktinnhold kan beregnes etter NS-EN ISO 10456. Figur 6.3 viser varmekonduktivitet for mineralull og EPS som funksjon av fuktinnhold. Diagrammet er utarbeidet for et isolasjonsmateriale med deklart varmekonduktivitet 0,035 W/mK. Korreksjonsformlene oppgitt i standarden gjelder for fuktinnhold opp til 10 volumprosent for EPS og opp til 15 volumprosent for mineralull.

Figur 6.3 illustrerer at varmekonduktiviteten øker med ca. 0,001 W/mK for hver volumprosent økende fuktinnhold. En kan grovt si at varmetapet gjennom en takkonstruksjon øker med omkring 3, 15, 30 og 50 prosent ved fuktinnhold i varmeisolasjonen på henholdsvis 1, 5, 10 og 15 volum-%.

6.5 Takenes selvuttørkende evne

Rapportene vi fikk fra takentreprenørene innledningsvis om at mye fukt fra nedbør var bygget inn i takene synes bekreftet av undersøkelsens fase 1. Likevel kunne vi se flere steder at selv om fuktighet helt tydelig har kommet inn i takene, så var det mindre omfang av fukt i takene 1½ år etter tekkeperioden enn det rapportene fra tekkeperioden kunne tyde på. I fase 2, det vil si etter 2 år, ble dette inntrykket forsterket. I det taket der størst nedgang i fuktinnholdet ble målt var reduksjonen på 4,7 kg/m².

Det er flere mekanismer som kan bidra til at eventuell fukt i kompakte tak over noe tid kan tørke ut; diffusjon ut gjennom taktekningen, diffusjon innover i konstruksjonen, konveksjonsstrømmer i taket og diffusjon ut via parapet, samt via mer eller mindre tilfeldige luftstrømmer gjennom hele eller deler av takflaten.

Uttørkingen via diffusjon ut gjennom taktekningen er liten og varierer med type taktekning og også for eksempel med utetemperatur [6] redegjør også for takets selvuttørkende evne ved diffusjon. I feltundersøkelsen "Fukt i kompakte tak" var 11 av 12 tak lokalisert til området Lillestrøm, Oslo, Drammen og Tønsberg. Med utgangspunkt i typisk Østlandsklima og ett-lags taktekninger av PVC eller asfalt takbelegg, så vil uttørkingen ved diffusjon ut gjennom taktekningen ha et omfang som vist i tabell 6.4.

Tabell 6.4
Omfang av selvuttørking ved diffusjon ut gjennom taktekningen

Vanndampgjennomgang – Taktekning	PVC takfolie	Asfalt takbelegg
Typisk vanndampgjennomgangsmotstand	$Z_p = 75 \cdot 10^9 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa/kg}$ eller $s_d = 15 \text{ m}$	$Z_p = 515 \cdot 10^9 \text{ m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa/kg}$ eller $s_d = 100 \text{ m}$
Typisk uttørkningspotensiale: sommer	ca. 20 g/m ² · mnd	ca. 5 g/m ² · mnd
Typisk uttørkningspotensiale: vinter	ca. 5 g/m ² · mnd	ca. 0 g/m ² · mnd
Typisk uttørkningspotensiale pr. år	ca. 120 g/m ² · år	ca. 20 g/m ² · år

I forhold til det som på forhånd var antatt viser målinger i flere av takene en selvuttørking så stor at andre mekanismer enn ren diffusjon i flere tilfeller sannsynligvis har vært dominerende.

Tak 1: Taket ble tekket i vintersituasjon med minusgrader. Målt fukttilstand i fase 1 tyder på moderat byggfukt for eksempel i form av rim, eller noe oppfukning på grunn av manglende dampsperre. Takkonstruksjonen er av en type vi normalt antar har liten selvuttørkende evne.

- Tak 2: Målt fukttilstand i fase 1 tyder på moderat byggfukt, eller noe oppfukning på grunn av manglende dampspærre. En takkonstruksjon vi normalt antar har liten selvuttørkende evne.
- Tak 3: Målt fukttilstand i fase 1 tyder på sannsynlig uttørking via parapet. Omfang og hvor langt innover taket dette har hatt effekt er usikkert. Påbygging gjorde at dette taket ikke var aktuelt for undersøkelser i fase 2.
- Tak 4: Sannsynlig selvuttørking via parapet og via luftelyrer. Omfanget og hvor langt innover taket dette har hatt effekt er usikkert.
- Tak 5: Forskjellen mellom målingene i fase 1 og fase 2 viser stor selvuttørking, mye større enn uttørking ved diffusjon ut gjennom tekningen alene. Siden taket er langt og smalt så kan uttørking via parapet ha hatt en stor betydning.
- Tak 6: Også dette taket viser stor selvuttørking. Sannsynligvis har det vært en ganske omfattende selvuttørking utover fra isolasjonen over dampspærre via luftelyrene.
- Tak 7: Mulig uttørking innover sommerstid. Taktro av tre, ikke benyttet dampspærre.
- Tak 8: Takkonstruksjonen var antatt å være både damp- og lufttett og ha minimal teoretisk selvuttørkingsevne. I forhold til forventningene ble det imidlertid funnet lite fukt i dette taket.
- Tak 9: Mulig uttørking via parapet og litt gjennom taktekning av PVC. Selvuttørking var på forhånd antatt å være liten i forhold til omfang av fukt. Fuktmengdene målt i fase 2 tyder imidlertid på noe selvuttørking ut over dette.
- Tak 10: Mulig uttørking via parapet og litt gjennom taktekning. I forhold til forventningene ble det funnet lite fukt i dette taket allerede ved målingene i fase 1. Det kan virke som om selvuttørkingen har vært stor den første tiden og større enn for eksempel på tak 9. I tiden fram til fase 2 er videre selvuttørking liten, målingene i fase 2 ga svært like verdier med de i fase 1.
- Tak 11: Selvuttørking synes å være lav. Her ga ikke målingene entydige resultater. Det kan ha sammenheng med omtekkingsforholdene med ujevn fuktilførsel og sannsynligvis noe dårligere uttørking pga at den gamle tekningen var beholdt.
- Tak 12: På grunn av svært damp tett taktekning (FPO), singelballast og til dels stående vann på deler av flaten, er selvuttørkingsevnen gjennom takflaten liten i fase 1. Det er imidlertid tydelige tegn på selvuttørking via parapet selv om parapeten er tildekket på utvendig side av materialer som ikke er optimale med hensyn til dampåpenhet. I fase 2 var singelballasten fjernet.

Bruk av luftelyrer

På to av takene, tak 4 og 6, ble det etter at bygget var ferdig, men før undersøkelsene i fase 1, montert luftelyrer for å bidra til uttørking av byggfukt. Størrelse, antall og plassering var forskjellig på de to takene. Da vi kom tilbake igjen i fase 2 kunne vi se at luftelyrene var fjernet på begge takene. Vi ble fortalt at det var fordi takene i mellomtiden var vurdert som tørre og at luftelyrene derfor ikke lenger var nødvendige.

Tak 4 hadde dampspærre liggende på profilerte stålplater. I asfalt takbelegget ble det ettermontert et begrenset antall luftelyrer, se figur 6.5. Målt vanninnhold i fase 1 i prøve av steinull var 0,4 volum-%. Prøvestedet var like i nærheten av en luftelyre. Det ble ikke observert fritt vann på undersiden av taktekningen eller på overflatene av isolasjonen under

inspeksjonen, noe som trolig skyldtes høye sommertemperaturer. Luftelyrene kan ha bidratt til uttørkingen. I fase 2 var tilsvarende måleresultat 0,03 volum-%.



Figur 6.5

Oversiktsbilde av tak 4 i undersøkelsen og detalj av luftelyrene. Foto: Byggforsk

Tak 6 hadde bærende, perforerte stålplater, 50 mm steinull under dampsperreren og 100 mm over. I asfalt takbelegget ble det på dette taket ettermontert et stort antall luftelyrer, til sammen 64 stk. Se figur 6.6. Steinulla under dampsperreren var relativt tørr; 35 % RF og 22 °C. Steinulla over dampsperreren hadde høyere fuktighet; 95 % RF ved 25 °C. Målt fuktinnhold i steinullen i fase 1 var 1,0 volum-%. Prøvestedet lå med ganske korte avstander (ca. 2 m) i fra fire luftlyrer. Effekten av luftelyrene fram til undersøkelsen i fase 1 er usikker i og med at vi ikke vet hvor mye fukt som var tilstede i taket fra start. Uttørkingen som ble målt mellom fase 1 og fase 2 (målt verdi i fase 2 var 0,06 volum-%) er imidlertid så stor at andre uttørkingsmekanismer enn bare diffusjon må ha spilt en vesentlig rolle. Det ser dermed ut til at luftelyrene har bidratt positivt.



Figur 6.6

Oversiktsbilde av tak 6 i undersøkelsen og detalj av luftelyrene. Foto: Byggforsk

6.6 Undersøkelse av råte i treverk

Når flate, kompakte tak er konstruert riktig, er det ikke trebaserte materialer inne på takflaten som kan angripes av råtesopp. Treverk i parapeter blir brukt i ganske stort omfang, men med en dampåpen vindsperre på parapetens fasadeside har treverket uttørkingmulighet og bør ikke være særlig utsatt for råtesopp. I noen grad har flate tak overlyskupler, røykluker og lignende, og her er ofte sarger utført av treverk. Også her har treverket som regel en viss uttørkingmulighet mot innvendig side, spesielt om sommeren.

Feltundersøkelsen var ikke systematisk på å undersøke treverk slike steder. Omfanget av treverk benyttet i de undersøkte takene:

- ◆ Treverk i parapet: sannsynligvis i åtte av tolv tak
- ◆ Treverk i sarger til overlyskupler, røykluker, ventilasjonsoppbygg eller lignende: sannsynligvis i fire av tolv tak
- ◆ Treverk i taktro: ett av tolv tak.

Parapetene ble undersøkt på fire av åtte tak der det var antatt treverk. Kun for ett av de undersøkte takene, tak 10, ble det observert noe svartesopp. På det ene taket med taktro av tre ble det funnet vekst av muggsopp, men ikke råtesopp.

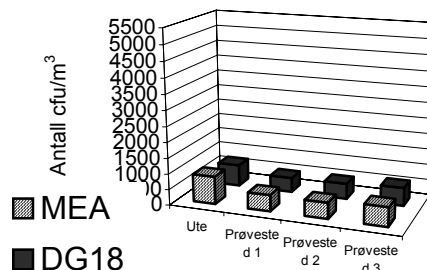
6.7 Muggsopp i takene

I fase 1 ble det funnet levedyktige sporer av muggsopp og/eller bakterier i ti av tolv undersøkte tak. På de to takene hvor det ikke ble gjort funn av sporer, tak 4 og tak 8, var det bare tatt prøver på ett sted. Ved mikroskopering ble det påvist vekst av muggsopp og/ eller bakterier i seks av takene. I kun to-tre av takene ble det gjort rike funn. Figur 6.7 og 6.8 viser bilder og resultater fra analyse av luftprøver fra tak 10 og tak 11. Begge takene hadde hatt rikelig tilgang på byggfukt, hva det hadde ført til var ganske forskjellig i de to takene.

I fase 2 ble det funnet levedyktige sporer av muggsopp og/eller bakterier i alle ni takene. Ved mikroskopering ble det påvist vekst av muggsopp og/eller bakterier i alle ni takene.

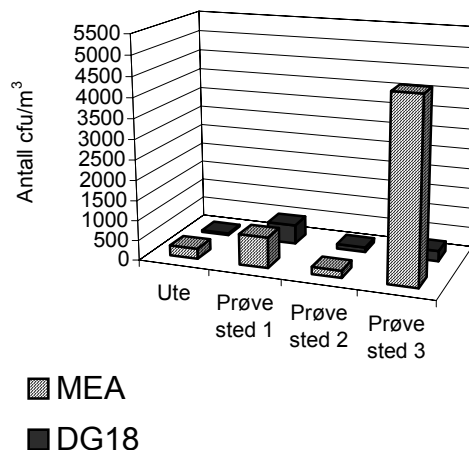
Det ble registrert sannsynlig vekst av sopp og bakterie i sju av ni tak (sparsom vekst i fem, moderat vekst i to) i perioden mellom fase 1 og fase 2. To av disse takene, 11 og 12, hadde kombinasjonen av mye fukt og moderat til rik mikrobiologisk aktivitet ved undersøkelsen i fase 1 og moderat vekst i perioden mellom fase 1 og fase 2:

- ◆ Tak 11 hadde høy konsentrasjon av bakterier og gjærsopp i ett av prøvehullene i fase 1. Mengden soppsporer var større i 2004 enn i 2002 noe som indikerer vekst i tidsrommet. Tatt i betraktning at konstruksjonen har stått våt i flere år var den biologiske aktiviteten like vel relativt lav.
- ◆ Tak 12 har påvist moderat til rik vekst av to muggsoppslekter, og det har sannsynligvis en etablert muggsoppskade. Deler av dette taket har også stått fuktig i 7 år.



Figur 6.7

Tak 10. Oversiktsbilde samt grafisk framstilling av resultater fra luftprøve. Antall cfu/m³ er fordelt på prøvested og dyrkningsmedium (MEA og DG18). Resultater fra Mycoteams rapport fra fase 1, se [8].



Figur 6.8

Tak 11. Oversiktsbilde samt grafisk framstilling av resultater fra luftprøve. Antall cfu/m³ er fordelt på prøvested og dyrkningsmedium (MEA og DG 18). Resultater fra Mycoteams rapport fra fase 1, se [8].

Spredningen av biologiske elementer er ofte i form av partikler/ aerosoler, enten svevende fritt eller festet til andre partikler. Mykotoksinene/endotoksinene er imidlertid ikke partikler, men gasser. Disse kan imidlertid løse seg i andre stoffer eller partikler og på den måten konsentreres og eventuelt transporteres. Dette oppleves ofte som *muggsopplukt* i for eksempel klær. Faren for spredning av denne type biologisk forurensning fra kompakte tak er imidlertid relativt liten dersom taket er korrekt utført. Det vil si at det har gode sperresjikt (dampsperre og tekning) som begge skal være godt tettet mot luftlekkasjer. Dersom dampsperren imidlertid *blir* perforert, *ikke* er tilstrekkelig klemt i skjøter eller gjennomføringer og heller ikke er tettet tilstrekkelig, kan partikulære forurensninger og gassformige toksiner kunne komme inn i lokalet – i tilfeller hvor det dannes undertrykk i forhold til trykket i takkonstruksjonen.

Spesielt uheldig kan det være dersom det ikke er tilstrekkelig tett rundt ventilasjonssystemer. I forbindelse med slike kan det oppstå lokale undertrykk samtidig som forurensningene kan dras inn i ventilasjonssystemet. Spredning på denne måten kan være svært uheldig siden mikroorganismer kan formere seg svært raskt dersom de finner gode vekstbetingelser, det vil si tilgang på næringsstoffer og vann i en egnet temperatur.

Spredning av toksiner gjennom dampsperrer er lite sannsynlig. Dette kommer av at dampsperrer er laget av porefri polyetylen og at toksinene har lav løselighet i slike materialer. Hastigheten til diffusjon gjennom en dampsperre vil være avhengig av blant annet løseligheten av toksinene i polyetylen og tykkelsen på dampsperrer.

Feltundersøkelsen viser ingen klar sammenheng mellom målt fuktighet og biologisk vekst, selv om tak 5, 9, 11 og 12 viser både høy fukt og biologisk vekst. Dette kan ha sammenheng med varierende temperaturer og RF over året, men det kan også ha sammenheng med næringsgrunnlaget. I et lukket system som et kompakt tak er det tenkelig at næringsgrunnlaget for biologisk vekst reduseres/fjernes over tid.

6.8 Mulig påvirkning på innemiljøet

Biologiske faktorer kan være helseskadelige, selv om de ikke forårsaker smittsomme sykdommer. Under spesielle forhold kan enkelte mikroorganismer danne giftstoffer (toksiner). Noen sopper kan også produsere gift. Disse giftstoffene kalles mykotoksiner. Endotoksiner er giftige stoffer i celleveggen i gramnegative bakterier. Når disse bakteriene dør, sprekker de, og endotoksinene frigjøres.

Endotoksiner kan gi reaksjoner i luftveiene og influensaliknende symptomer som feber og frysninger, tretthet, hodepine, kvalme og diaré [4].

Dersom det er muggsoppvekst/ bakterievekst i en bygning kan dette påvirke innemiljøet ved spredning av mykotoksiner/endotoksiner og sporer fra sopp, samt bestanddeler fra celleveggen i sopper og bakterier.

Dersom et arbeidsmiljø blir infisert på grunn av muggsopp/bakterier, kan Forskrift om vern mot eksponering for biologiske faktorer (bakterier, virus, sopp m.m.) på arbeidsplassen (Arbeids- og administrasjonsdepartementet, 1998) komme til anvendelse. Denne er utarbeidet for å beskytte arbeidstakernes helse og sikkerhet og å forebygge at arbeidstakerne blir eksponert for biologiske faktorer på arbeidsplassen. Forskriften understreker spesielt arbeidsgiverens ansvar for å sikre at dette blir utført.

7 Konklusjon

Kompakte tak består av ett eller flere lag, der lagene ligger så tett sammen som praktisk mulig. Løsningen forutsetter at det ikke er fuktømfintlige materialer mellom de to dampette sjiktene. All erfaring tilsier at kompakte tak er robuste takkonstruksjoner, når de er utført riktig. Store nedbørmengder i Sør-Norge høsten 2000 aktualiserte imidlertid temaet *innebygd fuktighet i kompakte tak*. Sentrale spørsmål som ønskes besvart er i denne sammenheng knyttet til hva som skjer på kort og lang sikt i tilfeller hvor fukt *har sluppet inn* i konstruksjonene. Hvilke problemer oppstår? Denne rapporten presenterer resultatene fra fase 1 og fase 2 av feltundersøkelsen *Fukt i kompakte tak*. Fase 1 omfatter studier av tolv kompakte takkonstruksjoner og fase 2 omfatter studiet av ni av de samme takene. Omfanget av fukt i takene er kartlagt, og om det har ført til problemer. Det kan i forbindelse med takarbeider i nedbørsrike perioder komme til dels betydelige fuktmengder inn i takkonstruksjonene. Fukt kan også senere komme inn i takkonstruksjonen, for eksempel gjennom lekkasjer.

Antallet takkonstruksjoner som er undersøkt, er av økonomiske grunner begrenset til tolv. Selv om undersøkelsen omfatter få tak gir den likevel noen klare indikasjoner på forhold som bør kunne betraktes som representative for de undersøkte typene av takkonstruksjoner. Undersøkelsen sier også noe om hvilke problemer som kan oppstå, og hvor omfattende problemene kan bli:

- ◆ Ti av tolv tak var valgt blant tak vi visste hadde hatt betydelige problemer med fukt fra nedbør under byggeperioden, og det var derfor forventet betydelige funn av fukt i disse. To av takene hadde ikke hatt noen kjente fuktproblemer, og skulle fungere som referansetak.
- ◆ Målt fukttilstand i de to referansetakene tyder imidlertid på moderat byggfukt, eller på noe oppfukning på grunn av manglende dampspærre.
- ◆ I sju av ti tak i fase 1 og i fire av sju tak i fase 2 ble det funnet fuktmengder større enn i referansetakene, og større enn hva som anses normalt.
- ◆ Undersøkelsen viste at selv om fuktighet helt tydelig har kommet inn i takene, så er det i flere tilfeller mindre omfang av fukt i takene allerede 1½ år etter tekkeperioden.
- ◆ I to tak ble det observert så mye fukt at takdrypp kunne ha inntruffet. I ett av takene fikk vi i ettertid rapport om at det hadde vært noe takdrypp den første tiden.
- ◆ Fire av takene hadde i fase 1 fuktmengder i isolasjonen fra 1 volum-% opp til 18 volum-%. Det betyr en reduksjon av isolasjonsevnen fra 3 til 50 % disse stedene. Tilsvarende hadde i fase 2 to av takene fuktmengder i isolasjonen fra 1 volum-% opp til 13 volum-%.
- ◆ Begynnende korrosjon i form av hvitrust ble observert på noen festemidler.
- ◆ Det ble ikke gjort funn av råtesopp.
- ◆ Ved mikroskopering ble det påvist vekst av muggsopp og/eller bakterier i sju tak i fase 1 og ni tak i fase 2, hvorav rikelig forekomst i to til tre av takene i begge fasene.
- ◆ Det ble registrert sannsynlig vekst av muggsopp, gjærsopp og/eller bakterier mellom fase 1 og fase 2 i sju av ni tak, sparsom vekst i 5, moderat vekst i 2.

Undersøkelsen viser at flere av takene har hatt en ganske god selvuttørkende evne og at andre uttørkingsmekanismer enn bare diffusjon bidrar. Innebygd fukt vil for eksempel kunne tørke ut via parapet, men inne på takflaten der slik uttørking er vanskelig vil fukt kunne bli værende i konstruksjonen over lengre tid. Likevel har undersøkelsen så langt vist at selv om til dels betydelige mengder fuktighet helt tydelig har kommet inn i takene i byggeperioden og også har vært der i opptil 4 år, så er det bare i to - tre av takene det ser ut til å ha ført til mulige problemer.

Litteratur

- [1] Lisø, K. R. og Kvande, T. (2004)
Klima 2000 – Klimatilpasning av bygningskonstruksjoner – Program 2000 – 2006, Programbeskrivelse, Byggforskrappport O10210-99, rev. dato 13.03.2004, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo
- [2] Byggdetaljer 525.207
Kompakte tak. Del I og II. *Byggforskserien*, Byggdetaljer 525.207, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo 2000
- [3] Takprodusentenes forskningsgruppe (1996)
Dampsperre i tak, TPF Informerer nr. 7, Takprodusentenes forskningsgruppe (TPF), Trondheim 1996 (Se www.tpf-info.org)
- [4] Direktoratet for arbeidstilsynet (2002)
Biologiske faktorer, Veiledning til arbeidsmiljøloven (best. nr. 549), Direktoratet for arbeidstilsynet, Oktober 1999, revidert November 2002
- [5] Time, B., Noreng, K., Hernæs, J. and Geving, S. (2002)
Drying-out potential of a retro-fitted compact roof, *Building Physics in the Nordic Countries*, Proceedings of the 6th Symposium Trondheim, June 17-19, 2002
- [6] Oustad, M., Uvsløkk, S., og Gustavsen, A (2005)
Selvtørrkingsevne for kompakte tak – diffusjon, Prosjektrapport 386, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo 2005
- [7] Noreng, K. (2003)
Fukt i kompakte tak, Fase 1, Prosjektrapport 351, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo 2003
- [8] Noreng, K. (2003)
Fukt i kompakte tak. Resultater fra en feltundersøkelse i to faser, Oppdragsrapport O10210-121. Norges byggforskningsinstitutt, Trondheim 2005

(rapporten har fire vedlegg:

- | | |
|--|-----------|
| 1. Befaringsrapporter fra tolv tak i fase 1 og ni tak i fase 2 | 53 sider |
| 2. Notat om uttørrking av tak Byggforsk (datert 2004-08-06) | 4 sider |
| 3a Rapport 20020617/524/2 CMW fra Mycoteam as for fase 1 | 17 sider |
| 3b Rapport 20020617/524/2 CMW fra Mycoteam as for fase 2 | 15 sider |
| 4a Rapport STF 78 F02104 fra SINTEF Unimed for fase 1 | 11 sider |
| 4b Rapport STF 78 F02104 fra SINTEF Energiforskning A/S for fase 2 | 11 sider) |

