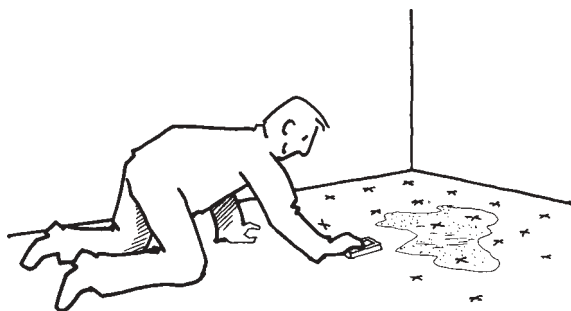


Lars-Ivar Aarseth, Thomas Ildgruben og
Arild Gustavsen

Ikke-destruktive fuktindikatorer



Prosjektrapport 342
Lars-Ivar Aarseth, Thomas Ildgruben og
Arild Gustavsen
Ikke-destruktive fuktindikatorer
Undertittel Undertittel

Emneord: Fukt, bygningsmaterialer, måleinstrumenter, måle-
metode, ikke-destruktiv, målenøyaktighet, laboratorieunder-
søkelse, tilstandsanalyse, fuktskade

ISSN 0801-6461
ISBN 82-536-0784-9

300 eks. trykt av
S.E. Thoresen as
Innmat:100 g Kymultra
Omslag: 200 g Cyclus

© Copyright Norges byggforskningsinstitutt 2002

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverkslovens bestem-
melser. 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, interesseor-
gan 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

FORORD

Denne rapporten gir en oppsummering av resultater fra forskningsprosjektet ”Bruk av ikke-destruktive målemetoder for å måle/detektere fukt i bygningskonstruksjoner”.

Prosjektet er gjennomført i nært samarbeid Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTNU, ved hovedoppgavestudent Thomas B. Ildgruben og Dr. Ing. Arild Gustavsen. Ildgruben har gjennomført de fleste laboratorieeksperimentene, og har presentert arbeidet i en prosjektoppgave og en hovedoppgave. I første del av prosjektet, høsten 2001, gjennomførte Ildgruben et fordypningsprosjekt med tittel: ”Indikering av fukt i ulike dybder med ikke-destruktive fuktindikatorer”. Hovedoppgaven, med tittel: ”Usikkerhet ved bruk av ikke-destruktive fuktindikatorer til fukteteksjon i bygningskonstruksjoner” ble gjennomført våren 2002.

Denne rapporten er i hovedsak basert på resultatene i Ildgrubens arbeider, redigert av Aarseth, NBI. Etter en kort gjennomgang i selve rapporten er de viktigste resultatene vist i vedlegg. For en fullstendig oversikt over prosjektresultatene viser vi til de to nevnte rapportene skrevet av Ildgruben.

Prosjektet er finansielt støttet av Norges Takseringsforbund, Fly- & Industriinstrumenter AS, Norsk Hussoppforsikring, Polygon AS, Isola AS og NITO Takst.

INNHold

1. BAKGRUNN.....	6
1.1 OPPBYGNING AV RAPPORTEN	6
2. SAMMENDRAG.....	7
3. INSTRUMENTER, MÅLETEKNIKK OG FUKTTEORI	8
3.1 INSTRUMENTENE	8
3.2 MÅLETEKNIKK OG FUKTTEORI	8
3.3 KAPASITIVE (DIELEKTRISKE) METODER.....	9
3.4 FUKT I BYGNINGSMATERIALER	10
3.5 BETEGNELSER FOR FUKT I MATERIALER	11
3.6 FUKT I ULIKE MATERIALER.....	12
3.7 OPPSUMMERING – MATERIALER OG FUKTMÅLING.....	13
4. INNLEDENDE FORSØK	14
4.1 EFFEKT AV SPIKRER OG SKRUER I MÅLEOBJEKTET	14
4.2 VARIASJON VED GJENTATTE, IDENTISKE MÅLINGER.....	14
4.3 EFFEKT AV EN TYNN PLASTFILM, PLASTFOLIE OG MEMBRAN MOT FUKTIGE ELLER VÅTE PRØVER.....	14
4.4 VARIERENDE ANTALL FUKTIGE PRØVEPLATER I UNDERLAGET.	14
5. FØLSOMHET FOR FUKT I ULIKE DYBDER	14
5.1 MÅLEOPPLEGG	14
5.2 PRØVEOBJEKTER	15
5.3 RESULTATER.....	16
5.4 DISKUSJON.....	18
5.5 KONKLUSJON.....	18
6. INDIKERING AV FUKT I ULIKE SJIKT I EN FLISKLEDD GIPSVEGG.....	19
6.1 BAKGRUNN	19
6.2 MÅLEOPPLEGG	19
6.3 RESULTATER OG DISKUSJON – TO UTVALGTE INSTRUMENTER	19
6.4 RESULTATER OG DISKUSJON – ALLE INSTRUMENTER	22
6.5 KONKLUSJON.....	25
7. VARIASJONER OVER EN FLISKLEDD GIPSFLATE	25
7.1 BAKGRUNN	25
7.2 MÅLEOPPLEGG	25
7.3 RESULTATER OG DISKUSJON	25
7.4 KONKLUSJON.....	26
8. EFFEKT AV LUFTSPALTER OG TYNNE MATERIALSJIKT.....	26
8.1 BAKGRUNN	26
8.2 FORSØKSOPPSETT	26
8.3 RESULTATER.....	27
8.4 DISKUSJON/KONKLUSJON	28
9. MULIGE FEILKILDER	29
9.1 GJENTAK.....	29

10.	HOVEDKONKLUSJONER.....	30
10.1	FUKTTEORETISK GRUNNLAG	30
10.2	MÅLEDYBDER I TREFIBER	30
10.3	VARIASJON MELLOM ULIKE OVERFLATEBELEGG OG –MATERIALER.....	30
10.4	VARIASJON MELLOM ULIKE INSTRUMENTER.....	30
10.5	VARISJONER MELLOM IDENTISKE MÅLINGER.....	30
10.6	FUKTMÅLING PÅ GIPSPLATER MED OG UTEN FLISER, LIM OG MEMBRAN	30
10.7	EFFEKT AV TYNNE PLATER OG LUFTSPALTER	31
10.8	SPIKRER OG SKRUER I TØRRE PLATER	31
10.9	DYRERE INSTRUMENTER	31
10.10	RÅD VED VALG OG BRUK AV FUKTINDIKATOR.....	31
11.	FORSLAG TIL VIDERE ARBEID.....	32
12.	LITTERATUR OG REFERANSER	32
13.	VEDLEGG.....	33
13.1	FORSØKSOPPSETT – PRØVEPLATER	33
13.2	EFFEKTER AV HJØRNER, FUGER OG FLISKANTER	35
13.3	STANDARDAVVIK FOR GJENTATTE MÅLINGER	36
13.4	EFFEKT AV TYNN PLASTFILM OG VARIASJONER VED GJENTATTE MÅLINGER	37
13.5	FORSØK MED SPIKER OG SKRUER	38
13.6	OVERSIKT OVER INSTRUMENTENE	40
13.7	GRUPPERING AV FUKTINDIKATORENE.....	41

1. BAKGRUNN

I forbindelse med tilstandsundersøkelser av byggskader, boligtester m.m. benyttes ulike typer fuktmåleutstyr. På grunn av strengere krav til kvalitetskontroll og dokumentasjon er det også et behov for å kontrollere nye konstruksjoner med hensyn til fuktinnhold og vanntetthet, for eksempel i forbindelse med kontroller og inspeksjoner av våtrom. Hyppigst benyttet er såkalt ikke-destruktive målere, det vil si målere som ikke krever inngrep i overflaten. En instrumenttype som benyttes mye av takstmenn med flere, er såkalte kapasitive fuktmålere, også kalt fuktindikatorer. Disse kan detektere fukt i konstruksjoner uten å skade overflatene.

Bruk av fuktindikatorer kan være nyttig, men er også beheftet med store usikkerheter. Blant annet er det usikkert hvor dypt instrumentet kan måle, og hvordan de reagerer på ulike materialer og konstruksjoner, plastsjikt, luftspalter osv. Det er i tillegg forskjeller på hvordan instrumenter av ulike fabrikater fungerer, og om de gir ulike utslag på den samme fuktmengden. En del instrumenter oppgis å kunne brukes til å måle det absolutte fuktinnholdet i for eksempel betong og treverk, men dokumentasjonen på dette feltet er dårlig og usikkerheten stor.

I de senere år har bruken av fuktindikatorer hatt en stor økning. De fleste takstmenn og våtromsbedrifter har et eller flere slike instrumenter. Instrumentene har vist seg å være meget nyttige til å lete seg fram til fuktige partier i konstruksjoner, vurdere utbredelse av fuktskader etc. Svært ofte, for ikke å si vanligvis, står imidlertid brukeren av instrumentet igjen med flere spørsmål enn svar. Det skyldes blant annet manglende anbefalte metoder for praktisk bruk av slike instrumenter, usikkerhet i forhold til hvordan instrumentet virker og hvor nøyaktig det er. Det er derfor et klart behov for mer kunnskap om bruken av disse instrumentene.

Målet med dette prosjektet har vært å skaffe kunnskap om bruk av ikke-destruktive fuktindikatorer på utvalgte bygningsmaterialer og konstruksjoner. Vi har testet 11 ulike instrumenter. Av disse skal åtte være mer eller mindre "universalindikatorer" for ulike byggematerialer. To av instrumentene er spesielt beregnet på tre, og ett er av en større og dyrere type enn det som normalt brukes av for eksempel takstmenn.

1.1 Oppbygning av rapporten

Generelt

De mest interessante resultatene er drøftet i egne resultatkapitler. Andre er bare kort oppsummert og delvis presentert i vedlegg (kapittel 13). Innledningsvis i prosjektet ble det gjort en rekke enkle forsøk, blant annet for å komme fram til gode forsøksoppsett. Disse erfaringene er samlet i Ildgrubens arbeider (2001, 2002), sammen med de resultater som ikke er presentert her.

Innhold kapittelvis

I kapittel 3 går vi kort gjennom valg av instrumenter i undersøkelsen, og av måleprinsippet. Videre ser vi på hvordan fukt opptrer, benevnes og måles i ulike porøse bygningsmaterialer. De mest interessante resultatene er presenterte i kapitlene 4 - 8.

- Innledende forsøk, kap. 4
- Følsomhet for en bestemt mengde fukt i ulike dybder, kombinert med ulike overflater, kap. 5
- Følsomhet for ulike fuktmengder i underlaget, kombinert med ulike overflater, også kap. 5
- Indikering av fukt i en oppbygd konstruksjon av fliser og gips, kap. 6
- Variasjoner over måleflaten, kap. 7
- Effekter av luftspalter og tørre materialer over fuktige plater, kap. 8

Flere av resultatene er mer fullstendig presenterte i vedlegg (kap.13). For øvrige resultater fra prosjektet viser vi til Ildgruben (2001, 2002). Konklusjonene etter prosjektet er presentert i kap. 10. Forslag til videre arbeid er presentert i kap. 11.

2. SAMMENDRAG

I dette prosjektet har vi undersøkt til sammen 11 ikke-destruktive fuktindikatorer. Undersøkelsen omfatter de fleste instrumenter av denne typen som brukes av takstmenn, skadeetterforskerer osv. i Norge i dag. Vi har gjennomgått litteratur på området, og gir et utdrag slik det er presentert i utvalgte blad i Byggforskserien (Norges byggforskningsinstitutt).

Videre har vi gjort en rekke laboratorieundersøkelser, med ulike materialer og kombinasjoner av materialer med ulike fuktinnhold. Det meste av laboratoriearbeidet er gjennomført av hoved oppgavestudent T.B.Ildgruben. Hans arbeider er presentert i en prosjektoppgave (Ildgruben 2001) og i en hovedoppgave (Ildgruben 2002). De mest interessante resultatene er presenterte og drøftet i denne rapporten. Dette omfatter:

- Innledende, mindre forsøk
- Følsomhet for en bestemt mengde fukt i ulike dybder, kombinert med ulike overflater
- Følsomhet for ulike fuktmengder i underlaget, kombinert med ulike overflater
- Indikering av fukt i en oppbygd konstruksjon av fliser og gips
- Variasjoner over måleflaten
- Effekter av luftspalter og tørre materialer over fuktige plater

Resultatene viser at instrumentene har en meget begrenset måledybde. Typisk måledybde i trefiberplater varierer mellom 5 og 25 mm for de ulike instrumentene. Instrumentene skjeller godt mellom vått og tørt, så lenge fukten ligger nær, eller i overflaten. Ulike materialer og overflater påvirker indikatorutslagene kraftig. Plastfolier og membraner ser ikke ut til å påvirke utslagene. Tørre trefiberplater mellom 3 og 12 mm, eller en luftspalte på 3 mm, reduserer utslagene kraftig. I en fliskeledd gipsvegg klarer ikke vanlige fuktindikatorer å måle gjennom ett vått sjikt av fliser og lim. Et langt dyrere og større instrument vi testet, har større måledybde og er dermed bedre egnet.

Vi gir følgende råd for bruk av enkle ikke-destruktive fuktindikatorer:

Fuktundersøkelser krever god kunnskap om, og erfaring med, fukt i bygningsmaterialer. Samtidig er det viktig å kjenne til oppbygningen av den konstruksjonen man skal undersøke. En god ikke-destruktiv fuktindikator kan da være et nyttig hjelpemiddel til å finne fram til fuktige områder. For dypere undersøkelser og for sikker måling av fukt, må man bruke helt andre instrumenter, og/eller åpne opp, eller ta hull i konstruksjonen. Nyttige råd:

- 1 Velg en indikator som har blant de største måledybde.
- 2 Gjør deg kjent med instrumentet på de materialene og overflatene du skal måle på.
- 3 Vær klar over begrensningen i måledybde (bare 1 – 2 cm i vanlige bygningsplater, fliser og flislim).
- 4 Se på instrumentet som en *fuktindikator* som kan skjelle mellom vått og tørt i eller like under overflaten. Finn et tørt område og bruk utslaget der som referanseverdi.
- 5 Bruk ikke en fuktindikator til å ”beregne” RF i materialer som gips, betong og sparkelmasser.

3. INSTRUMENTER, MÅLETEKNIKK OG FUKTTEORI

3.1 Instrumentene

Undersøkelsen omfatter de fleste typer håndholdte, ikke-destruktive fuktindikatorer som brukes på det norske markedet. I tillegg hadde vi Et større og langt dyrere instrument på prøve. Utvalget av instrumenter er tilpasset prosjektets hovedmålgruppe, det vil si takstmenn og andre som har behov for raskt å sjekke fuktvariasjoner i ulike bygningsmaterialer og -konstruksjoner, uten å skade overflatene.

Uttrykket fuktindikator bruker vi fordi disse instrumentene er beheftet med stor måleusikkerhet. En typisk anvendelse vil være å kartlegge forskjeller i fuktinnhold, for eksempel langs en vegg eller et golv. For å kunne måle fuktinnholdet mer nøyaktig, er det nødvendig å bruke instrumenter som krever inngrep i materialet. Slike inngrep kan være boring av målehull, innstikking av pigger eller uthugging/-skjæring av prøvebiter for mer nøyaktige målinger i laboratorium. Ofte vil ulike instrumenter utfylle hverandre i en undersøkelse, sammen med andre observasjoner, opplysninger og kunnskap om konstruksjonsoppbygning og ev. skade-/fuktforløp.

Vi har i hovedsak konsentrert oss om ”generelle” instrumenter; små, håndholdte med en moderat prislapp. Det finnes i tillegg en rekke instrumenter med mer spesialisert bruksområde. Dette gjelder særlig for måling av fukt i trelast, der man kan oppnå bedre nøyaktighet under standardiserte og mer kontrollerte betingelser. Andre instrumenter er spesialiserte på fukt i båter, i ulike takkonstruksjoner mm. Disse instrumentene er ofte større og mer kostbare enn de vi har undersøkt.

De enkelte instrumentene i undersøkelsen er nærmere beskrevet i vedlegg, pkt. 13.6.

3.2 Måleteknikk og fuktteori

Fuktmålinger og fukt i bygningsmaterialer er omtalt i flere blad i Byggforskserien (NBI). Noen utdrag er tatt med her som bakgrunn for diskusjonen av måleresultatene i undersøkelsen. Sitat fra Byggforskserien er presenterte i to spalter. Utelatt tekst er erstattet med (...). Egne kommentarer er merket med red. anm.

For mer teori om måleprinsipper og lignende viser vi til Ildgruben (2001 og 2002).

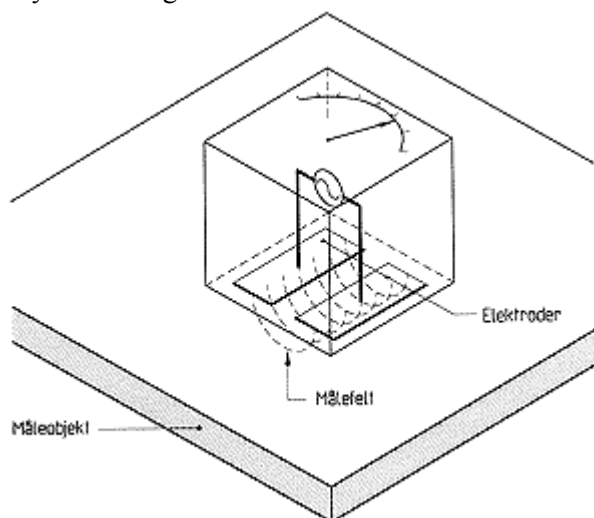
3.3 Kapasitive (dielektriske) metoder

(Kilde: Byggdetaljer 474.531 Måling av fukt i materialer, utgitt 1998)

Prinsipp

Fuktmåling med kapasitive metoder er basert på den store forskjellen mellom dielektrisitetskonstanten for vann (~ 80) og de fleste ikke-metalliske materialer (~ 2 – 12). Med materialet som dielektrikum kan kapasitansen hos ulike kondensatorutforminger måles og deretter oversettes til et fuktinnhold. Prinsippet for metoden er vist i Figur 3.3—1.

Rent teoretisk er det mulig å kalibrere instrumentet for å måle fuktinnholdet i en viss dybde, innen visse grenser, i et veldefinert materiale. Problemet er at få eller ingen bygningsmaterialer har en oppbygning som gjør at slike målinger blir korrekte. Varierende densitet, overflatebehandling, lagoppdeling og innhomogenitet er noen av faktorene som forstyrrer målingene.



Figur 3.3—1
Prinsippsskisse for fuktmåling ved kapasitive (dielektriske) metoder

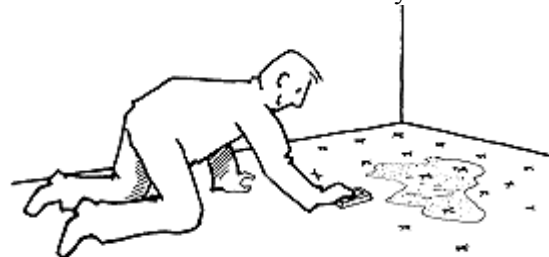
Måleutstyr

Mange kapasitive metoder krever komplisert og dyrt utstyr og har hittil vært lite brukt. Det fins imidlertid noen billige målere i lommeformat som kan brukes til å indikere fukt i overflaten av konstruksjonen. En slik måler kalles ofte for *fuktindikator*. Med en fuktindikator kan man lete fram de fuktigste partiene i en konstruksjon med lik oppbygning. Man kan se hvor langt en fuktskade har utbredt

seg og avgjøre hvor det f.eks. er fornuftig å åpne opp konstruksjonen for observasjoner og måling av absolutt fuktinnhold med andre metoder. Kartlegging med fuktindikator er illustrert i Figur 3.3—2.

Hvor dypt fukt kan registreres, varierer mellom ulike instrumenter og hvilket materiale og konstruksjon man måler på. Generelt kan det dreie seg om 20 – 30 mm i tre og betong og ca. 70 – 100 mm i isolasjonsmateriale. Det kan bety at det kan finnes fukt på større dyp selv om indikatoren antyder at det er tørt. Man må også være klar over at fuktindikatoren vil gjøre utslag på armering, ledninger, skruer etc. siden fuktindikatorer også reagerer på metaller. Måleren er dessuten følsom for overflatefukt. Instrumentet gir ikke noen informasjon om fuktgradienter i materialet. I tillegg krever de fleste av disse instrumentene et jevnt underlag. Det fins måleinstrumenter med funksjon både for elektrisk motstandsmåling og kapasitiv metode.

Det må også bemerkes at selv om instrumentet indikerer høy fukt, behøver dette ikke bety at underlaget er for fuktig. Det er helhetsvurderingen, f.eks. tegn på skader, som bør bestemme om man skal ta prøver, åpne konstruksjonen eller bruke mer nøyaktige målemetoder der instrumentet viser høy fukt.



Figur 3.3—2
Kartlegging av områder med høy fuktighet ved hjelp av en fuktindikator (kapasitiv metode)

3.4 Fukt i bygningsmaterialer

(Kilde: Byggetal 421.132

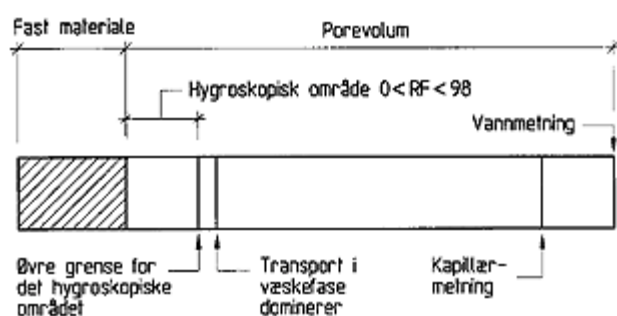
Fuktmekanikk, utgitt i 1995)

Fukt kan bindes til bygningsmaterialer på flere måter. Fukten kan være kjemisk bundet i selve materialet eller finnes i "fri" form i porer eller hulrom. I denne sammenhengen er det i første rekke fukten i porer og hulrom som er av interesse, og som det vanligvis blir referert til ved angivelse av et materiales fuktinnhold.

Fuktopptak i materialer

Bygningsmaterialer inneholder alltid mer eller mindre fukt som følge av opptak av damp eller vann fra omgivelsene. Unntak er materialer med helt lukkede poresystemer (metaller, glass og de fleste steinarter). Fuktopptaket i porøse materialer er illustrert i Figur 3.4—1.

Figur 3.4—1 indikerer at bare en del av det totale porevolumet kan fylles av vann dersom fuktopptaket utelukkende skjer fra fuktig luft (hygroskopisk fukt). Ved kontakt med fritt vann er det i hovedsak små (kapillære) porer som fylles. For å fylle de store porene i materialet (området over kapillær metning) kreves stort vanntrykk (trykkmetning) og/eller temperaturgradient. En temperaturgradient kan føre til at vanddamp kondenserer i de kalde delene av en konstruksjon.



Figur 3.4—1

Fuktopptak i porøse materialer

Fuktopptaket skjer i tre karakteristiske stadier:

- 1) Hygroskopisk opptak, der opptaket skjer ved lagring av materialet i fuktig luft
- 2) Kapillært opptak av vann fra et vannspeil (små porer fylles)
- 3) Opp til fullstendig vannmetting av store porer i materialet. Fullstendig vannmetting av porene forutsetter som regel at materialet settes under trykk, ev. en temperaturgradient.

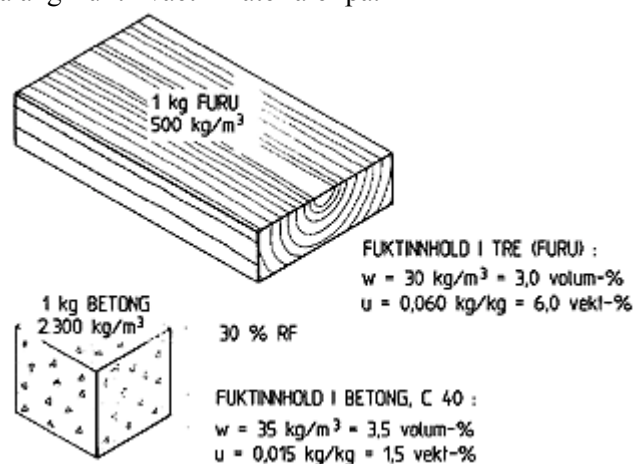
Fuktinnhold i materialer

På samme måte som for fukt i luft kan den fukten som fins i et materiale angis på flere

måter. Fuktinnholdet (w) defineres som massen for vann (kg) som fins pr. volumenhet (m^3) av materialet. Fuktinnholdet (u) kan også defineres som forholdet mellom fuktmassen og massen for tørt materiale i kg. Fuktinnholdet kan oppgis i prosent, som henholdsvis volumprosent og vektprosent. Volumprosenten angir prosentandel vann i en volumenhet av materialet, mens vektprosenten angir mengden vann (kg) i prosent av mengden tørt materiale. Sammenhengen mellom fuktinnholdet angitt i forhold til vekt (u) og til volum (w) er gitt ved uttrykket: $w = \rho \cdot u$

Målemetoden avgjør ofte hvilket mål som brukes for fuktinnholdet i materialer. Når fuktinnholdet måles ved tørking og veing i laboratorium, får man fuktinnholdet i vektprosent direkte. Ved elektrisk motstandsmåling i trematerialer fåes fuktinnholdet også direkte i vektprosent fukt av tørt materiale.

Figur 3.4—2 illustrerer de forskjellige måtene å angi fuktnivået i materialer på.



Figur 3.4—2

Red. anm.: Fuktinnhold i bygningsmaterialer angitt på to måter; volum-% og vekt-%.

Figuren viser fuktinnhold i tre og betong ved likevekt under lagring ved relativ luftfuktighet på 30 %.

Red. anm.: Vi ser at fuktinnholdet i volum-% er nokså likt, med 3 % i tre og 3,5 i betong. Men, siden betong har mye større tetthet enn tre ($2300/500 = 4,6$ ganger), vil vanninnholdet i tre i vekt-% være mye høyere enn i betong ($6/1,5 = 4$ ganger). Gips ligger i mellom tre og betong, med en tetthet på 750 kg/m^3 .

3.5 Betegnelser for fukt i materialer

(Kilde: Byggetaljer 474.533 *Uttørring og kontrollmåling av byggfukt, utgitt i 1994*)

Fukt i materialer fins som damp/væske i porene i materialet. Fukttilstanden i materialer kan angis som fuktinnhold eller som relativ fuktighet i poreluften.

Fuktinnhold i volumprosent

Fuktinnhold i volumprosent er forholdstallet mellom volumet av fukt som vann i et materiale og materialets volum og gir dermed et direkte bilde av hvor stor del av materialets volum som er vannfylt.

Fuktinnhold i vektprosent

Fuktinnhold i vektprosent er mer vanlig brukt om fuktinnhold i materialer enn volumprosent. Den er forholdstallet mellom massen av fuktinnhold i et materiale og massen av tørt materiale. Fuktinnholdet i vektprosent regnes om til volumprosent ved å multiplisere med materialets densitet.

Relativ fuktighet (RF)

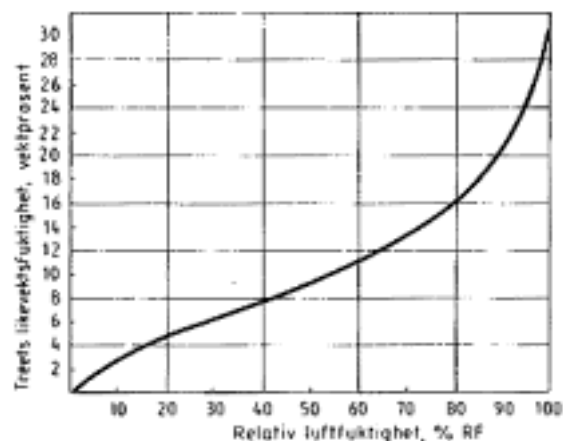
Relativ fuktighet i materialer angir hvor fuktig luften i porene i et materiale er. Relativ fuktighet i materialer kan måles (...). Relativ fuktighet er godt definert. Kritisk tilstand for fuktfølsomme materialer og risikoen for skader kan sikrest angis i relativ fuktighet.

Fuktlikevekt

Fuktlikevekt gir sammenhengen mellom fuktinnholdet i et materiale og relativ fuktighet i omgivende luft. En del materialer, som f.eks. trevirke, har en entydig definert likevektskurve, som også gir sammenhengen mellom fuktinnhold og relativ fuktighet i poreluften i materialet, se Figur 3.5—1.

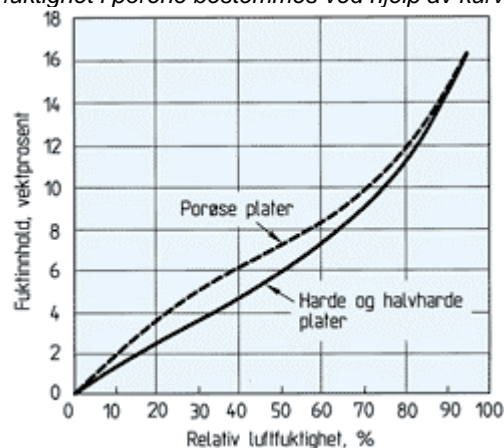
Red. anm.: Likevektskurver for trefiberplater og gipsplater er viste i Figur 3.5—3 og Figur 3.5—2.

Betong varierer derimot sterkt i oppbygning og kvalitet, og fuktinnholdet i materialene har ingen klar sammenheng med relativ fuktighet i luften omkring, se Figur 3.5—4. Begrepet fuktlikevekt er derfor ikke egnet til å bedømme fukttilstanden og risikoen for ev. skader ved betongkonstruksjoner.



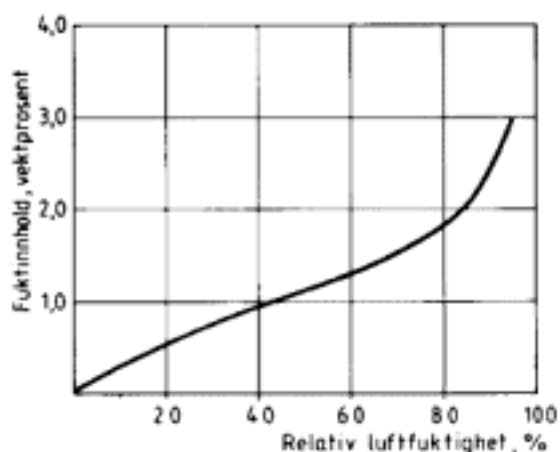
Figur 3.5—1

Fuktlikevekt i vanlig trevirke ved 20 °C. Avvikende temperaturer betyr lite for trevirkets fuktinnhold. Ved måling av fuktinnhold i trevirke kan tilhørende relativ fuktighet i porene bestemmes ved hjelp av kurven.

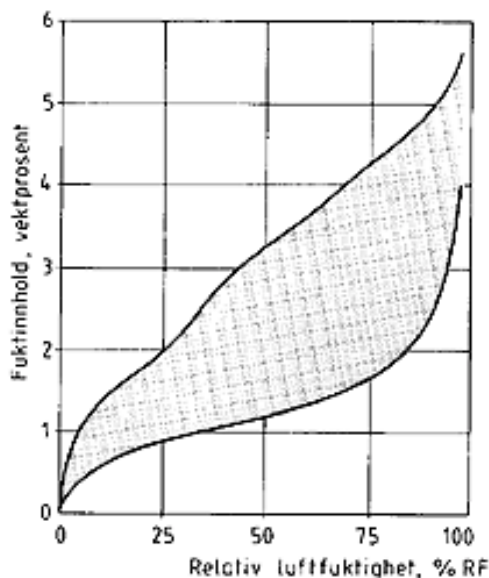


Figur 3.5—2

Orienterende verdier for fuktinnholdet i trefiberplater ved stasjonær likevekt og 20 °C. Ved oppfukning (absorpsjon) følger verdiene i praksis en noe lavere kurve og ved uttørring (desorpsjon) en noe høyere kurve (Kilde: NBI Byggetaljer 571.048)



Figur 3.5—3
Orienterende verdier for fuktinnholdet i gipsplater ved stasjonær likevekt og 20 °C (Kilde: Byggetaljer 571.074 Gipsplater. Typer og egenskaper)



Figur 3.5—4
Variasjonsområde i fuktlikevekt for betong.

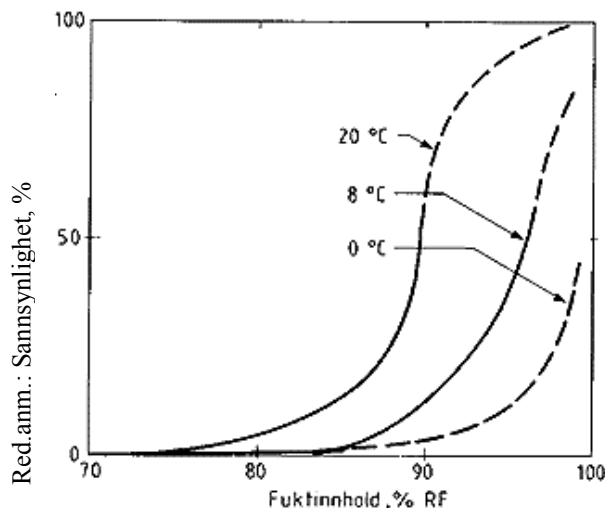
Fuktinnholdet er dårlig definert i forhold til relativ luftfuktighet. Ved 75 % RF kan fuktinnholdet for forskjellige betongkvaliteter variere mellom ca. 1,7 og 4,3 vektprosent. Materialets fuktinnhold er derfor ikke egnet for å bestemme relativ fuktighet i betongen.

3.6 Fukt i ulike materialer

(Kilde: Byggetaljer 474.533 Uttørking og kontrollmåling av byggfukt, utgitt i 1994)

Trevirke

(...) Treverk og trebaserte materialer kan bli skadet av soppvekst (mugg og råte) hvis materialene er for fuktige. Risikoen for soppvekst og mugg-/råteskader er avhengig av relativ fuktighet og temperatur, se Figur 3.6—1.



Figur 3.6—1
Red. anm.: Sannsynlighet for mugg på trebaserte materialer, avhengig av temperatur og fuktinnhold. (...)

Betongmaterialer

(...) For å unngå skader må man tørke ut betongen til relativ fuktighet i poreluften er lavere enn den kritiske grensen for de materialene som betong kommer i kontakt med, for eksempel limt golvbelegg, se Tabell 4-1

(...)

Tabell 4-1

Veiledende grenser for fukttilstand i materialer og konstruksjoner ved leveranse/montering (Kilde: Byggdetaljer 474.533 Uttørring og kontrollmåling av byggfukt, utgitt i 1994)

Materiale/konstruksjon	Fukttilstand		Merknader
	Vekt-%	% RF	
Skurlast for nybygg	20 – 22	ca. 90	NS 3080, leveransefukt
Høvellast for nybygg	18 – 20	ca. 85	NS 3180, leveransefukt
Kunstig tørkede golvbord	10 – 12	ca. 60	NS 3420, leveransefukt
Trykkimpregnert virke	ca. 30	ca. 100	NS INSTA 140, leveransefukt
Treverk ved lukking av konstruksjoner	< 20	< 90	Konstruksjoner som tørker relativt raskt ut etter lukkingen, f.eks: – vegger over terrengnivå – luftede tretak
	≤15	≤ 75	Konstruksjon som tørker svært langsomt etter lukkingen, f.eks. – vegger under terrengnivå – kompakte tretak – tilfarergolv med tett beleg
Panel og innvendig listverk	17	ca. 80	NS 3183, NS 3187, leveransefukt
Bygningsplater, innvendig kledning	12	60	
Undergolv av sponplater	12	60	Belegg av vinyl, linoleum, kork, gummi
Varmekabler i undergolv av sponplater	7	50	Belegg av vinyl, linoleum, kork, gummi
Betonggolv		< 100	Keramiske fliser, sementbasert lim
		< 95	Teppe med åpen bakside, parkett på dampsperre
		< 90	Epoksybelegg, polyuretan- og akrylbelegg
		< 90	Belegg av vinyl, linoleum, kork, gummi
Betonggolv med varmekabler		< 60	Belegg av vinyl, linoleum, kork, gummi

Red. anm.: Tabell 4-1 viser en oversikt over ulike byggematerialer og hvordan grenser for fukttilstand er oppgitt. For tre og trebaserte materialer bruker man både vekt-% og % RF. For betong er bare % RF brukt.

3.7 Oppsummering – materialer og fuktmåling

Som vi ser av ovennevnte utdrag fra Byggforskerien er fare for biologisk vekst knyttet til relativ luftfuktighet (RF) i tre og trebaserte materialer. For tre og trebaserte materialer er det også rimelig god sammenheng mellom RF og absolutt fuktinnhold, målt i vekt-% vann. Begge kan derfor brukes for å bestemme fukttilstanden. I praksis brukes vekt-% vann, fordi det er lettest å måle. Bruk av en motstandsmåler med pigger kan gi sikre verdier, så lenge man er oppmerksom på måledybde og fuktgradienter.

For betong og betonglignende materialer (for eksempel sparkelmasse) er sammenhengen mellom RF og vekt-% vann derimot meget usikker. Vekt-% vann, målt for eksempel ved hjelp av en ikke-destruktiv fuktindikator, er altså ingen god indikator på RF. RF i porene i betongen bestemmer om ett betonggolv er tørt nok til for eksempel å legge belegg oppå. RF må derfor måles direkte, enten ved boring av målehull eller utpiggning av biter for måling i laboratorium. Dette er krevende målinger, og sikre resultater blir først klar etter flere dager.

Gipsplater er måleteknisk i en mellomstilling. Kartongen på begge sider av gipskjernen er meget utsatt for soppvekst ved høy RF og passende temperatur. Små endringer i vanninnholdet i vekt-% vil gjøre store utslag på RF. Ofte er det for gips mest aktuelt å sjekke om platene er tørre eller ikke, snarere enn å måle eksakt fuktinnhold. Det samme gjelder for fliser og flislim.

I utgangspunktet regner vi med at ikke-destruktive fuktindikatorer bare kan brukes til å **indikere** forskjeller i fuktinnhold i, eller like under overflaten til materialer. **Måling** av absolutt fuktinnhold (vekt-% vann) med slike instrumenter er trolig bare til en viss grad mulig (krever kalibrering, kjent og homogent materiale, og ingen fuktgradient innover i materialet).

4. INNLEDENDE FORSØK

4.1 Effekt av spikrer og skruer i måleobjektet

Man regner med at ledende metall kan forstyrre kapasitative målere. Vi undersøkte hvordan skruer og spikrer av stål ev. påvirket målinger i trefiberplater, og om utslagene var til å forveksle med fukt, se vedlegg pkt. 13.5.

Resultatene viser at enkelte av instrumentene får noe forhøyet utslag i forbindelse med spikrer eller skruer i et tørt underlag. Fuktindikatorene skiller lite mellom en spiker/skrue og flere spikere/skruer i gruppe. Merk at undersøkelsen bare gjelder tørre plater. I fuktige materialer kan det tenkes at utslagene/forstyrrelsene blir større pga. generelt større ledeevne i materialet. Der metall danner mønster i konstruksjonen vil feilen oppdages ved det samme mønsteret i målerutslaget.

4.2 Variasjon ved gjentatte, identiske målinger

Vi undersøkte tilfeldig variasjon gjennom en måleserie på 10 avlesninger på to ulike underlag; tørre og fuktige trefiberplater. Resultatene er viste i vedlegg pkt. 13.3. Utslagene varierte med opp mot $\pm 10\%$. Dette føler vi er akseptabelt, sett i forhold til den store usikkerheten generelt for denne instrumentgruppen. Vi antar at vi ved å gjøre flere, identiske måleserier på de andre testobjektene ville fått lignende variasjon.

4.3 Effekt av en tynn plastfilm, plastfolie og membran mot fuktige eller våte prøver

Før måling på fuktige eller våte plater fryktet vi feil på grunn av uttørking av måleobjektene mens vi målte. Vi sjekket derfor effekten på instrumentene av å pakke fuktige prøveplater inn i tynn plastfolie, se vedlegg pkt. 13.4. Utslagene lå innenfor $\pm 10\%$. Dette følte vi var akseptabelt. Usikkerheten ved å ikke beskytte mot uttørking under målingene ville trolig ha vært større. Effekten av 0,20 mm plastfolie og 1 mm smøremembran ble også undersøkt, se pkt. 8. Heller ikke disse noe tykkere plastsjiktene påvirket målingene i særlig grad.

4.4 Varierende antall fuktige prøveplater i underlaget.

Vi ønsket å undersøke hvordan instrumentene reagerte på ulike tykkelser på det fuktige laget under de ulike overflatene. Vi brukte fra en til fire fuktige trefiberplater med 20 vekt-% vann. Noen få instrumenter fikk en nedgang i avlest verdi over bare én fuktig plate. Ellers var det ingen sikre utslag. Resultatene viser at instrumentene i liten grad er i stand til å se forskjell på mengde fuktig materiale i underlaget på dette nivået (20 vekt-% vann).

5. FØLSOMHET FOR FUKT I ULIKE DYBDER

Måledybde og følsomhet for fukt er ett av de store spørsmål ved bruk av denne typen instrumenter. I tillegg kommer effekten av ulike overflatmaterialer. Dette ønsket vi å finne ut av ved å måle på et mest mulig homogent materiale med kjent fuktinnhold i ulike sjikt. I den praktiske gjennomføringen valgte vi å bruke 5 mm og 10 mm trefiberplater, slik at vi enkelt kunne variere fuktinnholdet i ulike sjikt. Ved å trykke platene godt sammen fikk vi et tilnærmet homogent materiale, se vedlegg pkt. 13.1. Effekten av ulike overflater undersøkte vi ved å feste ulike belegg til hver sin tynne trefiberplate (5 mm). Disse la vi så etter tur på en stabel av tørre og fuktige trefiberplater.

5.1 Måleopplegg

Ulik avstand til fuktige plater

Vi plasserte fire fuktige plater under en stabel med seks tørre plater. Deretter fjernet vi én tørr plate etter hver måleserie. På den måten kunne vi registrere endringer i måleverdi etter hvert som vi nærmet oss de fuktige platene.

Effekten av to ulike fuktnivå i en bestemt dybde/avstand fra instrumentet

Følsomhet for ulike fuktnivå ble undersøkt ved å måle på plater med henholdsvis 20 og 30 vekt-% vann. Vi målte da på toppen av en stabel med fra en til seks fuktige plater (5 – 60 mm) under de ulike overflatene.

5.2 Prøveobjekter

Trefiberplater

Vi brukte porøse trefiberplater for å bygge opp lag med bestemt tykkelse, og med bestemt fuktinnhold. Trefiberplatene var av typen porøse vindsperreplater. Platene hadde i utgangspunktet en fuktimpregnering på den ene siden. Vi høvlet derfor av ca 2 mm på den impregnerte siden, slik at platetykkelsen ble ca. 10 mm. Fuktinnholdet i platene var i utgangspunktet lavt; ca 5-6 % (i likevekt med lufta i laboratoriet).

Gipsplater

For de mer våtromsspesifikke målingene brukte vi også gipsplater. Gipsplatene var av typen standard veggplater, med tykkelse ca 13 mm og tetthet ca. 750 kg/m³.

Ulike overflater

De ulike overflatematerialene ble montert/lagt på hver sin 5 mm tykke trefiberplate, i format 300 x 300 mm. Vi valgte å se følgende overflater:

- 1 Glasert flis på flislim
- 2 Matt flis på flislim
- 3 Vinylbelegg, 3 mm, på Tangit PVC-lim
- 4 Takfolie, Protan SE 3, 1,2 mm, stamme 501, lagt løst på trefiberplaten
- 5 Smøremembran, Optiroc Serpo 554, 1,5 mm
- 6 Vannfast kryssfiner, 12 mm
- 7 Trefiber, 5 mm

Innledningsvis målte vi også på to typer takbelegg av asfalt, men disse ga hele tiden fullt målerutslag på alle håndinstrumenter. De store utslagene skyldtes trolig metallinnholdet i takbeleggene.

Format

Vi valgte et prøve-/plateformat på 300 x 300 mm. Innledende målinger på både tørre og fuktige prøver viste at dette formatet var stort nok til å unngå målefeil pga. kanteffekter (se Ildgruben 2002). (Måleverdiene var konstante over et stort område midt på prøveplatene.)

Homogenitet

For å etterlikne et homogent måleobjekt presset vi platene sammen under målingene med en last på 16,5 kg, se vedlegg pkt. 13.1

Kondisjonering

Både trefiber- og gipsplater ble oppbevart i tørt laboratorieklima i flere uker før målingene startet. For å oppnå ønsket fuktinnhold ble en de aktuelle platene oppbevart en tid i klimarom og/eller lagret i vann. Vi valgte i første omgang et fuktinnhold i platene på 20 vekt-%. Rundt dette nivået kan soppvekst starte i friskt materiale (i tidligere angrepet materiale, kan oppblomstring skje fra rundt 18 vekt-% vann).

Siden gikk vi videre opp til 30 vekt-% vann, det vil si rundt fibermetningspunktet for treverk. Disse platene ble først lagt i vann noen timer, og deretter kondisjonert i klimarommet til riktig fuktinnhold.

Gipsplatene som skulle bli fuktige ble akklimatisert ved en RF på 95 % til likevekt (vektøkningen flatet ut). Ved dette fuktnivået vil kartongen på gipsplatene kunne få soppvekst. For å få gipsplatene våte/fuktmettet, ble de lagt i vann.

Laboratorieklima

23 ± 3 °C

Ca. 30 - 50 % RF, avhengig av årstid/utetemperatur.

Klimarom

20 ± 1 °C

95 % RF

Benevnelser på fuktinnhold

I de ulike resultatoversiktene er det brukt litt ulike beskrivelser av fuktinnhold, avhengig av kilde for resultatene, se Tabell 5-1.

Tabell 5-1

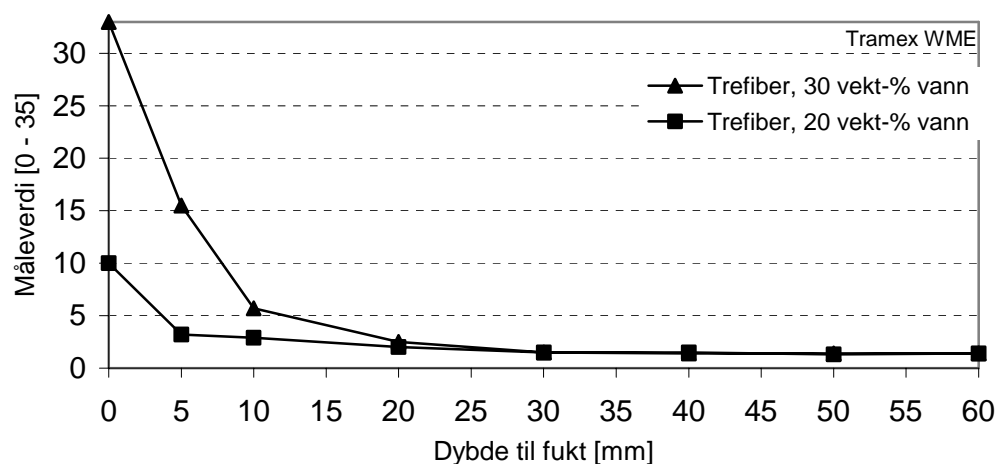
Oversikt over benevnelser for ulike fuktinnhold brukt i denne rapporten

Benevnelse	Definisjon	Andre benevnelser brukt i rapporten
Ovnstørket	Fuktinnhold etter tørking i en ventilert varmeovn ved 105 °C i to døgn.	Tørket
Tørt	Fuktinnhold etter akklimatisering i laboratorieklima.	LAB, labtørt
Fuktig	Trefiberplater: 20 og 30 vekt-% vann. Gips: Fuktinnhold etter akklimatisering i klimarom med 95 % RF.	95 % RF
Vått	Fuktinnhold etter lagring i vann.	Mettet

5.3 Resultater

Et utvalg av typiske resultater for utvalgte instrumenter er viste her. Fullstendige resultater er viste i Ildgruben (2002).

Effekt av to ulike fuktnivå i ulik dybde/avstand fra instrumentet

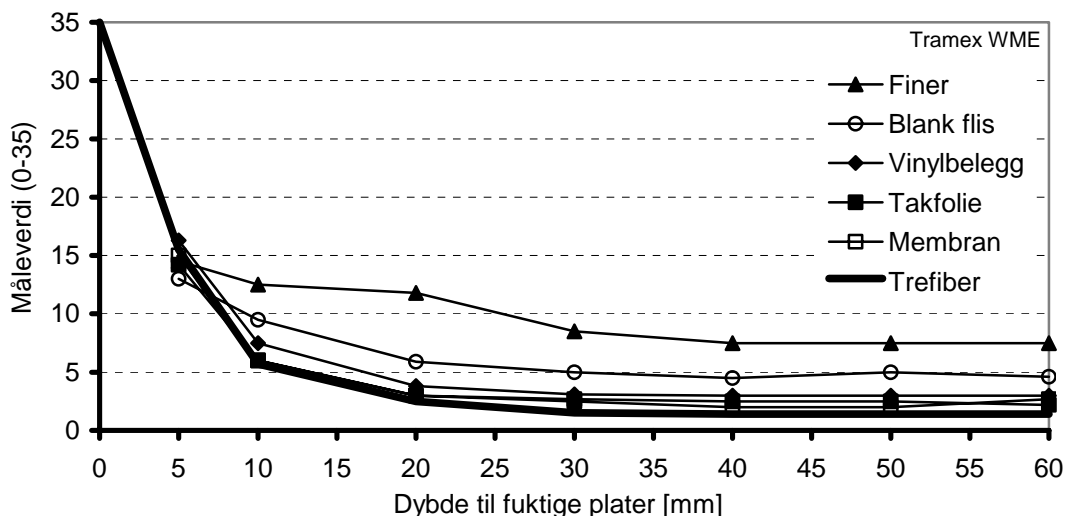


Figur 5.3—1

Typiske utslag ved måling av fukt i ulike dyp og med to ulike fuktinnhold i de fuktige platene.

Figuren viser at avlest verdi faller kraftig med økende avstand til de fuktige trefiberplatene. Kurvene faller til under det halve ved økning fra 0 til 5 mm, og flater ut ved en avstand på 20-30 mm. De fuktigste platene gir de høyeste verdiene, men forskjellen avtar med økende dybde til de fuktige platene.

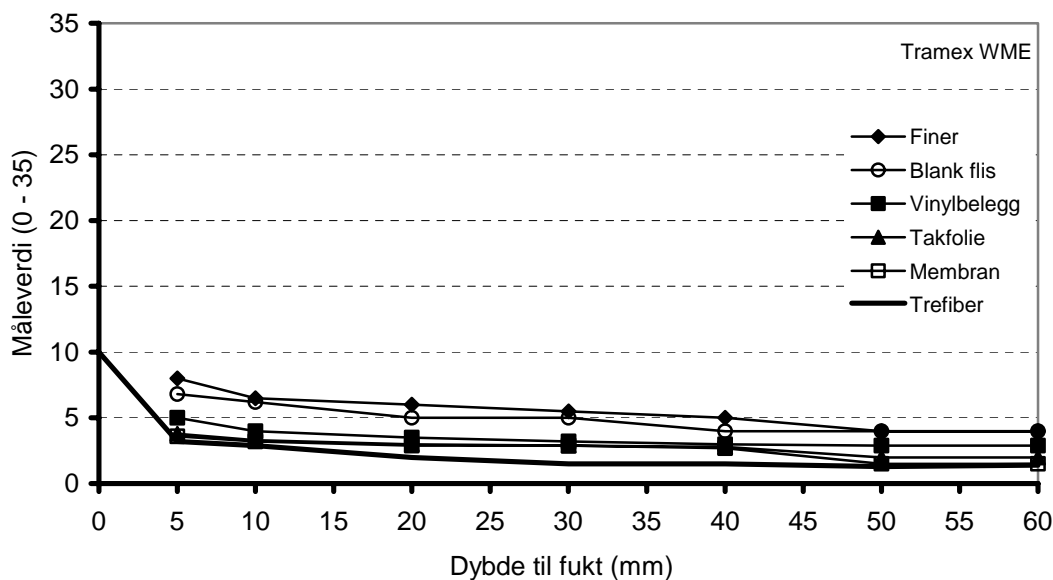
Effekt av ulike overflater og ulik dybde til fuktige plater med hhv. 30 og 20 vekt-% vann.



Figur 5.3—2

Typiske utslag ved måling av fukt i ulike dyp og med ulike overflater. 30 vekt-% vann i fuktige trefiberplater.

Figur 5.3—2 viser at måleverdiene faller med økende avstand til de fuktige trefiberplatene. Vi ser at alle kurver flater ut ved 30 mm. De ulike overflatematerialene gir store utslag på måleverdien. Overflaten av finer (12 mm vannfast kryssfiner) gir de høyeste utslagene. Måling rett på trefiberplatestabelen (uten annet overflatemateriale) gir stort sett de laveste verdiene. Høyeste verdi er flere ganger høyere enn laveste verdi – for den samme dybden til fuktige plater. Rekkefølgen for høyeste og laveste verdi for de ulike overflatene var noenlunde lik for alle instrumentene (det vil si finer ga høyest utslag, og trefiber lavest), se Ildgruben 2002.



Figur 5.3—3

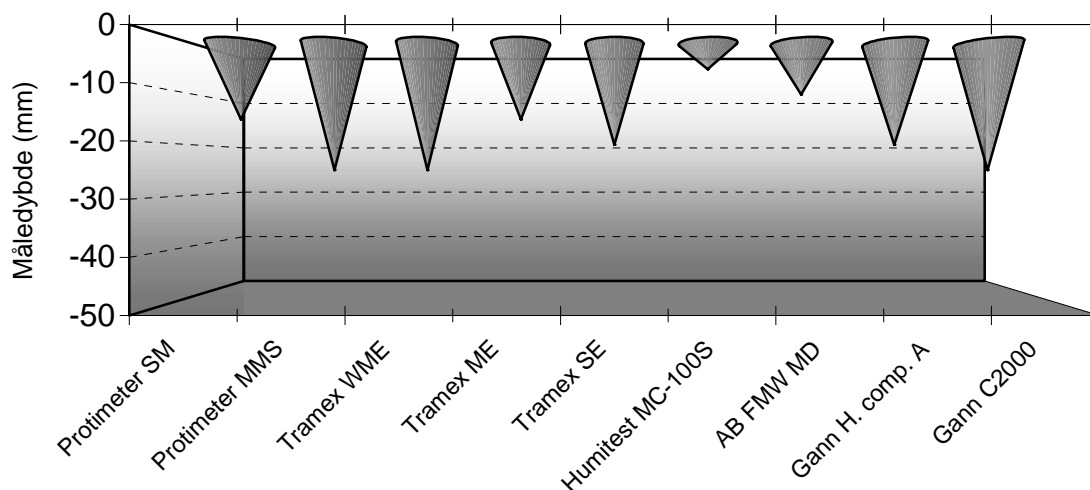
Typiske utslag ved måling av fukt i ulike dyp og med ulike overflater. 20 vekt-% vann i fuktige trefiberplater.

Utslagene er som ventet lavere enn ved 30 vekt-% vann. Også her flater måleverdiene ut mellom 20 og 30 mm, og forskjellene mellom de ulike materialene store. Mellom 40 og 50 mm faller verdiene tilsynelatende igjen. Dybdene 50 og 60 mm ble her målt i en egen serie, med noe tørrere "tørre" trefiberplater.

5.4 Diskusjon

Vurdering av måledybder i trefiber

Vurderingen av måledybder gjelder bare for de materialkombinasjonene og fuktinnhold som beskrevet over. Vi har definert måledybden til den avstand fra fukt der de fleste kurver flater ut. Tilfeldige variasjoner i måleverdier gjør den vurderingen noe vanskelig. Ulike materialer og ulike fuktnivå gir også noe varierende måledybde. Resultatene er derfor bare en illustrasjon av typiske måledybder.



Figur 5.4—1
Vurdering av "måledybder" i trefiberplater. Utslagene avtar med dybde til fukt.

Figuren antyder hvor dypt de ulike instrumentene kan registrere fukt i trefiberplater, basert på kurver som vist i fig. Figur 5.3—1, 2 og 3. Vi har rundet av til nærmeste 5 mm. Måleverdiene avtar med dybden, og usikkerheten øker. Måledybden varierer fra ca 5 mm til ca 25 mm.

Målefeil pga endret fuktinnhold i tørre plater

Måledybde til trefiberplater med 20 vekt-% vanninnhold ble målt i to omganger. Etter den første runden ønsket vi å utvide dybde til fukt fra 40 til 60 mm. I den siste omgangen ble det bare målt på 50 og 60 mm dyp. Fuktinnholdet har da trolig vært noe lavere enn i den første måleomgangen. Dette forklarer trolig også den overraskende nedgangen i målerutslag fra 40 til 50 mm dybde til fukt. Utslagene er ikke store, og i vår vurdering av måledybder har vi sett bort fra dette fallet mellom 40 og 50 mm.

5.5 Konklusjon

Resultatene viser at man må være oppmerksom på at rekkevidden – måledybden – til instrumentene er liten. Instrumentene kan registrere fukt gjennom noen få cm tørre trefiberplater med ulike overflater. Typisk måledybde ligger rundt 5 til 25 mm. Ved fukt nærmere overflaten enn 5-25 mm kan instrumentene skille mellom ulike fuktnivå i samme avstand og mellom ulike avstander til fukt.

Videre kan man ikke uten videre sammenlikne avlesninger fra ulike overflatematerialer. Mellom ulike overflatematerialer varierer utslagene med flere hundre prosent av avlest verdi, selv om fuktinnholdet i underlaget er det samme.

Utslagene på identiske prøveobjekter varierer også mye fra instrument til instrument (framgår av resultater i Ildgruben (2002)).

6. INDIKERING AV FUKT I ULIKE SJIKT I EN FLISKLEDD GIPSVEGG

6.1 Bakgrunn

Vurdering av fukttilstanden i våtromsvegger er et viktig hjelpemiddel for å avdekke feil og mangler i fuktsperre/membran i våtsoner. I våtromsvegger, og særlig i våtsonene, er det ikke ønskelig å lage merker eller, enda mindre - ta hull. Samtidig er det ønskelig å raskt kunne gå over større flater for å få et bilde av fuktfordelingen. Raske fuktsøk i våtrom er derfor et typisk bruksområde for ikke-destruktive fuktindikatorer. Vi valgte å se nærmere på en typisk konstruksjon med følgende oppbygning, regnet fra våtrommet og ut i veggen:

- Fliser (golvflis og veggflis)
- Flislim
- Våtromsmembran
- Veggips, ett og to lag, hhv. 13 og 26 mm

Vi valgte å utelate treverk (panel/stendere/sviller) og isolasjon. Etter de innledende dybdemålingene regnet ikke med at noen av de konvensjonelle fuktindikatorene ville kunne måle inn ”forbi” fliser, lim og fuktig/våt gips.

6.2 Måleopplegg

Følgende parametere ble undersøkt, se Tabell 6-1.

Tabell 6-1 Variable parametre for måling av en fliskledd gipsvegg

Flistype	Flis, fukttilstand	Gips; fukttilstand	Antall lag gips
Vegg	Tørr	a) Tørr lagret ("LAB")	1
Golv	Våt	b) Akklimatisert i 95 % RF ("95 % RF") c) Lagret i vann ("Mettet")	2

I første del av testen målte vi på hele konstruksjonen, fra fliser til og med gipsplater. Deretter målte vi på ett lag av:

- Fliser (golvflis og veggflis)
- Flislim
- Våtromsmembran

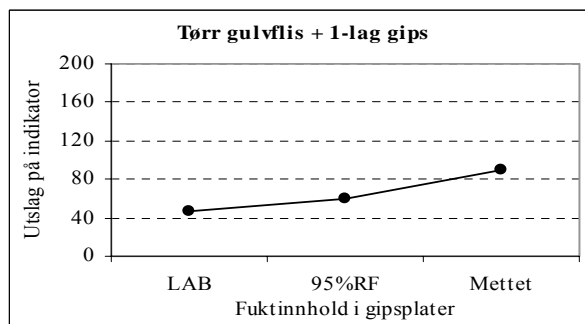
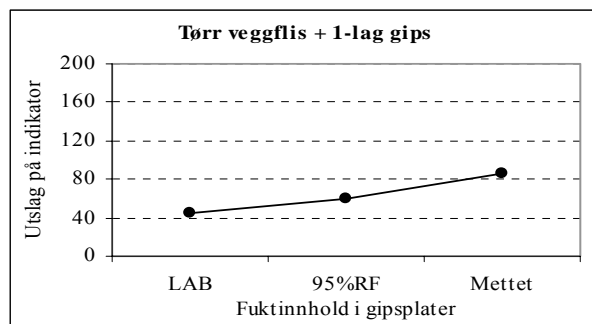
Til slutt målte vi på:

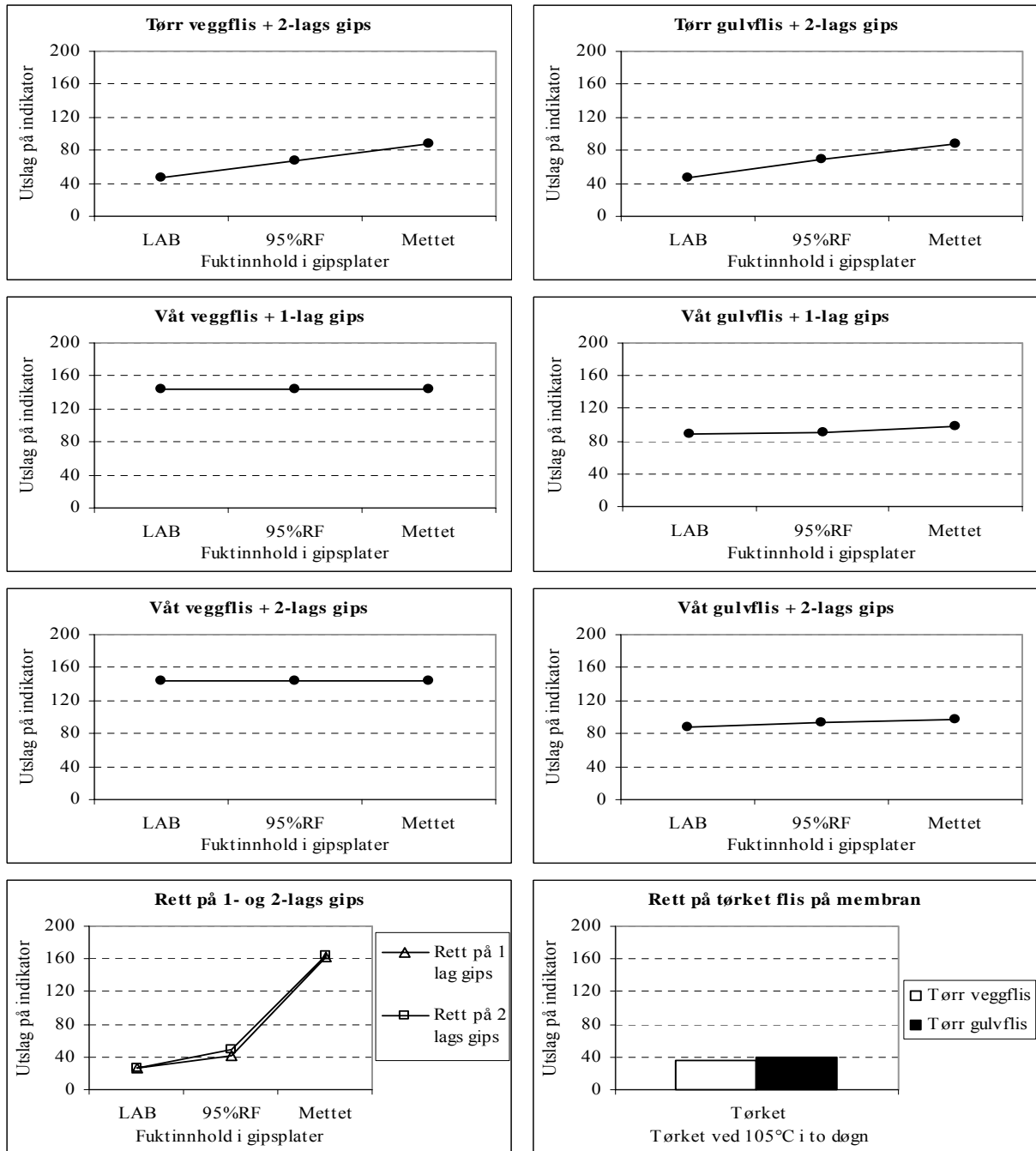
- Veggips, ett og to lag, hhv. 13 og 26 mm

6.3 Resultater og diskusjon – to utvalgte instrumenter

Vi presenterer først resultatene i detalj fra en av de konvensjonelle fuktindikatorene (Gann C2000), samt ett langt dyrere og større instrument (Troxler). Deretter er utvalgte resultat vist samlet, se kap. 6.4. De ulike benevnelsene for fuktinnhold er forklart i pkt. 5.2 og i Tabell 6-1.

Gann C2000

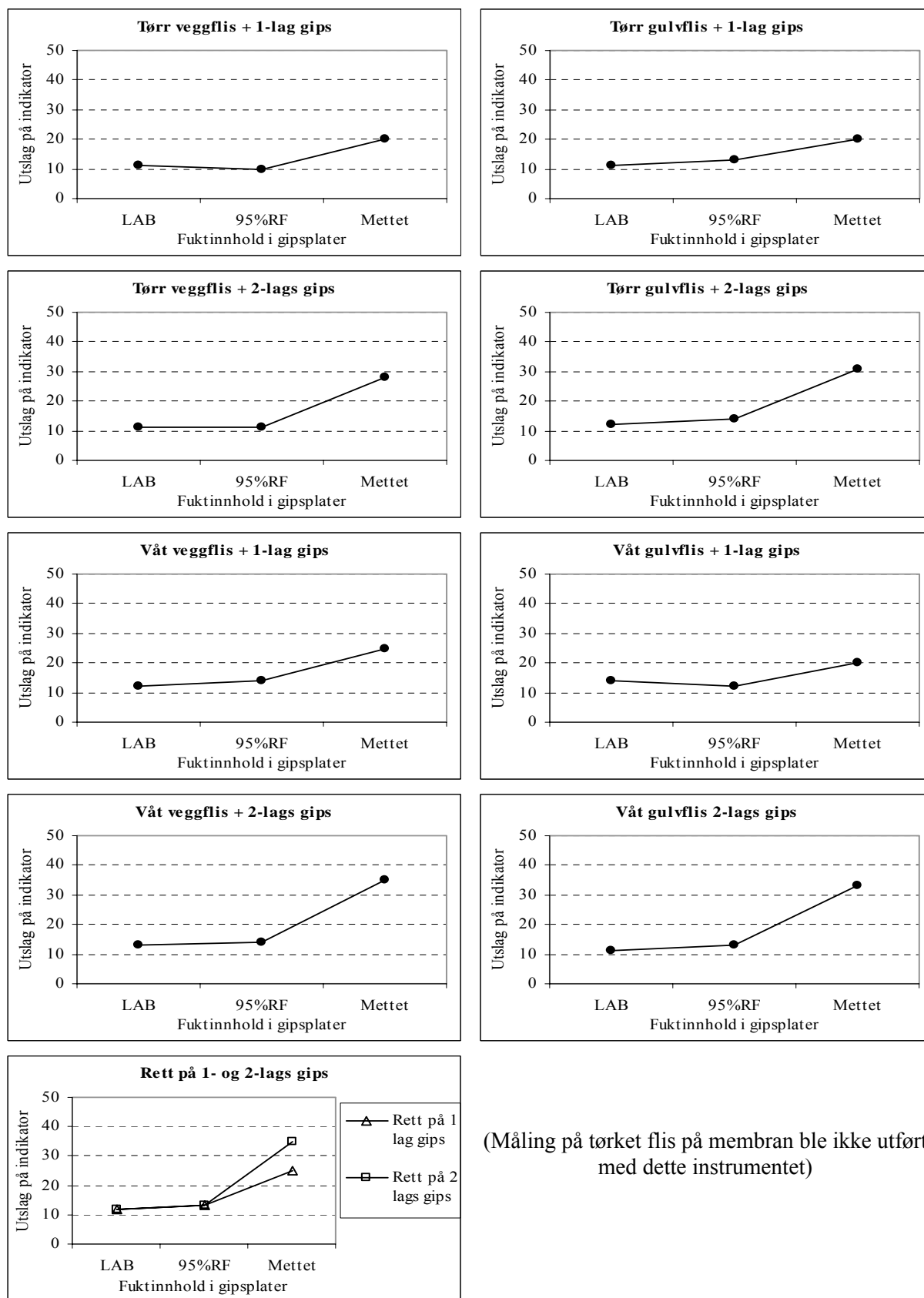




Figur 6.3—1
Måleresultater for Gann C2000. Skalaen på fuktindikatoren går fra 0 til 199.

For tørre fliser ser vi at måleverdiene stiger i takt med økende fuktinnhold bak membranen. Med våte veggfliser klarer ikke fuktindikatoren å "se" forskjell på tørr ("LAB"), fuktig ("95% RF") og våt ("Mettet") gips. Fuktindikatoren klarer heller ikke å "se" om det er ett eller to lag gips. Med våt gulvflise ser vi bare en meget svak økning i avlest verdi for fuktig og våt gips. De to nederste figurene viser måleresultater for deler av konstruksjonen. Målt rett på gipsplater (venstre figur) ser vi god sammenheng mellom fuktinnhold og målerutslag. Men, indikatoren ser fortsatt ikke forskjell på ett eller to lag gips. Figuren nederst til høyre viser avlest verdi for fliser, lim og membran etter tørking i ovn. Veggflisene gir hårfint lavere avlesning enn gulvflisene.

Troxler

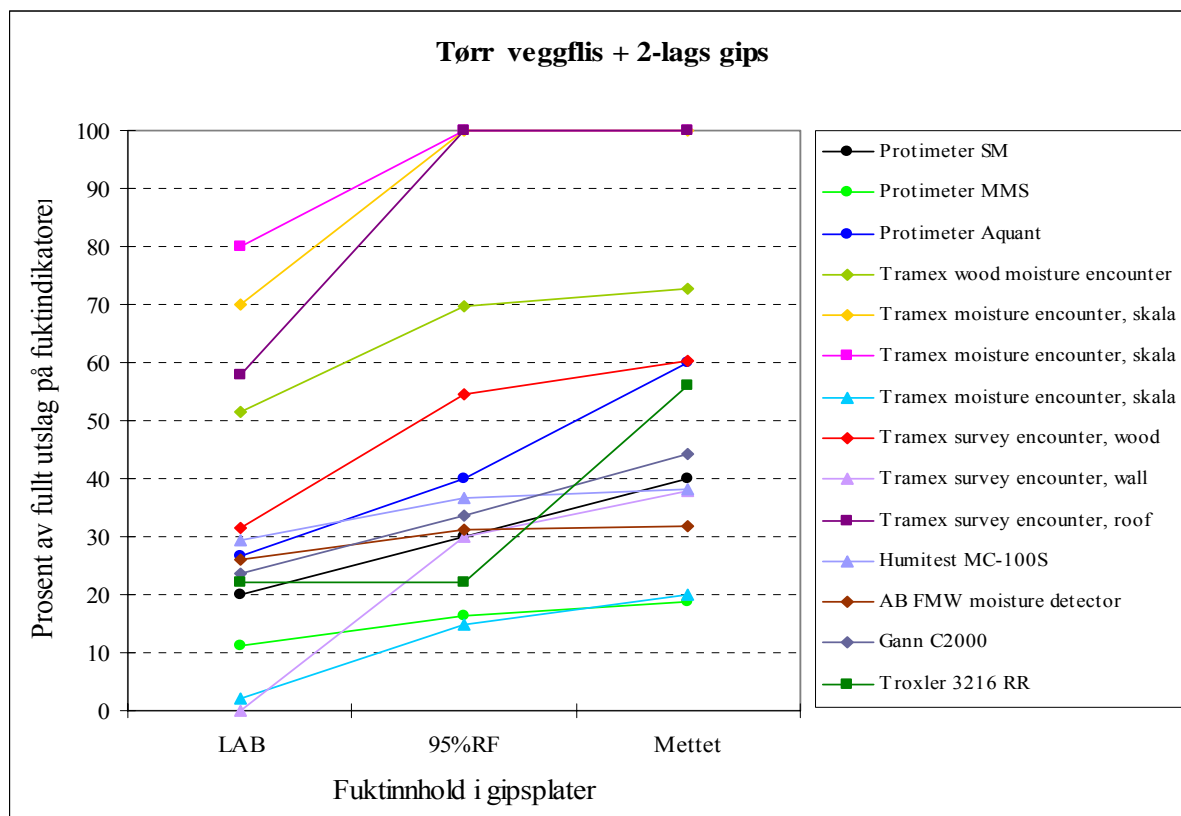


(Måling på tørket flis på membran ble ikke utført med dette instrumentet)

Figur 6.3—2
Måleresultater fra Troxler 3216 roof reader. Skalaen på fuktindikatoren går fra 0 til 9999. Her vises et utsnitt fra 0 til 50.

Også Troxler viser høyere verdier over våt gips bak tørre fliser, enn over tørr gips bak tørre fliser. Økningen er liten fra tørr til fuktig gips. Men, i motsetning til samtlige konvensjonelle fuktindikatorer klarer Troxler å registrere forskjeller i fuktinnhold i gipsplater også bak våte fliser/lim. Troxler klarer dessuten å skjelne mellom ett og to lag våt gips, både alene og bak våte fliser, lim og membran.

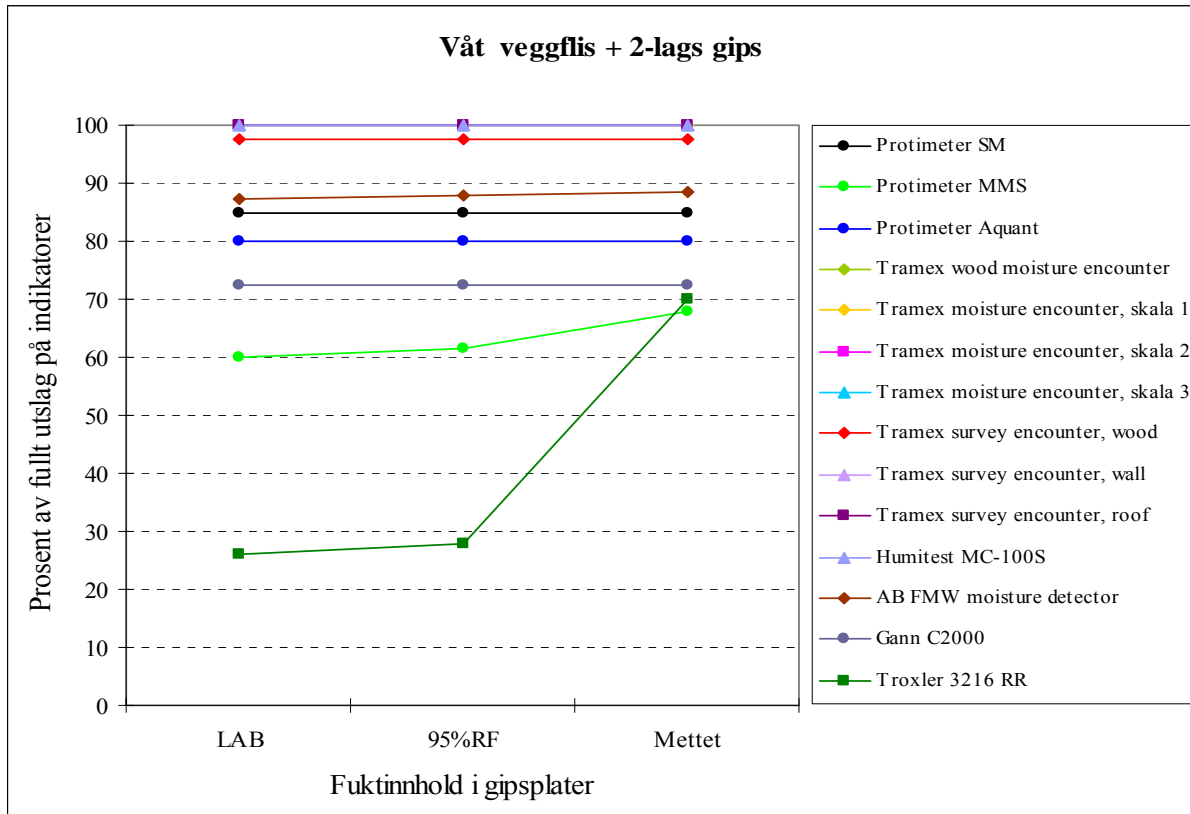
6.4 Resultater og diskusjon – alle instrumenter



Figur 6.4—1
Indikatorutslag ved måling på tørre veggfliser, lim og membran over to lag gips med ulikt fuktinnhold. Utslagene på fuktindikatorerne er gjort om til prosent av fullt utslag for å kunne sammenligne instrumentene.

Figuren viser grafene for måling på tørr veggflis og to lag med gipsplater bak membranen.

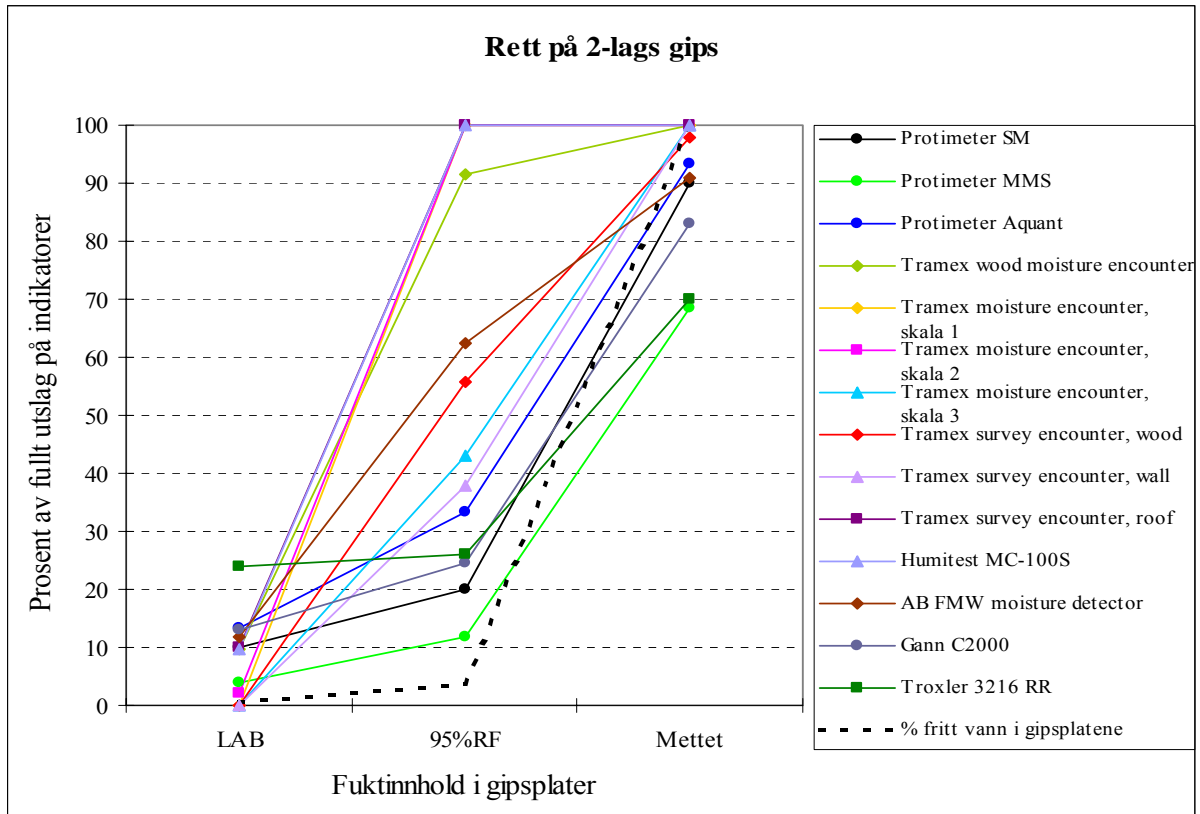
Vi ser at nesten alle indikatorene viser økende utslag med økende fuktinnhold. De fleste klarer også å skille mellom fuktig og våt gips. Troxler skiller seg ut med ikke å klare å se forskjell på tørr og fuktig gips. Figuren illustrerer hvor ulikt utslag de ulike instrumentene gir på ett og samme fuktinnhold. Noen opererer langt nede på skalaen sin, mens andre går helt i metning over nøyaktig like fuktige eller våte gipsplater. Vi ser at både instrument og innstilling/skalavalg har betydning. For "Tramex moisture encounter" gir skala 1 og 2 svært høye utslag, mens skala 3 gir utslag blant de laveste.



Figur 6.4—2
Indikatorutslag ved måling på våte veggfliser, lim og membran over to lag gips med ulikt fuktinnhold. Utslagene på fuktindikatorene er gjort om til prosent av fullt utslag for å kunne sammenligne instrumentene.

Figuren viser grafene for måling på våt veggflis med to lag med gipsplater bak membranen. Her ser vi tydelig at de aller fleste instrumentene ikke klarer å se forskjell på tørre, fuktige og våte gipsplater bak en membran, dersom også fliser og lim er våte. Protimeter MMS kan kanskje så vidt se forskjell på fuktig og våt gips, men det er uklart om utslaget er større enn måleusikkerheten/tilfeldige feil.

Bare Troxler ser tydelig forskjell på fuktig og våt gips bak våte fliser og våt lim.



Figur 6.4—3
Indikatorutslag ved måling rett på to lag gips med ulikt fuktinnhold. Relativ mengde (i forhold til fuktmettet) fritt vann i gipsplatene er plottet med tykk, stiplet strek.

Figur 6.4—3 viser utslagene ved måling rett på to lag med gipsplater. Vi ser at vanninnholdet i fuktige gipsplater ("95 % RF") fortsatt er ganske lavt, sammenliknet med våte gipsplater ("Mettet"). Videre ser vi at instrumentene stort sett viser lave verdier målt på tørr gips, og høye på våt gips. Målt på fuktig gips spenner utslagene fra å indikere meget tørt til helt vått.

Om vi igjen ser på "Tramex moisture encounter", skala 1 og 2, så er det stor variasjonen i utslag på identiske fuktmengder. Skala 3 er i en mellomstilling. Protimeter har tre modeller som her ser tydelig forskjell på fuktig og våt gips. Men, sammen med Troxler viser Protimeter minst forskjell på tørr og fuktig gips.

Samsvaret mellom absolutt fuktinnhold og målt verdi er ganske godt for de instrumentene som gir minst utslag på fuktig gips. Faren for soppvekst i kartongen i gipsplatene er imidlertid også til stede i platene som er akklimatiserte i 95 % RF. Dette er et eksempel på at absolutt fuktinnhold ikke alltid er et godt mål på fukttilstanden i et materiale i forhold til fare for blandt annet soppvekst.

Mulige feilkilder

Membranen ble ikke limt til gipsplatene, men bare lagt oppå. Membranen var imidlertid meget glatt på baksiden, ettersom den ble smurt ut på en glassplate før vi limte på og fuget flisene. Kontakten mellom membran og gips skulle dermed være god. For å sjekke denne mulige feilkilden sammenliknet vi målinger på heholdsvis en 0,20 mm plastfolie og en 1,5 mm smøremembran lagt løst på våte gipsplater, med måling rett på våt gips. Utslagene på fuktindikatorerne var omtrent identiske, se kap. 8. Vi tror dermed ikke at det har gitt store feil at membran bare er lagt løst oppå gipsplatene.

6.5 Konklusjon

Bare den store fuktindikatoren, basert på radioaktivitet (Troxler), kan med sikkerhet måle forskjell på våt og tørr gips bak et vått lag av fliser, lim og membran. De andre, konvensjonelle håndinstrumentene klarer bare å avdekke områder med skjult fukt dersom lagene over (fliser og lim) er tørre.

Instrumentene har svært ulik målefølsomhet for fukt; særlig ved moderat fuktinnhold. Flere av instrumentene klarer ikke å skille mellom tørre gipsplater og gipsplater som er fuktige nok til soppvekst. Samtidig viser målerutslagene i mange av disse instrumentene noenlunde samsvar med absolutt fuktinnhold. Dette understreker at absolutt fuktinnhold kan være misvisende i forhold til fare for fuktskader på grunn av for eksempel soppvekst i gips.

7. VARIASJONER OVER EN FLISKLEDD GIPSFLATE

7.1 Bakgrunn

En fliskledd konstruksjon tar lettest opp fukt i fugene. Ved lengre fuktpåkjenning sprer fukten seg videre i flislimet og inn under flisene. Målerutslagene blir trolig påvirket av både ulike fuktnivå og ulike materialer i fliser og fuger. Hjørner kan også tenkes å påvirke målerutslagene. For å undersøke disse effektene gjorde vi målinger i en oppbygd hjørnekonstruksjon av fliser, lim og membran på gipsplater.

7.2 Måleopplegg

Vi gjorde flere måleserier. De viktigste er:

Måling 1: 22 døgn etter at flisene ble limt på og fuget.

Måling 2: 10 minutt vannpåsprøytning – avtørking – 10 minutt venting – måling

Måling 3: 28 timer med vann innvendig opp til kanten av hjørnet (noe lekkasje til gips – se foto i vedlegg pkt. 13.2.)

7.3 Resultater og diskusjon

Generelt var endring i utsalg inn mot hjørnet lavere enn variasjonen i utslag over fuger og midt på flisene. Resultatene er presenterte i detalj i vedlegg, se pkt 13.2.

Fliser og fuger

I måling 1, med tørre fliser, fant vi de største utslagene midt på flisene, og de minste i fuger eller langs fliskanter. Dette skyldes trolig at fugene og områdene nær kantene tørket raskest etter liming og fuging. I måling 2, etter vannpåsprøytning, hadde bildet snudd seg og fugene og fliskantene ga høyest avlesning. Dette bekrefter at fugene tar opp fukt lettere enn flisene. I måling 3, etter vannlagring, var bildet delt; noen viste mest fukt midt på flisa, andre på kantene og i fuger. Dette skyldes trolig at fuktigheten har fordelt seg bedre i løpet av 28 timer under vann, ved at fuktigheten har trukket videre inn i flisene og flislimet. Instrumentene ser dermed ut til å kunne skjelne godt mellom ulike fuktnivåer i tynne sjikt som fliser og lim.

Hjørneeffekter

Instrumentene delte seg her i tre grupper:

Gruppe 1: De instrumentene som kan berøre to flater samtidig, ga økning i målerutslag i hjørnet. Dette kan tyde på at utsalgene er noenlunde proporsjonale med (fuktig) masse i direkte kontakt målehodet.

Gruppe 2: For instrumenter med to klart atskilte elektroder fikk vi en nedgang i hjørnet. Det tyder på at disse instrumentene reagerer mest på fukt på undersiden og lite til sides. Når instrumentene kommer nær et hjørne, eller en kant, vil det etter hvert bli mindre masse å måle på.

Gruppe 3: For de andre instrumentene så vi ingen spesielle utslag i hjørnet. Måleområdet er her trolig enda smalere enn i gruppe 2.

7.4 Konklusjon

Instrumentene skjelner ganske godt mellom ulike fuktnivå i et såpass grunt underlag som fliser og lim. Inn mot hjørner og ut mot kanter vil noen instrumenter feilaktig indikere lavere eller høyere fuktinnhold.

8. EFFEKT AV LUFTSPALTER OG TYNNE MATERIALSJIKT

8.1 Bakgrunn

Konstruksjoner vi ønsker å undersøke er som regel oppbygde av flere sjikt. I enkelte tilfeller kan det finnes luftspalter eller dårlig kontakt mellom sjiktene. Fuktige materialer kan også være skjult bak en plastfolie med tørre materialer utenpå. Vi så derfor nærmere på hva som skjedde om vi plasserte en luftspalte eller et tørt materialsjikt mellom overflatematerialet og to gjennomvåte gipsplater. Vi undersøkte også effekten av en plastfolie og en smøremembran over de våte gipsplatene.

8.2 Forsøksoppsett

En stabel med 50 mm tørre trefiberplater ble lagt midt på et bord. Oppå denne stabelen ble de vannmetta gipsprøvene i tynn plastfilm plassert. Dette ser vi i Figur 8.2—1.

Etter måling rett på våte gipsplater ble de to tynne platene av trefiber og kryssfiner etter tur lagt rett oppå. Det største utslaget for hver fuktindikator ble registrert. Deretter ble det lagt tre spiler av 3 mm kryssfiner, 1 cm brede, oppå gipsprøvene. De ble plassert som vist på Figur 8.2—1. Målingene ble utført over luftspaltene der den høyeste avlesningsverdien for begge feltene ble registrert for begge platetypene.

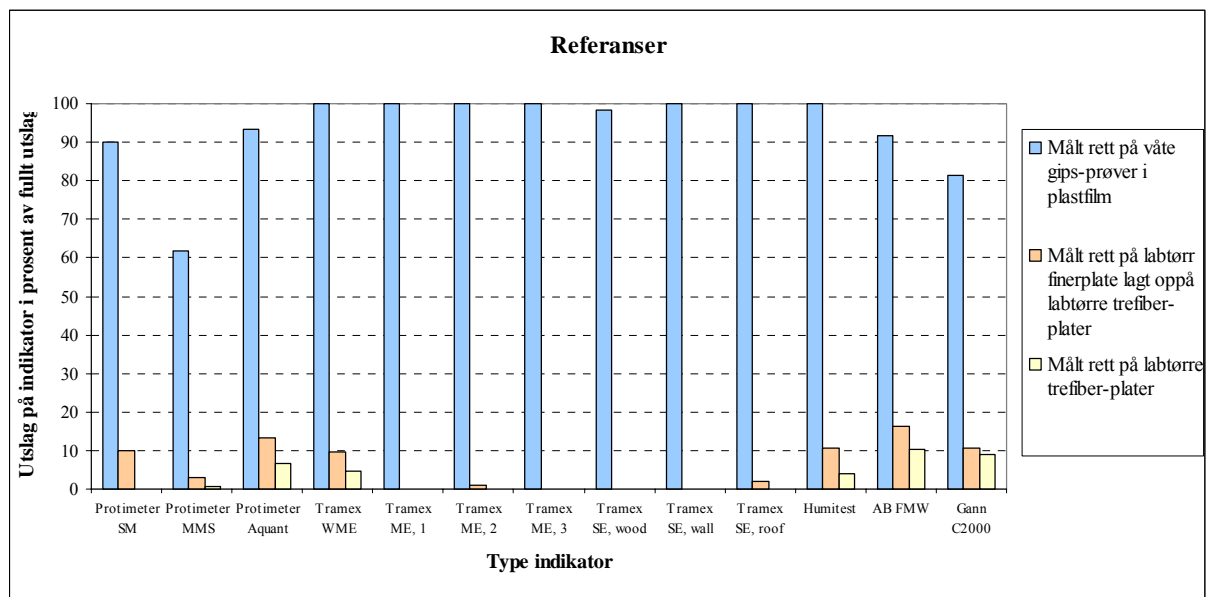


Figur 8.2—1
Bilder av måleobjektet vi brukte for å etterligne en luftspalte.

Figuren viser spilene og luftspalten. Til venstre ser vi spilene oppå de vannmetta gipsplatene. Til høyre ser vi luftspalten mellom gipsplatene og den tørre trefiberplaten. For å se om det virkelig var luftspalten som var årsak til eventuelle forskjeller i indikatorutslagene, ble det utført en ny måling der det ble brukt to plater av samme type oppå de vannmettede gipsprøvene i plastfilm uten luftspalte. Det vil altså si at det ble lagt 2x3 mm kryssfinerplater og 2x5 mm trefiberplater etter tur oppå gipsprøvene i plastfilm og største avlesningsverdi på fuktindikatorerne for disse måleseriene ble avlest.

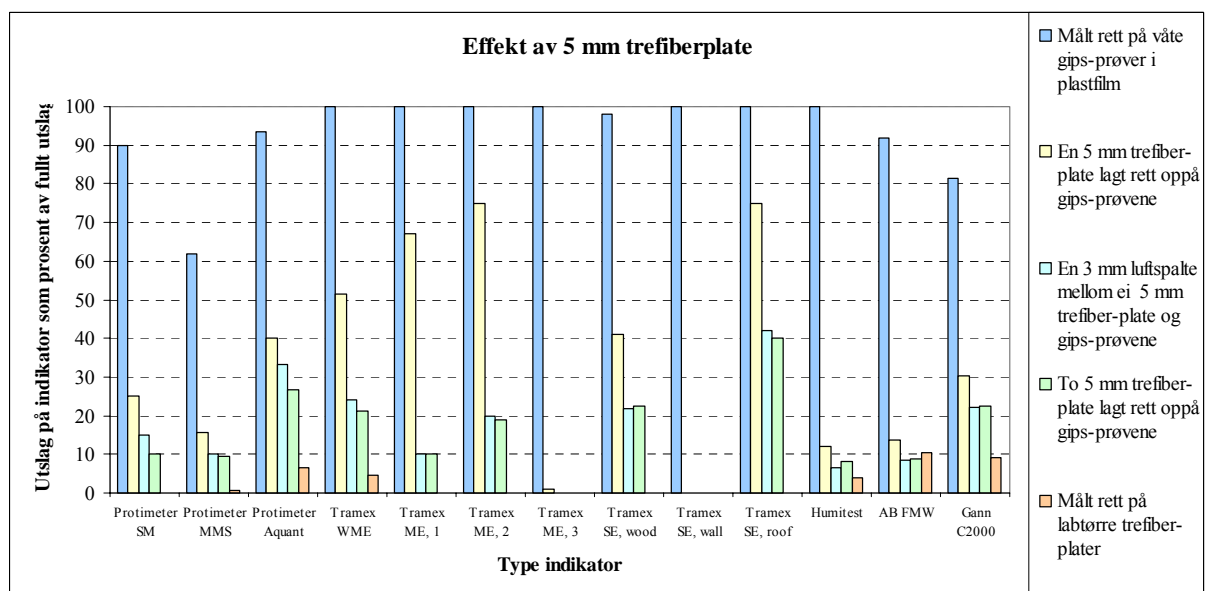
8.3 Resultater

Avleste verdier er regnet om til prosent av fullt utslag på hver fuktindikator.



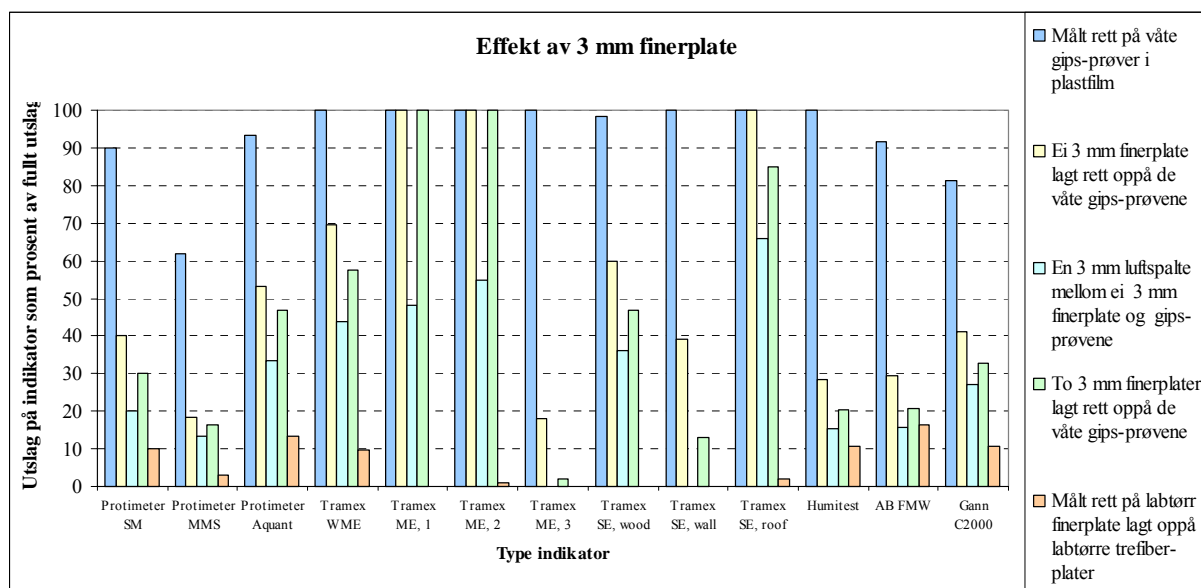
Figur 8.3—1
Referansemåling på vått og tørt materiale

Vi ser at de vanntettede gipsplatene i plastfilm gir fullt eller nesten fullt utslag på alle fuktindikatorene. Protimeter MMS og Gann C2000 ga de laveste utslagene på våte gipsplater. Tørre finerplater ga lave eller ingen utslag.



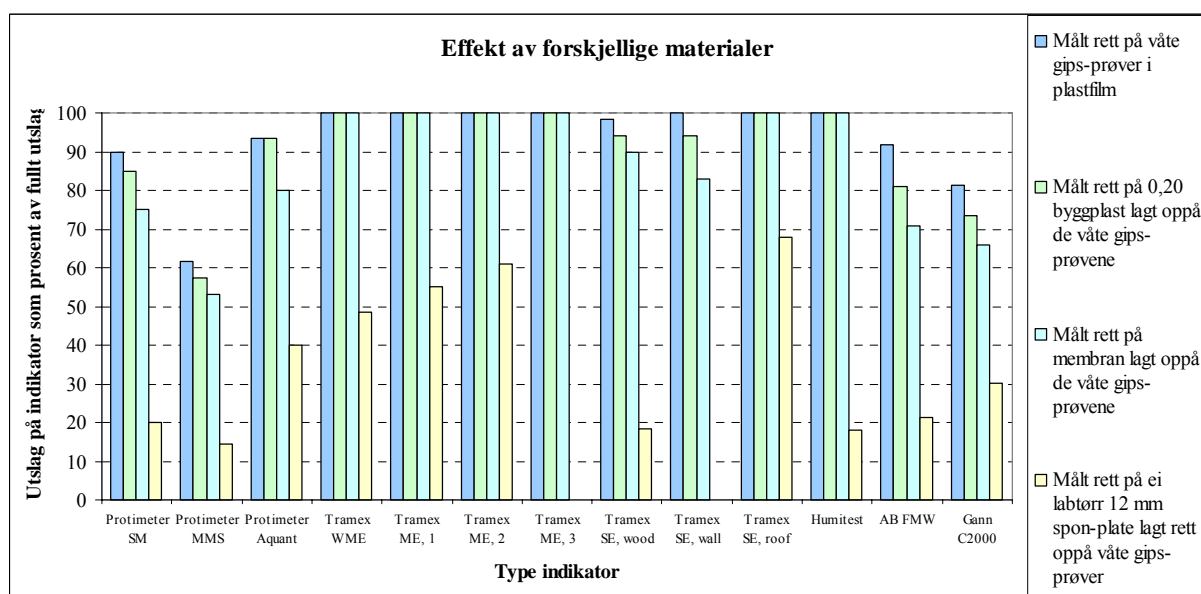
Figur 8.3—2
Effekt av en og to 5 mm tørre trefiberplater, samt av en 3 mm luftspalte under en 5 mm trefiberplate. Utslag målt direkte på våte gipsplater og tørre trefiberplate er med som referanse.

Vi ser at en 3 mm luftspalte og 5 mm trefiber demper utslagene omtrent som to 5 mm trefiberplater alene. En 5 mm trefiberplate demper også utslagene, om enn ikke fullt så mye. Det er til dels store forskjeller mellom de ulike instrumentene, særlig på utslag over 5 mm trefiber på våt gips.



Figur 8.3—3
Effekt av en og to 3 mm tørre kryssfinerplater, samt av en 3 mm luftspalte under en 3 mm kryssfinerplate.

Utslagene for 3 mm kryssfiner er noe høyere enn for 5 mm trefiber, men dempingen i forhold til måling rett på våt gips er fortsatt betydelig. Forskjellene mellom instrumentene er fortsatt store.



Figur 8.3—4
Effekt av 0,2 mm plastfolie og av en membran, samt en tørr 12 mm trefiberplate

Plastfolie og membran gir begge bare en liten reduksjon i målerutslag over våt gips. 12 mm spon gir lignende reduksjon som 5 mm trefiberplater.

8.4 Diskusjon/konklusjon

En 3 mm tykk luftspalte, eller lag av 3 – 12 mm tørre trebaserte plater over våte gipsplater reduserer utslagene til dels dramatisk. Reduksjonen er typisk mellom en fjerdedel og halvparten av utslag ved måling rett på de våte platene. Tørre materialer vil dermed lett kunne skjule fukt inne i en konstruksjon.

Plastsjikt som 0,20 mm PE-foile og 1,5 mm påstrykningsmembran reduserer avlesningsverdiene lite. Reduksjonen er typisk 0 – 10 %, og er størst for membranen. Så tynne materialsjikt av plast vil derfor ikke kunne skjule fukt i særlig grad.

9. MULIGE FEILKILDER

9.1 Gjentak

Instrument

Vi hadde bare med ett instrument av hver type. Vi har dermed ikke undersøkt ev. variasjon innen hver instrumenttype.

Måleserier

Vi gjorde en måleserie for hvert måleoppsett. For å sikre oss noe mot tilfeldige feil ble det som oftest gjort flere avlesninger for hver måling. Instrumentet ble da flyttet litt rundt på måleobjektet, og med ulikt trykk.

Effekten av ev. variasjon mellom flere avlesninger ble studert nærmere i en måleserie der vi leste av ti ganger med hvert instrument. Instrumentet ble hver gang plassert midt på prøveobjektet; en sammenpresset stabel av seks gipsplater. Måleverdiene ble avlest på fuktindikatorerne etter 3-5 sekunder (særlig de digitale instrumentene trengte noe tid på å stabilisere seg). Resultatene viste at verdiene varierte relativt lite, se tabellene i vedlegg 13.3. Resultatene viser at variasjoner ligger innefor +/- 10 %.

Plastfilm rundt prøver

For å unngå uttørking under selve målingene ble de fuktige prøveplatene pakket inn i tynn plastfolie. Målinger viste at plastfolien ikke ga store feil, se tabellene i vedlegg pkt. 13.3 og pkt. 13.4. Resultatene viser at feilen med ett unntak ligger under 10 %. Unntaket kan skyldes tilfeldige variasjoner, og er uansett bare 11 %. Vi har derfor sett bort fra den tynne plastfolien som feilkilde i dette prosjektet. Trolig ville feilen ved å ikke bruke plastfolie blitt av større betydning. En måleserie uten plastfolie måtte avbrytes da vi oppdaget at prøvene tørket målbart ut undervegs i en to-timers måleperiode. Mellom målingene ble prøvene både kondisjonert og lagret i et klimarom med konstant temperatur og RF.

Laboratorieklima

Målingene ble utført i tre omganger, med noen ukers mellomrom. Lufta i laboratoriet ble noe tørrere utover i forsøksperioden, i takt med synkende utetemperatur. Synkende fuktinnhold i de "tørre" platene kan ha gitt en mindre, systematisk forskjell mellom seriene. Men, effekten av det noe synkende, men alltid lave, vanninnholdet i de tørre prøvene har trolig blitt fullstendig overskygget av de mye større vannmengdene i de fuktige platene.

10. HOVEDKONKLUSJONER

10.1 Fuktteoretisk grunnlag

For tre og trebaserte materialer kan både absolutt fuktinnhold (vekt-% vann) og relativt luftfuktighet (RF) brukes for å vurdere faren for fuktskader. For gips, betong og betonglignende materialer kan bare RF brukes. Her er sammenhengen mellom absolutt fuktinnhold og RF alt for usikker.

10.2 Måledybder for trefiber

Typiske måledybder i trefiber ligger mellom 5 og 25 mm.

10.3 Variasjon for ulike overflatebelegg og –materialer

Enkle fuktindikatorer kan ikke måle gjennom metallholdige takbelegg. Ulike overflater gir stor variasjon i avlest verdi, selv om fuktinnholdet i underlaget er det samme. Forskjellene kan være flere hundre prosent av avlest verdi.

10.4 Variasjon mellom instrumentene

De ulike instrumentene gir meget ulike utslag på det samme materialet og på identisk fuktinnhold. Forskjellene mellom instrumentene er heller ikke konstante, men varierer med både underlag og fuktinnhold.

10.5 Varisjoner mellom identiske målinger

Hvert instrument kan variere opp mot $\pm 10\%$ av avlest verdi på ett og samme måleobjekt ved gjentatte målinger.

10.6 Fuktmåling på gipsplater med og uten fliser, lim og membran

Måledybde

Bare den store fuktindikatoren, basert på radioaktivitet (Troxler), kan med sikkerhet måle forskjell på våt og tørr gips bak et vått lag av fliser, lim og membran. De andre, konvensjonelle håndinstrumentene klarer bare å avdekke områder med skjult fukt dersom lagene over (fliser og lim) er tørre.

Absolutt og relativt fuktinnhold

Instrumentene har svært ulik målefølsomhet for fukt; særlig ved moderat fuktinnhold. Flere av instrumentene klarer ikke å skille mellom tørre gipsplater og gipsplater som er fuktige nok til soppvekst. Samtidig viser målerutsalgene i mange av disse instrumentene noenlunde samsvar med absolutt fuktinnhold. Dette understreker at absolutt fuktinnhold (vekt-% vann) kan være misvisende i forhold til RF og fare for fuktskader på grunn av for eksempel soppvekst i gips. Dette støtter annen litteratur som viser at det også for betong og betonglignende materialer er dårlig samsvar mellom absolutt fuktinnhold og RF.

Fukt i flissjiktet

Instrumentene skjelner ganske godt mellom ulike fuktnivå i et såpass grunt underlag som fliser og lim.

Hjørne- og kanteffekter

Inn mot hjørner og ut mot kanter vil noen instrumenter feilaktig indikere lavere eller høyere fuktinnhold.

Effekt av plastfolie og membran

0,20 mm PE-foile og 1 mm påstrykningsmembran reduserer avlesningsverdiene lite. Reduksjonen er typisk 0 – 10 %, og er størst for membranen. Så tynne materialsjikt av plast vil derfor ikke skjule fukt i særlig grad.

Måleteknisk problem ved fukt i fliskledde gipsvegger

Ved undersøkelser i våtrom med fliskledde flater kan fuktindikatoren påvise områder med forhøyet fuktinnhold uten at det nødvendigvis er fare på ferde. I et våtrom som er i bruk vil det ofte være mer eller mindre fuktig i fliser, fuger og flislim. Dette er helt normalt, og kan skyldes oppfukning på grunn av vannsprut, høy RF i rommet, kuldebroer osv. Oppfuktingen vil også variere noe med hvor lett flisene tar opp vann. Det som er interessant er om det er fuktig lenger inne i veggen, for eksempel i gipsplater bak en membran. ***Dersom flissjiktet (fliser, fuger og lim) var fuktig, kunne ingen av de vanlige, håndholdte indikatorene i dette prosjektet "se" om gipsplater bak membranen var fuktig eller ikke.*** (Forsøk viser at uttørring av våte fliser og flislim kan ta opptil felre uker). Bare den langt dyrere og større radioaktive fuktindikatoren (Troxler) kunne "se" gjennom fuktige flissjikt. Men dette, eller tilsvarende instrumentet brukes neppe til å detektere fukt i norske våtrom i dag.

Vi står derfor fortsatt igjen med to vanskelige spørsmål som må besvares med andre metoder:

- Når instrumentet indikerer at det er fuktig – hvor er det da egentlig fuktig? Er det bare i fliser og lim, eller er det også er fukt lenger inne - bak membranen?
- Når instrumentet indikerer at det er tørt - er det da sikkert at det er tørt også bak membranen?

10.7 Effekt av tynne plater og luftspalter

En 3 mm tykk luftspalte, eller lag av 3 – 12 mm tørre trebaserte plater over våte gipsplater reduserer utslagene til dels dramatisk, og kan skjule fukt for indikatoren.

10.8 Spikrer og skruer i tørre plater

Resultatene viser at enkelte av instrumentene får noe forhøyet utslag i forbindelse med spiker eller skruer i et tørt underlag.

10.9 Dyrere instrumenter

Det mye større og dyrere ikke-destruktive instrumentet fra Troxler har større måledybde enn vanlige fuktindikatorer. Troxler-instrumentet er det eneste som med sikkerhet klarer å "se" gjennom våte sjikt av fliser og flislim. Dette og lignende instrumenter kan være nyttig der man ønsker å undersøke dypere inn i ulike konstruksjoner.

10.10 Råd ved valg og bruk av fuktindikator

Fuktundersøkelser krever god kunnskap om, og erfaring med, fukt i bygningsmaterialer. Samtidig er det viktig å kjenne til oppbygningen av den konstruksjonen man skal undersøke. En god ikke-destruktiv fuktindikator kan da være et nyttig hjelpemiddel til å finne fram til fuktige områder. For dypere undersøkelser og for sikker måling av fukt, må man bruke andre instrumenter, åpne opp, eller ta hull i konstruksjonen.

- Velg en indikator som har blant de største måledybdene.
- Gjør deg kjent med instrumentet på de materialene og overflatene du skal måle på.
- Vær klar over instrumentets begrensning i måledybde (bare 1 – 2 cm i vanlige bygningsplater, fliser og flislim).
- Se på instrumentet som en fuktindikator som kan skjelne mellom vått og tørt i eller like under overflaten. Finn et tørt område og bruk utslaget der som referanseverdi.
- Bruk ikke en fuktindikator til å "beregne" RF i materialer som gips, betong og sparkelmasser.

11. FORSLAG TIL VIDERE ARBEID

Med hensyn til den økonomiske rammen i prosjektet, måtte vi utelate flere interessante sammenstillinger av data. Følgende sammenhenger kan være interessante å se nærmere på:

- Forholdet mellom indikatorutslag på ett materiale eller sjikt, og utslaget for en konstruksjon oppbygd av de samme materialer/sjikt
- Forholdet mellom absolutt vanninnhold og indikatorutslag
- Samsvar mellom materiale, vanninnhold, indikatorutslag og fare for skade. Betyr ”grønt” alltid tørt og ”rødt” alltid kritisk fuktig?
- Utvikling av en raskere måte å sjekke vanntettheten til membraner på golv. Målinger i dette prosjektet tyder på at de enkle, ikke-destruktive fuktindikatorer kan registrere ulike fuktinnhold i materialer like under slike membraner. Det kan dermed være grunn til å arbeide videre med ideer om en raskere metode enn dagens ”24-timersprøve”. En skissert metode består av følgende punkt:
 - 1 Registrere referanseverdier i golvet rundt sluket
 - 2 Fyll opp med vann til et gitt nivå og vente for eksempel en time
 - 3 Tappe ned vannet og måle på nytt rundt sluket – sammenligne med referanseverdier
- Sammenhengen mellom materialtetthet og måledybde
- Overflatefukt – innvirkning på ulike instrument og på ulike overflater
- Metoder for å avsløre fukt bak fliser og lim med ukjent fuktinnhold

12. LITTERATUR OG REFERANSER

Byggeforskeren, Byggedetaljer:

421.132 Fuktmekanikk

571.047 Gipsplater. Typer og egenskaper

571.048 Trefiberplater. Typer og egenskaper

474.531 Måling av fukt i materialer

474.533 Uttørring og kontrollmåling av byggfukt

Ildgruben, T., 2002. ”Usikkerhet ved bruk av ikke-destruktive fuktindikatorer til fuktdeteksjon i bygningskonstruksjoner”, hovedoppgave, NTNU, 2002.

Ildgruben, T., 2001. ”Indikering av fukt i ulike dybder med ikke-destruktive fuktindikatorer”, prosjektoppgave, NTNU, 2001

Troxler, 2001. *Application brief*. Nettside: <http://www.troxlerlabs.com/3216APBRIEF.pdf>, gyldig 31.05.2002.

13. VEDLEGG

Vedleggskapittelet er hentet direkte fra Ildgruben (2001 og 2002).

13.1 Forsøksoppsett – prøveplater

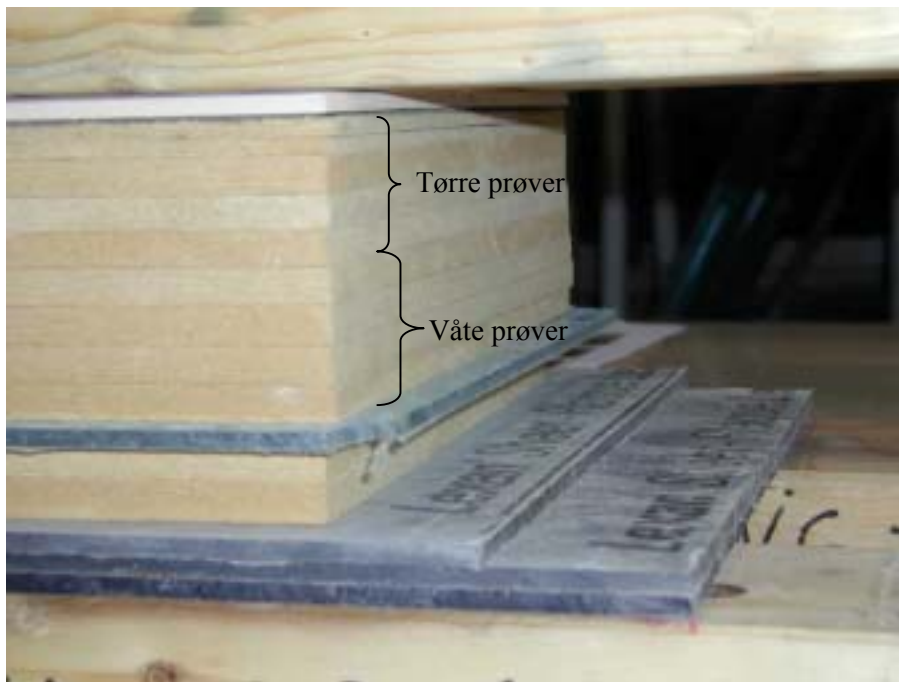
Presskonstruksjon

Alle målinger ble gjort på sammenpressa platestabler. For å holde platene godt sammen ble det benyttet en presskonstruksjon. Denne var en meter lang og veide 16,5 kg. Den hadde ingen spiker eller annet metall nær måleområdet som kunne forstyrre målingene. Treverket i denne presskonstruksjonen hadde vært lagret i laboratorieklima i langt tid før byggingen av den. Den ble også etter bygging oppbevart i laboratorieklima. Presskonstruksjonen ser vi i figuren under.



Presskonstruksjonen i tre og stein. Den veide 16,5 kg og hadde en langsgående åpning på 20 cm mellom treverket. Under presskonstruksjonen ser vi ei flislagt trefiberplate på 30 x 30 cm.

Eksperimentet med å teste hvor dypt disse ikke-destruktive indikatorene måler, startet med å finne en passende rigg for å måle på. Det endte opp med et vanlig arbeidsbord som arbeidsplattform. På dette bordet ble det lagt to 2" x 4" plank. Så ble det lagt tre plexiglassplater á 5 mm oppå, for å minske eventuelle forstyrrelser fra bordet. Neste sjikt besto av tre laborietørre 12 mm trefiberplater med enda en plexiglassplate oppå der igjen. Dette skulle være nok til å skjerme alle effekter fra bordet.



Bilde viser nedre del av riggen som ble brukt til målinene.

Oppbygningen er som følger, regnet nedenfra: To 48 x 98 mm planker underst med 15 mm plexiglass oppå. Plexiglass viste under de inledende forsøkene god evne til å skjerme forstyrrelser fra metall og våte materialer. Over det første laget med plexiglassplater ligger det 36 mm trefiberplater med 5 mm plexiglass oppå det. Deretter følger prøvene. 40 mm våte prøver nederst og 40 mm tørre prøver øverst. På toppen en valgt overflate, her flis. I de fleste forsøk pakket vi stabelen med fuktige plater inn i tynn plastfolie.

Referansemåling

For å skaffe et utgangspunkt – et 0-punkt – gjennomførte vi innledningsvis en referansemåling. Målingen ble utført med fire tørre trefiberplater i høyden oppå den øverste plexiglassplaten i prøveriggen. Resultatene fra disse målingene er vist i tabellen under.

Referansemåling – tørre og fuktige trefiberplater

Type indikator:	Tørt materiale (ca. 6 vekt-% fukt)	Fuktig materiale (ca. 20 vekt-% fukt)
Protimeter SM	1 Prikk	3 Prikker
Protimeter MMS	16	86
Tramex wood moisture encounter	1,0	10,0
Tramex moisture encounter, skala 1	10,0	14,8
Tramex moisture encounter, skala 2	10,0	15,5
Tramex moisture encounter, skala 3	10,0	10,0
Tramex survey encounter, skala wood	0	15,2
Tramex survey encounter, skala wall	0	41
Tramex survey encounter, skala roof	0	41
Humitest MC-100S	4,2	12,6
AB FMW moisture detector	8,1	14,4
Gann hydromette compact A	7,8	17,6
Gann C 2000	17	34

13.2 Effekter av hjørner, fuger og fliskanter



Foto av hjørnekonstruksjonen, her med vannoppfylling.

22 døgn etter liming av fliser.

Type indikator	Minste Utslag		Største utslag		Forandring av måler-utslag i hjørnet
	Hvor	Verdi	Hvor	Verdi	
Protimeter SM	Fliskryss	4	Midt på flis	6	Nei
Protimeter MMS	Fliskryss	84	Midt på flis	128	Nei
Protimeter Aquant	Fliskant	104	Midt på flis	105	Forhøyet*
Tramex WME	Over fuge	13	Midt på flis	20	Nei
Tramex ME, 1	Overalt	20	Overalt	20	Nei
Tramex ME, 2	Overalt	20	Overalt	20	Nei
Tramex ME, 3	Over fuge	10	Midt på flis	11	Redusert
Tramex SE, wood	Over fuge	12,6	Midt på flis	23	Redusert
Tramex SE, wall	På noen fliser	0	Midt på flis	19	Redusert
Tramex SE, roof	Over fuge	48	Midt på flis	85	Redusert
Humitest	Fliskant	3	Midt på flis	4,5	Forhøyet
AB FMW	Fliskant	21,6	Midt på flis	26,5	Redusert
Gann C2000	Fliskant	38	Midt på flis	50	Forhøyet

* Hvis indikatoren føres liggende mot motstående vegg.

Etter vannpåspruting som ga et gjennomsnittlig vannopptak på ca. 167 gram vann pr. m² flislagt vegg.

Type indikator	Minste Utslag		Største utslag		Forandring av måler-utslag i hjørnet
	Hvor	Verdi	Hvor	Verdi	
Protimeter SM	Midt på flis	5	Fliskant	7	Nei
Protimeter MMS	Midt på flis	101	Fliskant	165	Nei
Protimeter Aquant	Midt på flis	104	Fliskant	107	Forhøyet*
Tramex WME	Midt på flis	14,0	På fuge	23	Redusert
Tramex ME, 1	Overalt	20	Overalt	20	Nei
Tramex ME, 2	Overalt	20	Overalt	20	Nei
Tramex ME, 3	Midt på flis	10,1	På fuge	11	Nei
Tramex SE, wood	Midt på flis	14,8	På fuge	26,4	Redusert
Tramex SE, wall	Midt på flis	0	På fuge	30	Redusert
Tramex SE, roof	Midt på flis	56	På fuge	100	Redusert
Humitest	Midt på flis	3,5	På fuge	6,2	Forhøyet
AB FMW	Midt på flis	22,4	På fuge	29,1	Redusert
Gann C2000	Midt på flis	42	Fliskryss	68	Forhøyet

Etter 28 timer med vannoppfylling

Type indikator	Minste Utslag		Største utslag		Forandring av måler-utslag i hjørnet
	Hvor	Verdi	Hvor	Verdi	
Protimeter SM	Fliskant	7	Midt på flis	10	Forhøyet
Protimeter MMS	Fliskant	213	Midt på flis	236	Forhøyet
Protimeter Aquant	Fliskant	111	Midt på flis	112	Forhøyet*
Tramex WME	Fliskant	27,5	Midt på flis	32	Nei
Tramex ME, 1	Overalt	20	Overalt	20	Nei
Tramex ME, 2	Overalt	20	Overalt	20	Nei
Tramex ME, 3	Fliskant	15,5	Midt på flis	17	Ja og Nei
Tramex SE, wood	Fliskant	37,2	Midt på flis	39,4	Nei
Tramex SE, wall	Fliskant	59	Midt på flis	65	Ja og Nei
Tramex SE, roof	Overalt	100	Overalt	100	Nei
Humitest	Midt på flis	7,3	Fliskant	8,9	Forhøyet
AB FMW	Midt på flis	33,9	Fliskant	414,1	Forhøyet
Gann C2000	Midt på flis	105	Fliskant	112	Forhøyet

13.3 Standardavvik for gjentatte målinger

Tabellen viser gjennomsnitt, standardavvik og standardavvik i prosent av gjennomsnittet av indikatorutslagene for gipsprøver som har vært lagret i labklima i lang tid (mer enn 6 mnd) og for gipsprøver som har vært lagret i klimarom ved ca. 95% RF i 14 dager og innpakket i plast.

Variasjoner ved 10 identiske målinger

Type fuktindikator:	Indikatorutslag på labtørre gipsprøver			Indikatorutslag på fuktige gipsprøver i plast		
	Gjennomsnitt for gipsprøver i labklima	Standardavvik for gipsprøver i labklima	Std.av. i % av gjennomsnitt i labklima	Gjennomsnitt for gipsprøver i 95 % RF	Standardavvik for gipsprøver i 95 % RF	Std.av. i % av gjennomsnitt i 95 % RF
Protimeter SM	2	0	0	5,2	0,45	8,7
Protimeter MMS	40,8	3,19	7,8	142,8	1,10	0,8
Protimeter Aquant	102	0	0	102	0	0
Tramex wood moisture encounter	3,1	0,03	1,0	31,2	0	0
Tramex moisture encounter, skala 1	10*	0	0	20**	0	0
Tramex moisture encounter, skala 2	10,1	0	0	20**	0	0
Tramex moisture encounter, skala 3	10*	0	0	14,8	0	0
Tramex survey encounter, wood (0,30)	3,5	0,26	7,4	29,6	0,04	0,3
Tramex survey encounter, wall (drywall)	9,3	0,48	5,2	42,4	0,55	1,3
Tramex survey encounter, roof (bitumen)	9,5	0,71	7,5	72	0	0
Humitest MC-100S (F1/E2)	7,5	0,15	2,0	12,3***	0,05	0,4
AB FMW moisture detector (,30)	11,3	0,04	0,4	33,9	0,32	0,9
Gann C2000	26	0	0	57,4	1,14	2,0

* Minste verdi fuktindikatoren viser

** Største verdi fuktindikatoren viser

*** Største verdi fuktindikatoren viser ved denne innstillingen

13.4 Effekt av tynn plastfilm og variasjoner ved gjentatte målinger

Tabellen viser utslagene på fuktindikatorene ved testing av en og fire gipsplater med og uten plastfilm (Mima films, type: 23HT050, tykkelse 23 µm). Det er vist differansen mellom disse utslagene, gjennomsnittet av utslagene, samt prosent avvik.

Variasjoner ved 10 identiske målinger, med og uten plastfilm

Type fuktindikator:	Indikatorutslag på 1 labtørr gipsplate med og uten plastfilm					Indikatorutslag på 4 labtørr gipsplater med og uten plastfilm				
	1 plate u/plast	1 plate m/plast	Differanse	Gjennomsnitt, 1 plate	% av gj.sn. 1 plate	4 plater u/plast	4 plater m/plast	Differanse	Gjennomsnitt, 4 plater	% av gj.sn. 4 plater
Protimeter SM	2	2	0	2	0	3	3	0	3	0
Protimeter MMS	44	41	3	42,5	7,1	60	64	-4	62	-6,5
Protimeter Aquant	102	102	0	102	0	102	102	0	102	0
Tramex wood moisture encounter	5,2	5,1	0,1	5,2	1,9	9	8,5	0,5	8,8	5,7
Tramex moisture encounter, skala 1	11,2	11,0	0,2	11,1	1,8	14,7	14,4	0,3	14,6	2,1
Tramex moisture encounter, skala 2	12,8	12,0	0,8	12,4	6,5	15,3	15,0	0,3	15,2	2,0
Tramex moisture encounter, skala 3	10*	10*	0	10	0	10*	10*	0	10	0
Tramex survey encounter, wood (0,30)	8	7,7	0,3	7,9	3,8	13,3	12,1	1,2	12,7	9,4
Tramex survey encounter, wall (drywall)	23	21	2	22	9,1	37	34	3	35,5	8,5
Tramex survey encounter, roof (bitumen)	23	21	2	22	9,1	37	35	2	36	5,6
Humitest MC-100S (F1/H1)	10,9	10,9	0	10,9	0	11,6	11,6	0	11,6	0
AB FMW moisture detector (,30)	13,9	13,5	0,4	13,7	2,9	14,3	14,3	0	14,3	0
Gann C2000	24	24	0	24	0	28	28	0	28	0

* Den laveste verdien instrumentet kan vise

Tabellen viser målte verdier målt på fire våte gipsplater med og uten plastfolie, og med og uten 5 mm trefiber over henholdsvis plastfolien og øverste våte plate.

Variasjoner ved måling på våte plater med og uten plastfolie mellom instrument og øverste plate

Instrument	Rett på...		Differanse		Gjennom 5 mm tref.		Differanse	
	Folie	Våt plate	verdi	%	Folie	Våt plate	verdi	%
Protimeter SM	5,5	5,5	0		2,5	2,5	0	
Protimeter MMS	140	155	-15	-11 %	87	87	0	
Tramex wood moisture encounter	6	6	0		15	15,5	-0,5	-3 %
Tramex moisture encounter, skala 1	12	12	0		14	14	0	
Tramex moisture encounter, skala 2	-	-	-		-	-	-	
Tramex moisture encounter, skala 3	-	-	-		-	-	-	
Tramex survey encounter, wood (0,30)	32,6	32,6	0		20,6	19,2	1,4	7 %
Tramex survey encounter, wall (dry wall)	90	90	0		55	50	5	9 %
Tramex survey encounter, roof (bitumen)	90	90	0		55	50	5	9 %
Humitest MC-100S (F1/H1)	55	55	0		9	9	0	
AB FMW moisture detector (,30)	25,8	25,8	0		11,8	11,5	0,3	3 %
Gann Hygromette Compact A	32	32	0		15,3	15,3	0	
Gann C2001	43	43	0		8	8	0	

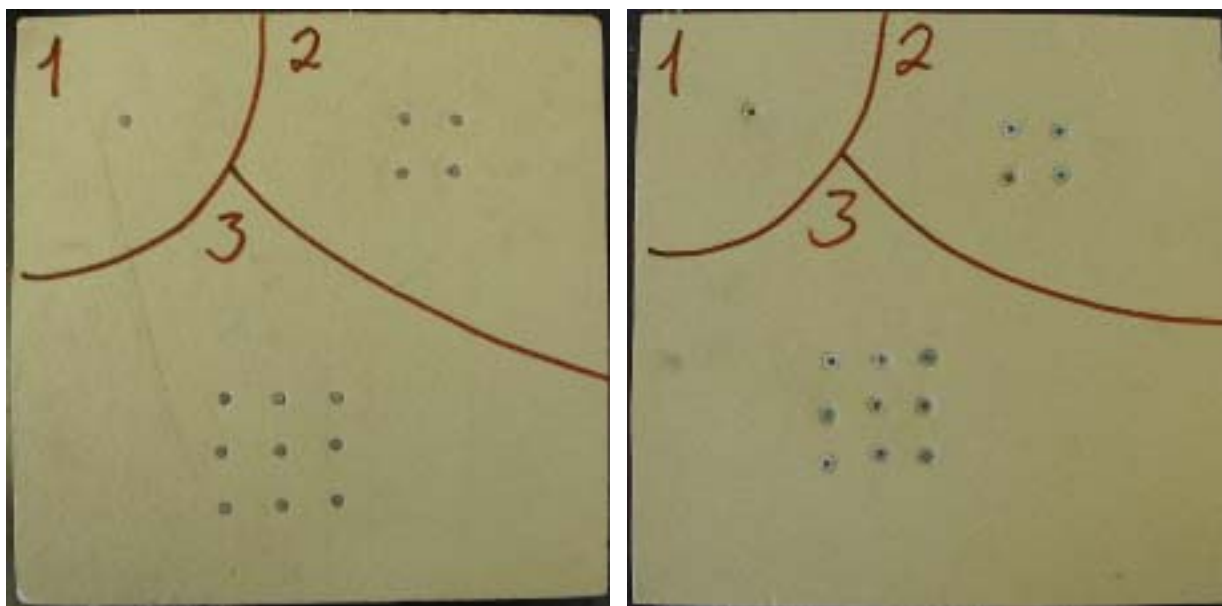
13.5 Forsøk med spiker og skruer

Forsøksoppsett

En 80 mm høy stabel tørre trefiberplater som hadde arealet 30x30 cm ble delt inn i tre soner. I den første sonen ble det spikret ned en 3" spiker. I sone to ble det spikret en gruppe på fire spikere. Disse ble spikret ned i et kvadratisk mønster med 2 cm mellom hver spiker i sidekantene. I sone tre ble det spikret ned ni spikere. Disse ble også spikret ned i et kvadratisk mønster med 2 cm mellom hver spiker, men med tre spikere på hver kant. Det vil si tre rekker á tre spikere som til sammen danner et kvadrat.

Det ble lagd et tilsvarende oppsett for 2" skruer på en 60 mm høy stabel med tørre trefiberplater.

Disse soneoppdelingene med spikere og skruer ser vi i figuren under.



Figuren viser hvordan platestabelen ble delt opp i tre soner. Den viser også hvordan spikrene og skruene ble plassert på platene.

Alle fuktindikatorne ble ført rett over spiker- og skruhodene og høyeste avlest verdi etter tre sekunder ble notert. Dette gjelder ikke Gann C2000 som har en kuleformet sensor. Denne ble ført så nær opp til skruhodene som mulig uten at den berørte spiker- eller skruhodene før avlesning.

Resultater

Resultatene fra dette delforsøket ser vi i tabellen på neste side. Kolonne to viser referansemålingene på trefiberplater. Kolonne tre til fem viser fuktindikatorutslagene da fuktindikatorne ble ført over spikrene. Kolonne seks til åtte viser indikatorutslagene da fuktindikatorne ble ført over skruhodene.

Tabellen viser indikatorutslagene ved måling med fuktindikatorene da de ble ført over spiker- og skruerhoder på labtørre trefiberplater










Type fuktindikator:	Indikatorutslag						
	Referanse: Trefiber	En 3" spiker	En gruppe med fire 3" spiker	En gruppe med ni 3" spiker	En 2" treskrue	En gruppe med fire 2" treskruer	En gruppe med ni 2" treskruer
Protimeter SM	0*	1	1	2	2	2	2
Protimeter MMS	6	38	53	53	55	64	77
Protimeter Aquant	101 *	102	103	103	102	103	103
Tramex wood moisture encounter	1,5	2,9	3,5	3,8	3,2	4,7	6,0
Tramex moisture encounter, skala 1	10*	10*	10*	10*	10*	10*	10*
Tramex moisture encounter, skala 2	10*	10*	10*	10,1	10*	10*	10,3
Tramex moisture encounter, skala 3	10*	10*	10*	10*	10*	10*	10*
Tramex survey encounter, wood (0,50)	0*	0*	0*	0*	0*	0*	6,8
Tramex survey encounter, wall (plaster)	0*	0*	0*	0*	0*	0*	0*
Tramex survey encounter, roof (bitumen)	0*	0*	0*	7	0*	4	33
Humitest MC-100S (F1/E2)	0,5	0,9	0,7	1,5	1,8	1,0	1,3
AB FMW moisture detector (,30)	8,3	10,6	10,8	12,7	16,8	14,3	13,5
Gann C2000	18	30	30	30	30	30	30

* Den laveste verdien instrumentet kan vise

13.6 Oversikt over instrumentene

Fra Ildgruben (2002) gir vi følgende oversikt:

Tabellen viser de ni "vanlige" fuktindikatorene i prosjektet, med bilde og relevant informasjon der dette kunne finnes

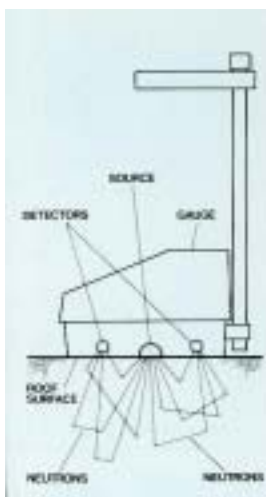
Type	Protimeter SM	Protimeter MMS	Protimeter Aquant	Tramex wood moisture encounterer	Tramex moisture encounterer	Tramex survey encounterer	Humitest MC-100S	AB FMW moisture detector	Gann C2000
Bilde									
Måle-prinsipp	"Radio frequency emissions" (RFE)			Lav-frekvens-signaler mellom to ledende gummi-puter; konduktive plater			Dielektrisk høy-frekvens-målig	Elektro-magnetisk felt	Konsentrert høy-frekvensfelt
				(125 kHz)	(5 – 25 kHz)	(125 kHz)			
Visning	Analogt/digital, lydalarm	Digital, lydalarm	Analog	Analog	Analog, lydalarm	Digital, lydalarm	Digital	Digital	Digital
Bruks-område	Vegger, golv, tre, keramiske fliser, membraner og belegg	Søker fukt bak fliser, membraner og andre belegg	Tre, gips, mur, murstein, betong, isolasjonsmaterialer, vinyl-belegg, gipsplater, og parkett-gulv	Tre	Tre, tak, "dry wall", puss, fliser og mur	Tre, tak, "dry wall", puss, mur, tak og bord-kledning	Tre, fliser, vegger, tak, golv, under takpapp, tegl, puss og betong	Tre	Murverk, betong, puss, tre og isolasjon-smaterial-er
Oppgitt måledybde	Opptil 50 mm i lette konstruksjoner	-	50 – 100 mm gjennom tørre matr.	25 mm →	Opptil 50 mm	-	50 mm	25 mm	-
Kali-breringskurver	Skala for tre, gir trefukt-ekvivalent fukt i andre materialer	-	-	-	Tre bryter-innstillinger; tre (1), betong (2) og gips og for tak og isolasjons-materialer (3)	Korreksjon for 32 treslag + 3 veggtyper og 3 taktyper + brukes egenin-nstilling	Kompen-serer for 11 materialer med ulik densitet	-	-
Lagring/-minne	0	Lagrer opptil 999 resultater som kan overføres til PC	0	0	0	Mikro-prosessor og minne som lagrer 625 målinger i 25 filer som kan overføres til PC	Mikro-prosessor, lagrer opptil 32 måle-resultater og middel-verdi-beregning.	Mikro-prosessor, lagrer opptil 50 måle-verdier	0
Ca. pris [NOK] inkl mva.	4.290,- (13.05.02)	6.950,- (13.05.02)	3.800,- (2001)	-	2.800,- (2001)	-	5.670,- (13.05.02)	4.000,- (2001)	-
Forhandler	Fly og industriinstrumenter AS						Tormatic AS	Tormatic AS	Bergsli AS
Web	http://www.flyindustri.no/Protimeter/ , http://www.protimeter.com/ , http://www.tramexltd.com						www.tormatic.no		

- = Det er ikke funnet informasjon om dette

0 = Indikatoren har ikke denne funksjonen

Troxler 3216 roof reader

Denne fuktindikatoren er bygd spesielt for å søke etter fukt i takkonstruksjoner. Instrumentet er oppgitt til å kunne søke etter fukt i dybder ned til 225 mm i lette takkonstruksjoner (Troxler 2001). Den radioaktive kjernen i fuktindikatoren består av Americium 241, en berylliumkilde. Denne radioaktive kilden (sender ut) raske nøytroner som reagerer på hydrogenatomene som er innenfor instrumentets måleområde.



Figuren viser måleprinsippet som er brukt i Troxler 3216 roof reader

Fuktindikatoren har en stor skala som går fra 0 til 9999. Ved bruk og testing av fuktindikatoren viste den aldri mer en opp mot 40. Unntaket var da den ble holdt en centimeter ned i vann. Da viste den oppimot 160-170. Men for at en skulle ha en øvre grense å forholde seg til i forhold til de andre fuktindikatorerne, regnet vi 50 som maks utslag. Vi fikk låne instrumentet fra Teknologisk institutt, Byggeri-divisjonen, i Danmark. Der opplyste de at prisen for en slik fuktindikator (i Danmark) lå rundt 60.000,-.

I den korte låneperioden (2 uker) gjorde vi flere enkle forsøk, i tillegg til målingene som er presenterte i denne rapporten. For øvrige resultater viser vi til Ildgruben (2002).

13.7 Gruppering av fuktindikatorerne

De fleste fuktindikatorerne er såkalte universalmålere. Det betyr at indikatorene kan registrere fukt i alle ikke-ledende materialer som for eksempel tre, gips, trefiber, betong, enkelte takkonstruksjoner, etc. Noen av disse universalmålerne har forskjellige bryterinnstillinger som man kan bytte mellom. Hver bryterinnstilling er da forhåndsinnstilt på en bestemt densitet for det materialet som det skal måles på. Da noen materialer har samme eller nesten samme densitet vil enkelte bryterinnstillinger være aktuelle for flere materialer. Hvilke materialer som kan brukes på en bestemt innstillingen er gjerne opplyst fra leverandøren. I tillegg til overnevnte indikatorer så finnes det indikatorer som kun er beregnet på å indikere fukt i trevirke. Trevirke har også forskjellige densiteter og dette kan man justere for ved å stille om densiteten for materialene i fuktindikatorerne. I tabellen under er det vist hvilke materialer/ konstruksjoner den enkelte fuktindikator kan indikere fukt i. De indikatorene som er merket av på alle (universal), har ingen bryterinnstilling for forskjellige materials densitet. Der hvor alle typer materialer er merket av og det ikke er merket av for alle (universal), har indikatoren en bryterinnstilling som kan benyttes for det aktuelle materialet/konstruksjonen.

Tabellen viser hvilke materialer som leverandørene sier den enkelte indikator kan indikere fukt i

Type fukt-indikator:	Materialer					
	Alle (universal)	Tre	Gips	Flis	Betong	Tak
Protimeter SM	X					
Protimeter MMS	X					
Protimeter Aquant	X					
Tramex wood moisture encounter		X				
Tramex moisture encounter		X	X	X	X	X
Tramex survey encounter		X	X	X	X	X
Humitest MC-100S		X	X	X	X	X
AB FMW moisture detector		X				
Gann C2000	X					
Troxler 3216	(X)					X

