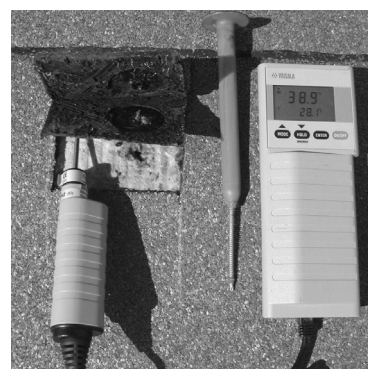


Knut Noreng

Fukt i kompakte tak (fase 1)

Delrapport fra prosjekt 12 i FoU-programmet
«Klima 2000»



Prosjektrapport 351

Knut Noreng

Fukt i kompakte tak (fase 1)

Delrapport fra prosjekt 12 i FoU-programmet «Klima 2000»

Emneord:

Tak, taktekninger, fukt, nedbør, sopp, isolasjonsevne

ISSN 0801-6461

ISBN 82-536-0801-2

300 eks. trykt av S.E. Thoresen as

Innmat: 100 g Kymultra

Omslag: 200 g Cyclus

© Copyright Norges byggforskningsinstitutt 2003

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.

Utnyttelse 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



**Takprodusentenes
Forskningsgruppe**

I arbeidet med prosjektrapporten har Mycoteam as, SINTEF Unimed og det faglige utvalget for prosjekt 12 vært sentrale støttespillere (NTNU, Selmer Skanska AS, Protan A/S, Byggenæringens Landsforening, Icopal as, Byggmesterforbundet, A/S Rockwool, Isolasjonsprodusentenes Forening og Ventilasjons- og blikkenslagerbedriftenes landsforbund). Arbeidet er gjennomført i nært samarbeid med Takprodusentenes forskningsgruppe (TPF) som også har vært initiativtaker til undersøkelsen.

Hovedsamarbeidspartnere

Forsvarsbygg Utbyggingsprosjektet, Husbanken, Statens bygningstekniske etat (BE), Norges forskningsråd, Finansnæringens Hovedorganisasjon (FNH), Statsbygg, Undervisningsbygg Oslo KF

Bransjepartnere

Selmer Skanska AS, Optiroc AS, A/S Rockwool, Brødr. Sunde as, Glava A/S, Jackon AS, Icopal as, Isola as, Protan A/S, Moelven ByggModul AS, Scandiaconsult AS, Interconsult ASA, Aadnesen as, Dr. Techn. Kristoffer Apeland A/S, Isolitt as, Vartdal Plastindustri AS, Løvolds Industri AS

Norske fagmiljøer

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Arkitektthøgskolen i Oslo (AHO), Høgskolen i Narvik, Det norske meteorologiske institutt (DNMI), Norges landbrukshøgskole (NLH), CICERO Senter for klimaforskning, Riksantikvaren, Norges byggstandardiseringsråd (NBR)

Bransjeforeninger

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

Forord

I denne prosjektrapporten er det redegjort for fase 1 fra en to-trinns feltundersøkelse av 12 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. Arbeidet vil bli fulgt opp gjennom en fase 2 (om to år) hvor et utvalg av de samme takene undersøkes på nytt. Gjennom dette vil vi blant annet få økt kunnskap om selvuttørring i kompakte tak, og om hva slags problemer fukt i slike konstruksjoner skaper.

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

Programmets hovedmål er gjennom forskning og utvikling å oppdatere prinsippløsninger 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.

Programmet er et viktig ledd i arbeidet med utvikling og revisjon av anvisninger i Byggforskserien og produktokumentasjon i form av tekniske godkjenninger og sertifiseringer. Programmet ledes av Norges byggforskningsinstitutt (NBI) 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 prosjektrapporten har Mycoteam as, SINTEF Unimed og det faglige utvalget for prosjekt 12 vært sentrale støttespillere (Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Selmer Skanska AS, Takprodusentenes forskningsgruppe, Protan A/S, Byggenæringens Landsforening, Icopal as, Byggmesterforbundet, A/S Rockwool, Isolasjonsprodusentenes Forening og Ventilasjons- og blikkenslagerbedriftenes landsforbund).

En spesiell takk til Lars Anisdahl (TPF) og Tom-Nils Nilsen (NBI) for nyttige innspill under arbeidet med rapporten. Arbeidet er gjennomført i nært samarbeid med Takprodusentenes forskningsgruppe (TPF) som også har vært initiativtaker til undersøkelsen.

Trondheim, mai 2003

Kim Robert Lisø
Programleder
Norges byggforskningsinstitutt

Knut Noreng
Prosjektleder, prosjekt 12
Norges byggforskningsinstitutt

Sammendrag

Kompakte tak som er riktig utført, uten råtefarlige materialer mellom en korrekt dimensjonert og montert dampspærre 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 prosjektrapporten 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 til dels betydelige fuktmengder inn i takene. Fukt kan også senere komme inn i takkonstruksjonen, for eksempel gjennom lekkasjer. Undersøkelsen bekrefter at takets selvuttørkende evne kan være svært begrenset, innebygd fukt vil i de fleste tilfeller bli værende i konstruksjonen over lengre tid. I enkelte tilfeller kan det være tale om skadelige mengder fukt.

Store nedbørsmengder i Sør-Norge høsten 2000 aktualiserte temaet *innebygd fuktighet i kompakte tak*. Denne rapporten presenterer resultatene fra fase 1 av feltundersøkelsen *Fukt i kompakte tak*. Fase 1 omfatter studier av 12 kompakte takkonstruksjoner. Omfanget av fukt i disse takene er kartlagt, og det er fremskaffet opplysninger om hva slags og hvor store problemer dette har forårsaket. Antallet tak som er undersøkt, er av økonomiske årsaker begrenset til 12. 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.

10 av 12 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. I 7 av takene ble det funnet fuktmengder større enn i referansetakene, 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). Seks av takene hadde fuktmengder i isolasjonen større enn 1 %-volum. Det betyr en reduksjon av isolasjonsevnen mellom 3 og 50 % disse stedene. Det ble ikke gjort funn av råtesopp. Ved mikroskopering ble det påvist vekst av muggsopp og/ eller bakterier i 6 tak, hvorav rikelig forekomst i to til tre av takene. Det ble funnet levedyktige sporer av muggsopp og/ eller bakterier i 10 av 12 tak. På de to takene det ikke ble gjort funn av sporer, var det bare tatt prøver på ett sted.

Det er i denne rapporten, som oppsummerer første fase av en undersøkelse i to trinn, gitt noen innledende vurderinger av hvilken betydning dette kan ha for byggets innemiljø. Feltundersøkelsen vil bli gjentatt om to år for å studere noen av de samme takene på nytt (fase 2). Gjennom fase 2 vil vi kunne studere forandringer og eventuell utvikling av alle de problemtyper som er omtalt her. Undersøkelsene vil resultere i økt kunnskap om takenes selvuttørkende evne, og om hvilke problemer fukt i kompakte tak skaper.

Det er ikke påvist noen klar sammenheng mellom målt fuktighet og biologisk vekst, selv om tre av takene viser både høy fukt og 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. Dette gjelder ikke for råtesopp som har trevirke som næringsgrunnlag.

I det videre arbeidet i prosjekt 12 *Fuktsikker byggeprosess* vil det også bli utviklet retningslinjer 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	5
1 INNLEDNING	6
1.1 FORMÅL OG OMFANG	6
1.2 BAKGRUNN	7
2 TAKKONSTRUKSJONER – UTVALG OG BESKRIVELSE	8
2.1 UTVALGSKRITERIER	8
2.2 UTVALGTE TAK – LOKALISERING OG OPPBYGGING	9
3 FELTUNDERSØKELSEN.....	11
4 LABORATORIEUNDERSØKELSEN	13
4.1 GJENNOMFØRING.....	13
4.2 MÅLERESULTATER	13
5 MIKROBIOLOGISKE UNDERSØKELSER	15
5.1 KORT OM MIKROORGANISMER	15
5.2 MYCOTEAMS UNDERSØKELSER.....	15
5.3 SINTEF UNIMEDS UNDERSØKELSER.....	16
5.4 RESULTATER – NOEN HOVEDTREKK.....	16
6 OBSERVASJONER OG VURDERINGER.....	19
6.1 GENERELT.....	19
6.2 TAKDRYPP SOM FØLGE AV BYGGFUKT	19
6.3 KORROSJON PÅ FESTEMIDLER	19
6.4 REDUSERT ISOLASJONSEVNE.....	19
6.5 UNDERSØKELSE AV RÅTE I TREVERK	20
6.6 TAKENES SELVUTTØRKENDE EVNE	21
6.7 MUGGSOPPDANNELSE OG PÅVIRKNING PÅ INNEMILJØET.....	22
7 KONKLUSJON	25
8 REFERANSER.....	27

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 fase 1 av feltundersøkelsen *Fukt i kompakte tak*. Fase 1 omfatter studier av 12 kompakte takkonstruksjoner. 11 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. Neste fase (fase 2) vil være en oppfølging og videreføring av undersøkelsene 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 skaper.



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: NBI)

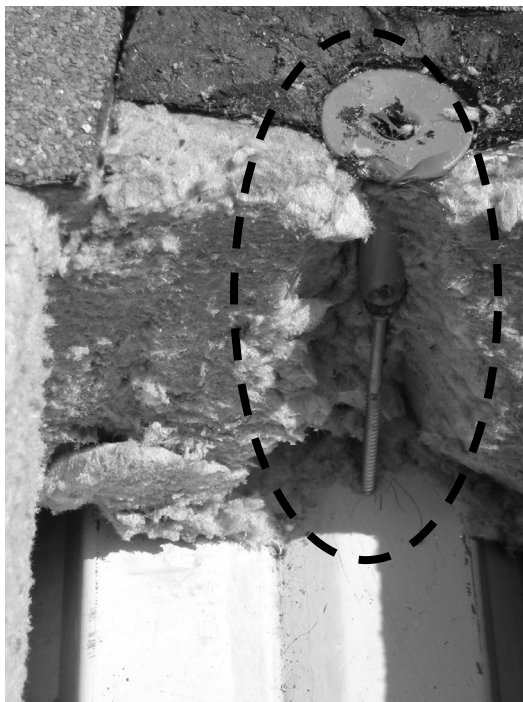
Hensiktene med undersøkelsene er å kartlegge omfanget av fukt i kompakte tak, hvordan tak med fukt oppfører seg over tid, om de tørker ut av seg selv eller om vedvarende fukt skaper problemer som kondensdrypp, korrosjon, redusert isolasjonsevne, muggsopp eller råtesopp. Med basis i eksisterende kunnskap og de resultater dette prosjektet gir, vil det bli utviklet retningslinjer 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 Lisø et. al. [1].

1.2 Bakgrunn

Store nedbørsmengder 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, gjerne i løpet av byggeperioden da denne perioden ofte er kjennetegnet av ferdsel og videre arbeider også etter at taket er ferdig tekket. I tillegg kan det være mange årsaker til at taklekkasjer kan oppstå også i løpet av byggets videre 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 $< 6^\circ$) og skrå tak (helning $> 6^\circ$) [2]. På store bygninger er dette den dominerende takkonstruksjonen. Når kompakte tak er utført riktig, uten råtefarlige materialer mellom en korrekt dimensjonert og montert dampsperre [3] og en godt utført vanntett takteknning, har takene vært betraktet som lite fuktømfintlige. Fukt i kompakte tak har kanskje derfor ikke vært viet tilstrekkelig oppmerksomhet.



Figur 1.2

Detalj av festepunkt på tak 6. Det ble ikke observert korrosjon på festemidlene (foto: NBI)

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

Underlagsdokumentene som denne prosjektrapporten baserer seg på er gitt som vedlegg i NBI-rapport nr. O 10120-121 [4].

2 Takkonstruksjoner – utvalg og beskrivelse

2.1 Utvalgskriterier

De undersøkte takene (se tabell 2.1) er valgt ut med bakgrunn i ønsket om at en majoritet av konstruksjonene skulle ha opplevd faktiske problemer med fukt i byggeperioden. På forespørsel ga en del sentrale aktører i bransjen forslag til bygg der fukt i byggeperioden hadde vært et problem. Siden høsten 2000 var spesielt nedbørrik og forårsaket mange problemer på Østlandet, ble det valgt 9 tak nettopp fra dette utvalget. 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 NBIs lokaler i Trondheim undersøkt. Dette var interessant fordi taket var utført som et forsøksstak, 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.

Takene har forskjellig oppbygning, og forskjellige produkter er benyttet som tekning, se tabell 2.2.



Figur 2.1

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

Antallet takkonstruksjoner som er undersøkt, er av økonomiske grunner begrenset til 12. 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. Tak 1 og 2 hadde ikke hatt noen kjente fuktproblemer og kan dermed fungere som referansetak, det ene tekket i 1989 og det andre i 2000/2001. Ved åpning av referansetakene ble det oppdaget at dampspærre over DT-elementene manglet, noe som gir mulighet for noe fukttilførsel fra innvendig side størstedelen av året (og uttørking inn i bygget andre deler av året).

På takene 4, 5, 6, 10 og 11 ble tilførsel av fukt fra nedbør forsøkt hindret eller begrenset ved forskjellige tildekkningstiltak med presenninger. Dette hadde kun begrenset virkning. For takene 4 og 6 ble det i ettertid montert en del luftelyrer for å få tørket ut byggfukten. Andre spesielle tildekkningstiltak eller senere uttørkingstiltak er ikke gjennomført.

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
1	Akershus	Lager	2000/2001	2400	Normalt
2	Akershus	Lager	1989	800	Normalt
3	Oslo	Kontorbygg	Høst 2000	750	Stort
4	Vestfold	Kontorfløy	2000/2001	1200	Stort
5	Vestfold	Kontor/tekniske	2000/2001	500	Meget stort
6	Vestfold	Pakkehall	2000/2001	3000	Meget stort
7	Vestfold	Kontorfløy	Høst 2000	150	Stort
8	Vestfold	Råvarelager	Høst 2000	900	Stort
9	Buskerud	Bo- og dagsenter	2000/2001	450	Stort
10	Oslo	Idrettshall	Høst 2000	800	Meget stort
11	Akershus	Kjøpesenter	2000/2001	5000	Meget stort
12	Sør-Trøndelag	Kontorfløy	1997	600	Stort

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 (plasztøpt?)
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 glassfyll, 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	Sigelballast, Protan FP, 30 mm steinull + falloppbygging 0-100 mm EPS, gammel Carbofol takfolie, 50 mm gammel isolasjon, Dinaelementer fylt med isolasjon

3 Feltundersøkelsen

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, men ikke nedbør. Kjølig.

For hvert av takene ble tidspunkt for tekkearbeidene, konstruksjonsoppbygging og litt om takets geometri notert. Selve undersøkelsene ble utført ved at det flere steder langs en linje på tvers av taket ble gjennomført målinger og observasjoner. Noen steder ble konstruksjonene åpnet for å ta prøver og for å gjøre detaljerte observasjoner (i tillegg til måling av fuktinnhold). Andre steder ble det kun stukket hull i tekningen for målesonden på måleinstrumentet for temperatur- og RF-måling. Det er utarbeidet en befarringsrapport fra hver av de 12 takene med bilder og skisser der målepunktene er inntegnet. Se vedlegg 1 for detaljerte observasjoner og måleresultater. Tabell 3.1 viser hovedtrekkene vedrørende omfanget av fukt i takene.



Figur 3.1.
Oversiktsbilde av tak 4 i undersøkelsen (foto: NBI)

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. Fra tak 4, 5, 6, 7, 8 og 9 tok NBI ut materialprøver for videre undersøkelser ved mikroskopering hos Mycoteam as. Rapportene fra Mycoteams undersøkelser av mikrobiologisk vekst er i sin helhet gjengitt i [4]. Hovedtrekkene er tatt inn i denne prosjektrapporten.

SINTEF Unimed deltok på befaringen av tak 12. Rapporten fra SINTEF Unimeds undersøkelser av mikrobiologisk vekst er gitt i [4]. Hovedtrekkene er tatt inn i denne prosjektrapporten.

Det ble i tillegg tatt prøver av isolasjonen i takene. Prøvene ble tørket og veid i NBIs 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 [4])

Tak Nr.	Bruk	Observasjon av synlig fukt	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
2	Lager	Ikke synlig fukt	70 % - 95 %	16,5 °C – 20,5 °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
5	Kontor/tekniske	Våt isolasjon	50 % - 96 %	Kondensvann og fritt vann tilstede
6	Pakkehall	Fuktig isolasjon	35 % - 95 %	Kondensvann tilstede
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	Kondensfukt under tekningen og på isolasjonen	55 % - 99 %	Kondensvann tilstede
10	Idrettshall	Ikke synlig fukt	25 % - 50 %	6,0 °C – 13,0 °C
11	Kjøpesenter	Synlig fukt på gammel isolasjon og tekning. Fritt vann på dampspærren	36 % - 97 %	Kondensvann og fritt vann tilstede
12	Kontorfløy	Synlig fukt på undersiden av tekningen og på isolasjonen	81 % - 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. Tykkelsen ble ved et par av tilfellene tilpasset faktisk sjikttykkelse. Prøvene ble umiddelbart lagt i plastposer og forseglet med en kraftig 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 og volumprosent vann regnet ut.

4.2 Måleresultater

Resultatene fra laboratorieundersøkelsen av fuktinnhold i prøvene av isolasjonsmaterialer tatt fra tak 1 til og med 11 er vist i tabell 4.1. Resultater fra tak 12 er gitt i tabell 4.2. Fra tak 7 og 8 ble det av praktiske grunner ikke tatt prøver fra isolasjonssjiktet. Tabell 4.3 viser fuktinnhold i en treprobe fra tak 12.

Tabell 4.1

Fuktinnhold i prøver av isolasjonen fra tak 1 til 11

Tak nr.	Bruk	Prøve Sted	Type Isolasjon	Tørrvekt isolasjon	Vekt av vann	%-vekt	%-volum
1	Lager	P1-Ø	Steinull	317,65	1,31	0,41	0,07
		P2-Ø	"	336,95	1,39	0,41	0,07
		P3-Ø	"	338,57	1,44	0,43	0,07
2	Lager	P1a-Ø	Steinull	206,37	0,63	0,31	0,03
		P1b-N	"	190,14	0,75	0,34	0,07
3	Kontorbygg	P2a-Ø	EPS	43,23	0,30	0,75	0,02
		P2b-N	Steinull	331,08	1,26	0,38	0,06
4	Kontorfløy	P3-Ø	Steinull	174,83	5,79	3,31	0,40
5	Kontor/tekniske	P1a-Ø	Steinull	247,21	370,9	150,0	17,8
		P1b-oD	"	175,45	395,3	225,0	17,6
		P1c-uD	"	214,82	1,3	0,6	0,07
6	Pakkehall	P1-oD	Steinull	190,70	21,2	11,0	1,0
7	Kontorfløy	-					
8	Råvarelager	-					
9	Bo- og dagsenter	P1-Ø	EPS	51,77	0,45	0,87	0,02
		P2-Ø	EPS	48,60	16,56	34,0	0,55
10	Idrettshall	P1-Ø	Steinull	324,20	1,08	0,33	0,05
		P3-Ø	"	314,37	1,13	0,36	0,06
11	Kjøpesenter	P1-UGT	Steinull	192,33	0,78	0,41	0,06
		P2-UGT	"	109,97	15,75	14,32	1,2
		P3-UGT	"	265,09	3,7	1,4	0,2

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 vedlegg 1

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 tegning. *Et fuktinnhold på 1 %-volum i 200 mm tykk isolasjon gir 2 liter vann pr m².*

Tabell 4.2

Fukttinnhold i prøver av isolasjonen fra tak 12

Tak nr.	Bruk	Prøve Sted	Type Isolasjon	Våtvekt	Tørrvekt	%-vekt	%-volum
12	Kontor-fløy	P1-øverst	Steinull	129,08	128,64	0,34	0,03
		P1-midten	"	194,04	193,25	0,41	0,07
		P1-nederst	"	145,69	145,16	0,37	0,08
		P6-øverst	Steinull	116,24	115,52	0,62	0,14
		P6-midten	EPS	12,05	11,91	1,18	0,02
		P6-nederst	EPS	13,57	13,35	1,65	0,03
		P7-øverst	Steinull	95,43	94,16	1,35	0,21
		P7-nederst	EPS	14,11	13,88	1,66	0,03
		P9-hele tykkelsen	Steinull	78,24	72,49	7,93	1,43

Tabell 4.3

Fukttinnhold i en treprobe fra tak 12

Tak nr.	Bruk	Prøvested	Type materiale	Våtvekt	Tørrvekt	%-vekt	%-volum
12	Kontor-fløy	P7-oppe	tre	10,02	3,52	185	-

For tak 12 er det utarbeidet et eget internt notat vedrørende utviklingen av fuktforholdene i taket over de fem årene målingene har pågått. Notatet er gjengitt i [4].

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 og temperatur er viktige faktorer som påvirker vekst. For muggsopp er $RF \geq 80\%$ og $t \geq 0\text{ }^\circ\text{C}$ et vanlig 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 $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}\text{ m}^2$ (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 belegg/folie (ca. $10 \times 10\text{ cm.}$). Eventuelt ble det tatt tapeavtrekk av beleggets/foliens underside på stedet
 - fra isolasjon (ca. $10 \times 10\text{ cm.}$)
 - i enkelte tilfeller ble det i tillegg tatt prøve av dampsperran.

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. Måling og prøvetaking pågår (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. Luftanalyser med en "MicroBio" er en egnet prøvetakingsmetode for å avdekke eventuelle muligheter for skjulte muggsopp-skader. 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 inneluften og uteluften er forskjellig, kan dette være en indikasjon på (skjulte) skader i området. Fullstendig rapport er gitt i vedlegg til [4].

5.3 SINTEF Unimeds undersøkelser

Luftprøver

SINTEF Unimed deltok på befaringen av tak 12. Rapporten fra SINTEF Unimeds undersøkelser av mikrobiologisk vekst er gitt i vedlegg til [4]. Mikrobiologisk prøvetaking av luften ble gjort ved hjelp av "BIOTEST RCS Air Sampler". Denne målingen av mikroorganismen 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).

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 Unimed er gitt i vedlegg til [4].

5.4 Resultater – noen hovedtrekk

5.4.1 Resultater fra Mycoteams undersøkelser

Det ble funnet antydninger til vekst av muggsopp og/eller bakterier i 9 av de 11 takene. Det ble ikke registrert kraftig vekst i noen av takene.

Prøveresultatene viste ikke klare tegn til et mønster i hvor forekomst av mikroorganismer var i takkonstruksjonene. Teoretisk sett ville man imidlertid kunne forvente at det i sjiktet opp mot taktekingen 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 gir en forenklet oversikt over de viktigste resultatene av undersøkelsen.

Tabell 5.1

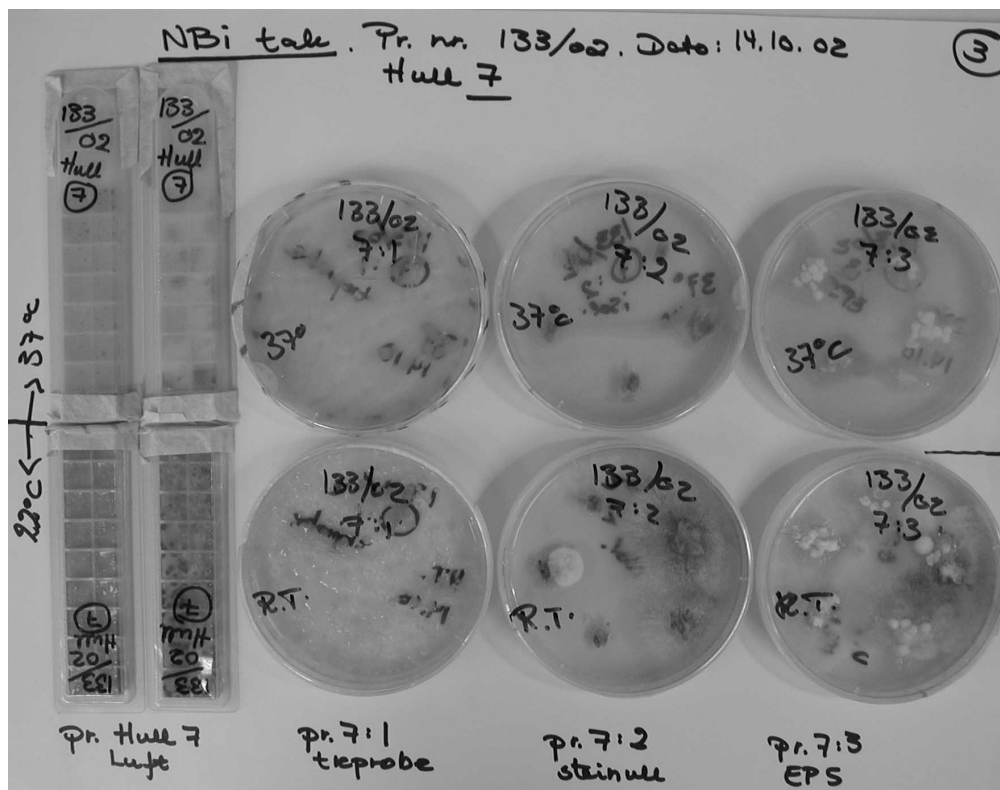
Samlet oversikt over de viktigste analyseresultatene i undersøkelsen

Tak nr.	Materialprøver	Luftprøver
1	Svært sparsom vekst av muggsopp	Ingen utslag
2	Kun funn av enkelt soppsporer	Noe variasjon i forhold til uteluften
3	Kun funn av enkelt soppsporer	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 soppsporer	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

5.4.2 Resultater fra SINTEF Unimed's undersøkelser

Luftundersøkelsen og materialundersøkelsen gir samlet indikasjon om at det er tilstedeværende høy fuktighet og at det er en sannsynlig etablert muggsopp-skade i konstruksjonen.

I luftprøvene fra to av prøvestedene er det registrert rik vekst av to muggsopp slekter, den ene er markør for høyt fuktinnhold (*Penicillium*), den andre er markør for fukt over lengre tid (*Aspergillus*). Se flere detaljer i tabell 5.2.

**Figur 5.2**

I luftprøvene fra et hull midt på taket (hull 7) i tak 12 ble det påvist rikelig oppvekst av 2 muggsopp slekter. Den ene (*Penicillium*) er markør for høyt fuktinnhold, den andre (*Aspergillus*) er markør for fukt over lengre tid, som her sannsynligvis har resultert i en etablert muggsopp-skade (foto: SINTEF Unimed)

Tabell 5.2

Dyrkningsresultat fra tak 12 i Trondheim, 14. oktober 2002

Prøve 129/02	Prøvested: Tak 12	Luftprøve	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.</i> <i>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)

6 Observasjoner og vurderinger

6.1 Generelt

Observasjoner knyttet til mulige fuktproblemer er gjengitt i de to følgende delkapitler.

6.2 Takdrypp som følge av byggfukt

Senere takdrypp som følge av byggfukt ble ikke undersøkt systematisk, men for tre av takene (1, 2 og 12) er det klarlagt med stor grad av sikkerhet at slike takdrypp ikke har forekommet.

- Rapporter om slike problemer: 0 av 12 tak.
- 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 var nødvendig å åpne i henhold til andre prøvetakinger og målinger. Ekstra hulltaking for spesielle undersøkelser av festemidler ble ikke utført.

Undersøkelsen ga følgende resultater:

- 11 av 12 tak var mekanisk festet, ikke tak 12.
- Festemidler funnet for undersøkelse på 9 av 11 tak.
- På 3 av 9 var selve festemidlet til underlaget helt tildekket av plasthylsen. Disse ble ikke løsnet og tatt ut.
- 5 av 6 undersøkte festemidler var fri for rustangrep.
- Ett festemiddel, skive på parapet i tak 9, hadde et lite angrep av hvitrust.

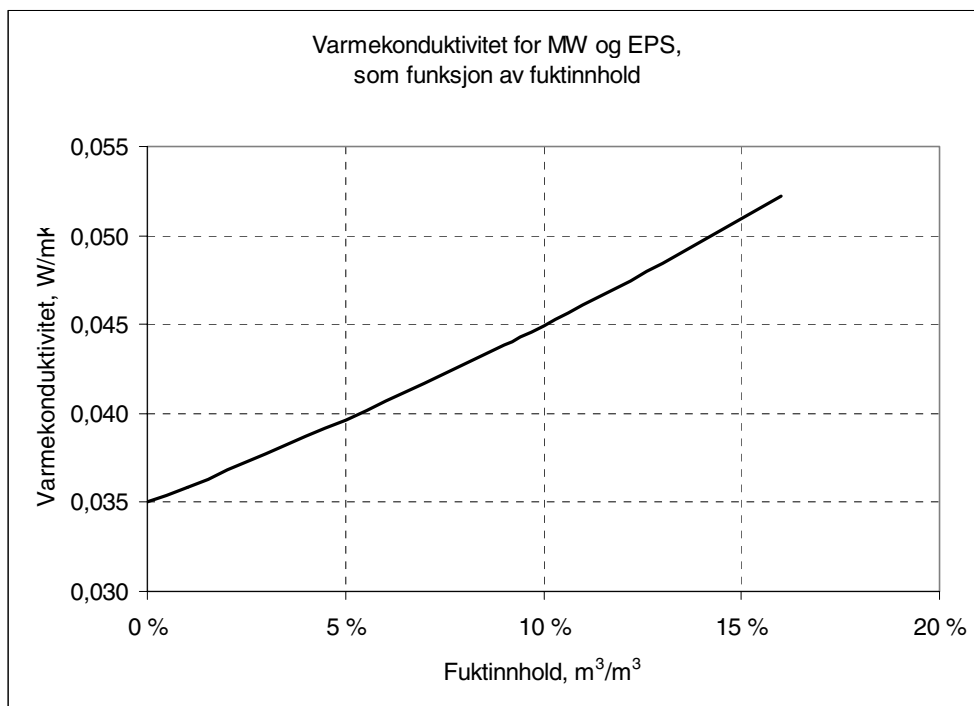
Hvitrust er angrep på korrosjonsbeskyttelsen, grunnmaterialet er foreløpig ikke angrepet. Undersøkelsen av korrosjon på festemidler ble ikke gjort mer omfattende enn dette da alle involverte takentreprenører kommenterte at korrosjon på festemidler i dag er et veldig lite problem. Korrosjonsbeskyttelsen 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).

6.4 Redusert isolasjonsevne

Fra 10 av takene ble det tatt til sammen 28 prøver av isolasjon for måling av vanninnhold. Resultatene er vist i tabell 4.1 og 4.2 og oppsummeres kort her som vanninnhold i vekt-%.

- vanninnhold i volum-%: < 1 %, 23 prøver fra til sammen 9 av takene.
- vanninnhold i volum-%: 1 – 20 %, 5 prøver fra til sammen 4 av takene.

På ett og samme tak ble det målt store forskjeller i fuktinnhold, avhengig av hvor på taket prøven ble tatt.

**Figur 6.1**

Varmekonduktivitet for mineralull (MW) og ekspandert polystyren (EPS) som funksjon av fuktinnhold

Varmeisolasjonsevnen reduseres med økende fuktinnhold i isolasjonen. Praktisk varmekonduktivitet for isolasjonsmaterialer med ulike fuktinnhold kan beregnes etter NS-EN ISO 10456. Figur 6.1 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 prosent for EPS og opp til 15 prosent for mineralull.

Figur 6.1 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 volumprosent.

6.5 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 dampåpen vindsperre på parapetens fasadeside har treverket uttørkingsmulighet 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 uttørkingsmulighet 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 8 av 12 tak.
- Treverk i sarger til overlyskupler, røykluker, ventilasjonsoppbygg eller lignende: sannsynligvis i 4 av 12.
- Treverk i taktro: 1 av 12 tak.

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

6.6 Takenes selvuttørkende evne

Rapportene om at mye fukt fra nedbør var bygd inn i takene synes bekreftet av undersøkelsen. Likevel kan vi se flere steder at selv om fuktighet helt tydelig har kommet inn i takene, så er det mindre omfang av fukt i takene 1½ år etter tekkeperioden.

I forhold til det som på forhånd var antatt, viser målinger i flere av takene en sannsynlig selvuttørking.

- Tak 1: Taket ble tekket i vintersituasjon med minusgrader. Målt fukttilstand tyder på moderat byggfukt for eksempel i form av rim, eller på noe oppfukning på grunn av manglende dampsperre. Takkonstruksjonen er av en type vi normalt antar har liten selvuttørkende evne.
- Tak 2: Målt fukttilstand tyder på moderat byggfukt, eller på noe oppfukning på grunn av manglende dampsperre. En takkonstruksjon vi normalt antar har liten selvuttørkende evne.
- Tak 3: Sannsynlig uttørking via parapet. Usikkert omfang, hvor langt innover taket dette har hatt effekt.
- Tak 4: Mulig selvuttørking via parapet, mulig selvuttørking via luftelyrer. Usikkert omfang, hvor langt innover taket dette har hatt effekt.
- Tak 5: Hvis parapetene hadde vært benyttet optimalt, kunne dette taket hatt betydelig selvuttørkende evne.
- Tak 6: Sannsynlig selvuttørking innover av isolasjonssjikt under dampsperre. Mulig, men neppe særlig omfattende selvuttørking utover via luftelyrer for isolasjon over dampsperre.
- Tak 7: Mulig uttørking innover sommerstid. Taktro av tre, ikke benyttet dampsperre.
- Tak 8: Takkonstruksjonen er meget damp- og lufttett, og har minimal selvuttørking. I forhold til forventningene ble det funnet lite fukt i dette taket.
- Tak 9: Mulig uttørking via parapet og litt gjennom taktekning av PVC. Selvuttørking liten i forhold til omfang av fukt.
- Tak 10: Mulig uttørking via parapet og litt gjennom taktekning. I forhold til forventningene ble det funnet lite fukt i dette taket. Det kan virke som om selvuttørkingen har vært stor, og større enn for eksempel på tak 9.
- Tak 11: Selvuttørking synes å være lav.
- Tak 12: På grunn av svært damptett taktekning (FPO), singelballast og til dels stående vann på deler av flaten, er selvuttørkingsevnen gjennom takflaten liten. 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.

På to av takene, tak 4 og 6, ble det i ettertid montert luftelyrer for å bidra til uttørking av byggfukt. Størrelse, antall og plassering var forskjellig på de to takene.

Tak 4 hadde dampsperre liggende på profilerte stålplater. Det ble ettermontert et begrenset antall luftelyrer. Målt vanninnhold i prøve av steinull var 3,3 %-vekt (0,4 %-volum). Dette er et ganske høyt fuktinnhold og prøvestedet er like i nærheten av en luftelyre. Det ble ikke observert fritt vann på overflatene under inspeksjonen, noe som trolig skyldtes høye sommertemperaturer. Luftelyrene kan ha bidratt til noe uttørking.

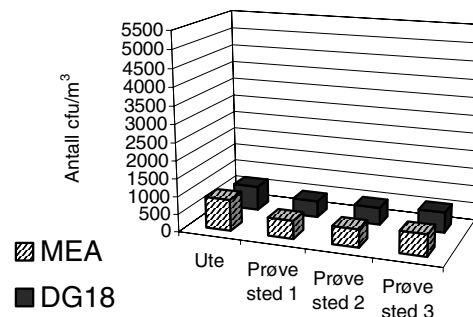
Tak 6 hadde bærende, perforerte stålplater under 50 mm steinull under dampspennen. Steinulla under dampspennen var relativt tørr; 35 % RF og 22 °C. Steinullen over dampspennen hadde høyere fuktighet; 95 % RF ved 25 °C. Målt fuktinnhold i steinullen var 11 %-vekt (1,0 %-volum). Dette er et høyt fuktinnhold. Prøvestedet lå med ganske korte avstander (ca. 2 m) i fra fire luftelyrer. Dermed ser det ikke ut til at luftelyrene har bidratt vesentlig til økt uttørking. Vurderinger knyttet til effekten av luftelyrer kan være interessante å etterprøve i fase 2 av undersøkelsen.

6.7 Muggsoppdannelse og påvirkning på innemiljøet

Det ble funnet levedyktige sporer av muggsopp og/eller bakterier i 10 av 12 undersøkte tak. På de to takene 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 6 av takene. I kun to-tre av takene ble det gjort rike funn:

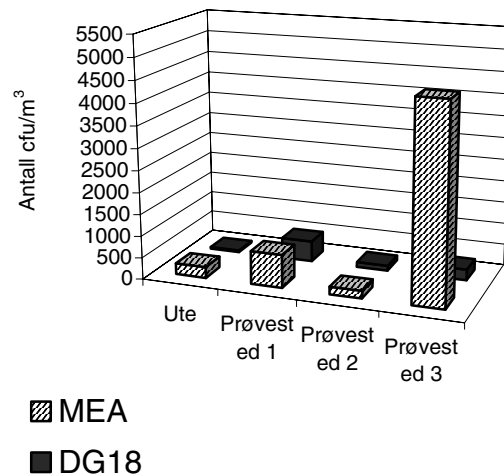
- Tak 5 hadde moderat til rikelig vekst av svertesopp, muggsopp og bakterier.
- Tak 11 hadde høy konsentrasjon av bakterier og gjærsopp i luftprøver tatt i prøvehull 3 (se figur 6.3).
- Tak 12 har påvist rik vekst av to muggsoppslekter på vekstmedium, og det har sannsynligvis en muggsoppskade.

I disse tre takene var det også mye fukt. Med mulig unntak av tak 12 var skadene begrenset i omfang. Funnene viser likevel at det er, eller har vært, vekstgrunnlag i de aktuelle takkonstruksjonene.



Figur 6.2

Tak 10. Oversiktsbilde samt grafisk framstilling av resultater fra luftanalysene. Antall cfu/m³ er fordelt på prøvested og dyrkningsmedium [4]



Figur 6.3

Tak 11. Oversiktsbilde samt grafisk framstilling av resultater fra luftanalysene. Antall cfu/m³ er fordelt på prøvested og dyrkningsmedium [4]

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 [5].

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.

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 (dampspærre og tekning) som begge skal være godt tettet mot luftlekkasjer. Dersom

dampsperran imidlertid *blir* perforert, *ikke* er tilstrekkelig klemt i skjøter eller gjennomføringer og heller ikke er tett 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 dampsperran 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 dampsperran.

Feltundersøkelsen viser ingen klar sammenheng mellom målt fuktighet og biologisk vekst, selv om tak 5, 9 og 11 og spesielt 5, 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. Dette gjelder ikke for råtesopp som har trevirke som næringsgrunnlag. I fase 2 vil derfor trevirket i takene undersøkes for råtesopp.

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 nedbørsmengder 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 av feltundersøkelsen *Fukt i kompakte tak*. Fase 1 omfatter studier av 12 kompakte takkonstruksjoner. Omfanget av fukt i disse takene er kartlagt, og det er fremskaffet opplysninger om hva slags og hvor store problemer dette har forårsaket. 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 12. 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:

- 10 av 12 tak var valgt blant tak vi visste hadde hatt betydelige problemer med byggfukt 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 også for dem på moderat byggfukt, eller på noe oppfukning på grunn av manglende dampsperre.
- I 7 av takene 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 1½ år etter tekkeperioden.
- Det ble ikke rapportert om takdrypp, men i to tak ble det observert så mye fukt at dette kunne ha inntruffet.
- Begynnende korrosjon ble observert på en festeskive montert på parapet (hvitrust).
- Seks av takene hadde fuktmengder i isolasjonen større enn 1 %-volum. Det betyr en reduksjon av isolasjonsevnen mellom 3 og 50 % disse stedene.
- Det ble ikke gjort funn av råtesopp.
- Ved mikroskopering ble det påvist vekst av muggsopp og/ eller bakterier i 6 tak, hvorav rikelig forekomst i to til tre av takene.
- Det ble funnet levedyktige sporer av muggsopp og/ eller bakterier i 10 av 12 tak. På de to takene det ikke ble gjort funn av sporer, var det bare tatt prøver på ett sted.

Undersøkelsen bekrefter at takets selvuttørkende evne kan være svært begrenset. Innebygd fukt vil for eksempel kunne tørke ut via parapet, men inne på takflaten der slik uttørring er vanskelig vil fukt 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, så er det bare i to - tre av takene det ser ut til å føre til problemer.

Feltundersøkelsen vil bli gjentatt om to år for å studere noen av de samme takene på nytt (fase 2). Gjennom fase 2 vil vi kunne studere forandringer og eventuell utvikling av alle de problemtyper som er omtalt her. Undersøkelsene vil resultere i økt kunnskap om takenes selvuttørkende evne, og om hvilke problemer fukt i kompakte tak skaper.

8 Referanser

- [1] Lisø, K. R., et al, 2002:
Klima 2000 – Klimatilpasning av bygningskonstruksjoner – Program 2000 – 2005,
Programbeskrivelse, rev. dato 04.04.2002, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo
(se www.byggforsk.no/prosjekter/klima2000)
- [2] Byggdetaljer 525.207
Kompakte tak. Del I og II. Byggforskserien, byggdetaljer 525.207, Norges
byggforskningsinstitutt, Oslo 2000
- [3] Takprodusentenes forskningsgruppe, 1996:
Dampspærre i tak, TPF Informerer nr. 7, Takprodusentenes forskningsgruppe (TPF),
Trondheim, april 1996 (Se www.tpf-info.org)
- [4] Noreng, K., 2003:
Fukt i kompakte tak. Fase 1, NBI-rapport nr. O 10210-121, datert 23.05.03, Norges
byggforskningsinstitutt, Trondheim
- (rapporten har fire vedlegg:
- | | |
|--|-----------|
| 1. Befaringsrapporter fra 12 tak med bilder | 44 sider |
| 2. Notat om uttørking av tak NBI (datert 2002-12-19) | 3 sider |
| 3. Rapport 20020617/524/2 CMW fra Mycoteam as | 17 sider |
| 4. Rapport STF 78 F02104 fra SINTEF Unimed | 11 sider) |
- [5] Direktoratet for arbeidstilsynet, 2002:
Biologiske faktorer, Veiledning til arbeidsmiljøloven (best. nr. 549), Direktoratet for
arbeidstilsynet, Oktober 1999, revidert November 2002