

STIG GEVING

Fukt i betong – Målemetoder og uttørrking

Litteraturundersøkelse

Prosjektrapport 4

2007



SINTEF Byggforsk

Fukt i betong – Målemetoder og uttørring

Litteraturundersøkelse

Prosjektrapport 4 – 2007

Prosjektrapport nr. 4
Stig Geving
Fukt i betong
– Målemetoder og uttørring
Litteraturundersøkelse

Emneord:
Fukt, betong, fuktmåling og uttørring

ISSN 1504-6958
ISBN 978-82-536-0967-6

40 eks. trykt av AIT AS e-dit
Innmat: 100 g scandia
Omslag: 240 g trucard

© Copyright SINTEF Byggforsk 2007
Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF Byggforsk er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.
Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 124 Blindern
0314 OSLO
Tlf.: 22 96 55 55
Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk

Innhold

Innhold.....	1
1 Innledning.....	2
2 Bakgrunn	3
2.1 Kontroll før legging av belegg på betong – eksisterende prosedyrer/metoder	3
2.1.1 Norske anbefalinger	3
2.1.2 Svenske anbefalinger	4
2.1.3 Andre land.....	4
2.2 Skadesaker – eksisterende prosedyrer/metoder	5
3 RF-måling i betong ved borhullsmetoden.....	6
3.1 Generelt.....	6
3.2 Borhull – utforming og forsegling	6
3.3 Måledybder	7
3.4 Effekt av betongtype og v/c-tall.....	9
3.5 Effekt av avretningsmasse	10
3.6 Effekt av golvvarme.....	11
3.7 Effekt av temperatur.....	12
3.7.1 Temperaturforskjell måletidspunkt/bruksfase.....	12
3.7.2 Temperaturforskjell mellom sensor og betong	14
3.8 Måleusikkerhet.....	14
3.9 Nødvendig måletid	14
3.9.1 Etter boring	14
3.9.2 Etter utplassering av sensor.....	16
3.10 Sammenhenger målt RF og kritisk RF/fuktnivå	16
3.11 Instrumenttyper	17
4 Andre målemetoder/prinsipper	18
4.1 RF-måling på uttatt prøve (reagensglassmetoden).....	18
4.2 Kapillær metningsgrad	19
5 Tidligere uttørkingsforsøk	20
5.1 Styrt uttørring	20
5.2 Selvuttørringseffekten	22
5.3 Effekt av herdetiltak og nedbør.....	24
6 Referanser.....	25

1 Innledning

Fukt i betong er et tema som får endel oppmerksomhet i bransjen, både nasjonalt og internasjonalt. Bakgrunnen til dette er spesielt knyttet til problemstillinger i forbindelse med fuktskader på betonggulv, men også ting som depassivering av armeringsstål, frostbestandighet etc. Tette hellimte belegg (vinyl, linoleum, gummi) som legges på for fuktig betong, kan få buler og blærer. Årsaken er vanligvis at limet forsåpes på grunn av det høye alkaliske fuktnivået, og at belegget derfor mister heften. Belegget sammen med limsjiktet kan i slike tilfeller avgi gasser som kan ha en negativ innvirkning på innemiljøet.

Før legging av tette belegg på betong er det derfor essensielt at betongen er tilstrekkelig tørket ut og at dette blir målt på en god måte. Uttørring av betong er imidlertid et fagfelt hvor bransjen henger etter, både mhp materialvalg og herde/tørkebetingelser. Dette fører igjen til mange svært kostbare skader som i verste fall kan ha helsemessige konsekvenser.

Denne rapporten presenterer en litteraturstudie vedrørende målemetoder for måling av fukt i betong. Hovedfokuset er på måling av relativ luftfuktighet (RF) ihht borhullsmetoden, spesielt med tanke på målinger som gjøres for å avgjøre om et betonggulv er tørt nok til å legge golvbelegg. Fokuset er spesielt rettet mot å kartlegge enkelte usikkerheter i forbindelse med målemetodene som brukes.

I tillegg er det gjort en kartlegging av laboratorieforsøk hvor man har undersøkt forskjellige betongtypers uttørkingshastighet.

Arbeidet er utført som et forprosjekt innen det strategiske instituttprogrammet *Moisture in concrete – transport forms, measurement methods and economic and environmental significance*. Programmet ledes av SINTEF Byggforsk og er finansiert av Norges forskningsråd.

2 Bakgrunn

2.1 Kontroll før legging av belegg på betong – eksisterende prosedyrer/metoder

2.1.1 Norske anbefalinger

NS 3420 – Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner

I NS 3420-Del T: Belegg og overflate (34. utgave juni 2005) angis det at måling av fukt i betonggulv skal gjøres etter (NT Build 439, 1995). Metoden er også gitt i et Tillegg A i NS3420. Følgende krav er gitt i NS 3420-T6:

- b3) *Lim skal ikke oppløses eller svekkes slik at det mister sin funksjonsdyktighet når det utsettes for fuktighet fra underlaget, alkali fra betong, lim fra plater, gulvvarme eller andre påvirkninger i den aktuelle konstruksjonen.*
- c2) *Før belegget legges, skal fuktigheten i undergulvet være så lav at fuktskader unngås.*
MERKNAD Det er oppdragsgiverens ansvar etter kontraktsstandardene å stille et tilstrekkelig tørt undergulv til gulvleggerens rådighet til avtalt tid, se f.eks. NS 8405:2004 punkt 19.2. Dette innebærer at det er oppdragsgiveren som skal sørge for at forutsetningene i c2) til c6) er oppfylt.
- c3) *I betonggulv skal høyeste relative luftfuktighet (RF) målt etter reglene i tillegg A være 99 % for helsyntetiske tepper uten skumbaksid og 85 % for andre typer belegg. Ved bruk av spesiell fuktisolasjon kan det aksepteres høyere verdier. I gulv med gulvvarme skal fuktighetsinnholdet være høyst 75 % RF ved legging.*
- c4) *Før belegget legges på betonggulv der det er montert gulvvarme, skal varmen være slått vekselvis av og på i 2 til 4 uker, inntil gulvet har fått en relativ fuktighet på høyst 75 % RF.*

NS3420-T inneholder også egne prisposter for RF-måling i borhull. Følgende er anbefalt: *Måling i ferdige målehull er enklere og sikrere enn måling med hulltaking. Avsetting av målehull bør derfor spesifiseres i forbindelse med betongstøpingen.*

Anbefalinger fra SINTEF Byggforsk

Den mest omfattende norske beskrivelse for hvordan RF-målinger i betong bør gjennomføres er gitt i (Geving og Thue, 2002). Prosedyrene og anbefalingene her er basert på Byggforsks interne rutine gitt i (Geving, 2001). Denne rutinen er igjen basert på tidligere rutiner og erfaringer ved Byggforsk, se (Bakken, 1989) og (Thue, Uvsløkk m.fl., 1998), og svenske erfaringer, bl.a. tidligere versjoner av RBK-metoden, se (RBK, 2005). Generelt er norske prosedyrer sterkt influert av svenske erfaringer, se kap. 2.1.2. I Byggdetaljer 474.531 – *Måling av fukt i bygninger* finnes en kortversjon for hvordan RF-målinger i betong bør gjennomføres basert på Geving og Thue (2002).

Generelle anbefalinger vedrørende kritisk RF er gitt i (Geving og Thue, 2002), se tabell 2.1.1, og Byggdetaljer 474.533 – *Byggfukt. Uttørring og forebyggende tiltak.*

Tab. 2.1.1

Veiledende kritisk RF i betonggolv for forskjellige beleggtypene. Tabell fra (Geving og Thue, 2002).

Golvbelegg	Kritisk RF (%)
Keramiske fliser med sementbasert lim	100
Helsyntetiske tekstilbelegg uten belagt bakside (dampåpen)	97
Flytende golv (f.eks. parkett) på plastfolie Akrylbelegg (flytende form)	95
Epoksy- og polyuretanbelegg (flytende form) Tekstilbelegg med naturmateriale uten belagt bakside (dampåpen) Tekstilbelegg med belagt bakside Vinylbelegg (mer enn 50% fyllstoff) Linoleum Korkplater med plastsjikt på baksiden Sparkelmasser	90
Vinylbelegg (mindre enn 50% fyllstoff) Påstrykningsmembraner Gummibelegg	85
Korkplater uten plastsjikt på baksiden Tekstilbelegg med jutebakside	80
Banebelegg (vinyl, linoleum, gummi etc.) på golv med <i>golvarme</i>	75
Tregolv direkte på betong	60

2.1.2 Svenske anbefalinger

I Sverige har det de siste 20 årene pågått en omfattende forskning på området fukt i betong, og det eksisterer derfor et bredt utvalg av tidligere anbefalinger, rapporter mm. Det meste av denne forskningen har funnet sted ved Lunds Tekniske Høgskole, Avd.

Byggnadsmaterial (se www.byggnadsmaterial.lth.se). Hoveddelen av disse anbefalingene er tatt opp i et autorisasjonssystem for fuktkontrollører. Gjennom Rådet for byggkompetens (RBK) har bransjen i Sverige utviklet et autorisasjonssystem (inklusive opplæring) for personer som skal utføre fuktmålinger på betong før legging av belegg. Prosedyrer for fuktmåling i betong er gitt i (RBK, 2005), og kan lastes ned gratis fra www.rbk.nu.

En generell beskrivelse av fuktmåling i bygninger er gitt i (Nilsson m.fl., 2005).

2.1.3 Andre land

En finsk rapport, (Merikallio, 2002), oppsummerer erfaringer og usikkerheter med RF-måling i betong, og gir anbefalinger for hvordan målingene bør gjennomføres. Generelt er anbefalingene relativt like norske og svenske anbefalinger.

I England er anbefalt målemetode at man måler RF lufttømmet i en damp tett "kasse" som plasseres på betongoverflaten når man ønsker å foreta sluttkontrollen, se (BS 8203, 2001). Metoden er altså sterkt forskjellig fra borhullsmetoden, selv om man måler RF. Kritisk RF angis generelt å være 75% i forhold til denne metoden.

Den mest brukte testmetoden i USA for å måle fukt før legging av belegg er ASTM F 1869 – 04 (2004). Metoden er en avdampingsmetode basert på fuktopptak i et tørkesalt som plasseres i en tett kasse på betongoverflaten. I de siste årene har imidlertid RF-metoden blitt mer brukt, og en amerikansk standard for dette er blitt utviklet etter modell av NT Build 439 (1995); ASTM F 2170 (2002). Kanare (2005) gir en oppsummering av amerikansk praksis vedrørende fukt i betong.

2.2 Skadesaker – eksisterende prosedyrer/metoder

De fleste eksisterende prosedyrene for måling av RF i betong (f.eks. RBK-metoden) er lagd for kontroll før legging av belegg. Med mindre tilpasninger kan imidlertid disse prosedyrene tilpasses skadesituasjonen. I (Geving og Thue, 2002) er endel slike tillemper gitt. Den største forskjellen går på valg av målested og måledybde. Eksempelvis er det ofte aktuelt å måle mellom belegg og betong, eller å måle en profil over betonggolvet.

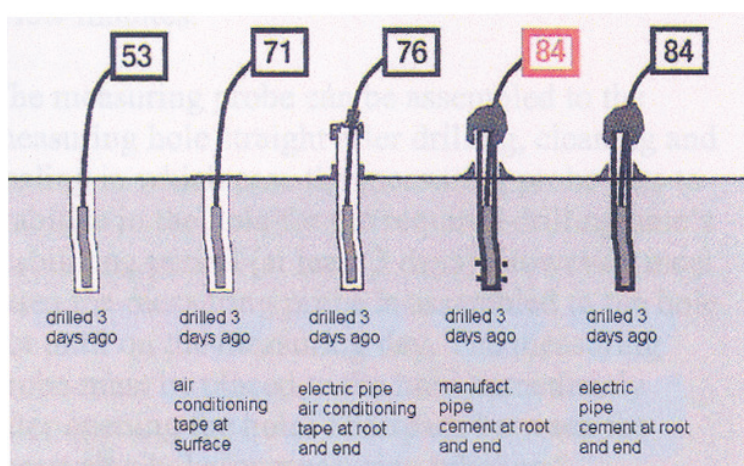
3 RF-måling i betong ved borhullsmetoden

3.1 Generelt

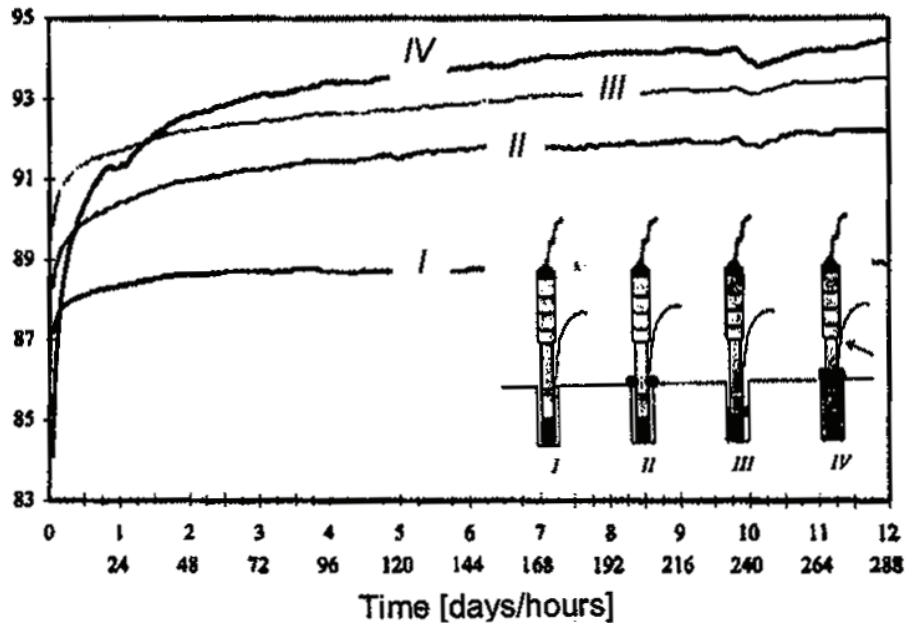
Måling av RF etter borhullsmetoden er den dominerende måten for å måle fukt i betonggolv i Skandinavia nå – og trolig også i fremtiden. Det er imidlertid mange usikkerheter forbundet med denne metoden, og noen av disse usikkerhetene er omtalt og vurdert i de følgende underkapitlene.

3.2 Borhull – utforming og forsegling

Merikallio (2002) fremhever viktigheten av å benytte målesylinder tilpasset borhull og sensor slik at målearealet kun blir i bunnen av hullet, og man dermed får en klart definert måledybde. Videre fremheves viktigheten av forsegling av hull/sylinder og at bruk av f.eks. elektrisk tape ikke er godt nok, se eksempel i Figur 3.2.1. Se også noen svenske måleresultater vist i Figur 3.2.2.



Figur 3.2.1
Effekt av forskjellig forsegling og bruk av målesylinder på målt RF (Merikallio, 2002).



Figur 3.2.2

Effekt av forskjellig forsegling og bruk av målesylinder på målt RF (Nilsson, 2005). (I = ingen tetting, II = tetting med tettemasse mellom sensorrør og betongoverflate, III = tetting nede i borhull rett ovenfor målesensor og IV = bruk av målerør slik at sensor måler i bunn av borhull og tetting mellom sensorrør, målesylinder og betongoverflate.

3.3 Måledybder

Under uttørkingen av betongen skjer uttørkingen først ved overflaten(e), mens man fremdeles har høyt fuktinnhold i bunnen (evt. midten) av konstruksjonen. Når golvbelegget påføres vil imidlertid fukten etter en tid omfordele seg, slik at det blir fuktigst rett under belegget. Prinsippet er således at det skal måles i en ekvivalent dybde som har samme RF, som man vil få rett under belegget etter at fukten i konstruksjonen er omfordelt.

Anbefalinger iht RBK-metoden (RBK, 2005) er gitt i Tabell 3.3.1. I SINTEF Byggforsks interne rutine, (Geving, 2001) gis de samme anbefalingene som i Tabell 3.3.1. Ett avvik er imidlertid at man her anbefaler at man inkluderer avrettningsmassen i tykkelsen H og måledybde d. For hulldekker angir RBK-metoden (RBK, 2005) måledybde $0,2H$ målt midt mellom kanalene, og at det bør måles ved endene av hulldekkeelementene siden det trolig er fuktigst her (på grunn av overhøyde på midten av elementet vil fukt i kanalene tendere til å renne til sidene).

I (Merikallio, 2002) gis stort sett de samme anbefalingene som i Tabell 3.3.1. Følgende avvik/tilføyelser nevnes:

- I tillegg til måling på ekvivalent dybde (hhv. $0,2$ og $0,4$ x tykkelsen) anbefales det å måle i overflaten (0-10 mm) for å sikre at overflaten har kapasitet til å ta imot limets fukt. I tillegg anbefales det å måle i dybde ca 20-30 mm. Sistnevnte måling er for å sikre at oppfukting av overflaten går sakte etter at belegget er lagt, og kravet er her $RF < 75\%$.
- Hulldekker med påstøp, to måledybder som begge sammenholdes med $RF_{kritisk}$:
 - $0,5$ x tykkelse påstøp
 - 20 mm ned i hulldekket (mellom kanal), maks dybde 70 mm fra overkant påstøp.

- Påstøp på isolasjon på bærekonstruksjon av betong:
 - Bærekonstruksjonen måles i dybde ca. 50 mm (krav: under 90% før overkonstruksjon legges).
 - Påstøp måles i dybde $0,4 \times$ påstøpens tykkelse (krav: under $RF_{kritisk}$ før belegg legges).
- Tosidig uttørking - gjenstående forskaling av betong for mellombjelkelag: $d = 0.2 \times H$ (uavhengig av forskalingens v/c-tall)
- Ensidig uttørking - voter/plateforsterkninger i golv på grunnen: $d = 0.4 \cdot (H+L)$, hvis bredden av voten er større enn H. Ellers ingen krav.

Tab 3.3.1

Anbefalte måledybder (d) ved sluttkontroll før legging av tett belegg ihht iht RBK-metoden (RBK, 2005).

Konstruksjon	Måledybde (fra oversiden)	Kommentarer
Tosidig uttørking - vanlig mellombjelkelag	$d = 0.2 \cdot H$	
Tosidig uttørking - gjenstående forskaling av betong for mellombjelkelag	$d = 0.25 \cdot H$ $d = 0.2 \cdot H$	Hvis betongformen har lavere v/c-tall enn påstøpet. Hvis ikke.
Ensidig uttørking - golv på grunnen, eller støp mot gjensittende stålformer.	$d = 0.4 \cdot H$	
Ensidig uttørking - voter/plateforsterkninger i golv på grunnen	$d = 0.4 \cdot (H+L)$ $d = 0.5-0.6 \cdot H$ $d = 0.4 \cdot H$	Ved voter støpt i ett med selve betongplata. Hvis voten er smal og med en bredde som nærmer seg tykkelsen av betongplata H. Dersom selve forsterkningen utføres med lavt v/c-tall, og således skilles fra betongplata (som utføres med normal betong) med en støpeskjøt.

* H er betonglagets tykkelse, eksklusiv eventuell avretningsmasse og eksklusive eventuelle voter/forsterkninger. L er tykkelsen av voter/forsterkninger, eksklusiv betongplatens tykkelse. Måledypet regnes fra undersiden av eventuell avretningsmasse.

De generelle anbefalingene på måledybder $d = 0,2 H$ eller $0,4 H$ for hhv to-sidig og ensidig uttørking, er basert på uttørkingsberegninger i (Nilsson, 1979). Der fikk man en ekvivalent måledybde mellom $0,3-0,42 H$ for ensidig uttørking. "Korrekt" ekvivalent beregnet måledyp har vist seg å være avhengig av bl.a. materialets sorpsjonskurve (inkl. hysteres) og hvilket fuktnivå man ønsker å oppnå (f.eks. 90 eller 85% RF). Beregningene i Nilsson (1979) ble gjort kun for en betongkvalitet (K25), og et ønsket fuktnivå på 90% RF. Slike beregninger vil også være avhengige av beleggets damptetthet mm, dvs om forutsetningene om en/to-sidig uttørking er riktige.

I (WSP Environmental, 2004) er fuktprofiler for 50 mm avretningsmasser (både normal- og hurtigtørkende) undersøkt. Ut fra disse målingene anbefales det at en ekvivalent måledybde settes til min $0,5x$ tykkelsen.

For betong med lavt v/c-tall vil ikke overflatefukt (fra nedbør, lekkasjer) trenge langt ned i betongen, og det er derfor ikke gitt at en måling i ekvivalent dybde fanger opp en slik oppfukning (RBK, 2005).

3.4 Effekt av betongtype og v/c-tall

Damp tettheten, og dermed uttørkingshastigheten, til betong øker med alderen. For å oppnå rask uttørking er det derfor viktig å starte styrt uttørking så tidlig som mulig (RBK, 2005). Betongen må likevel gis tilstrekkelig fuktherdning for å oppnå tilsiktet kvalitet. Det er teknisk sett ”motstridende interesser” å oppnå rask uttørking og gi betongen gode herdevilkår.

Betong med lavt v/c-tall er relativt vanntett, og vil derfor være mindre utsatt for oppfukning fra nedbør i uttørkingfasen (RBK, 2005).

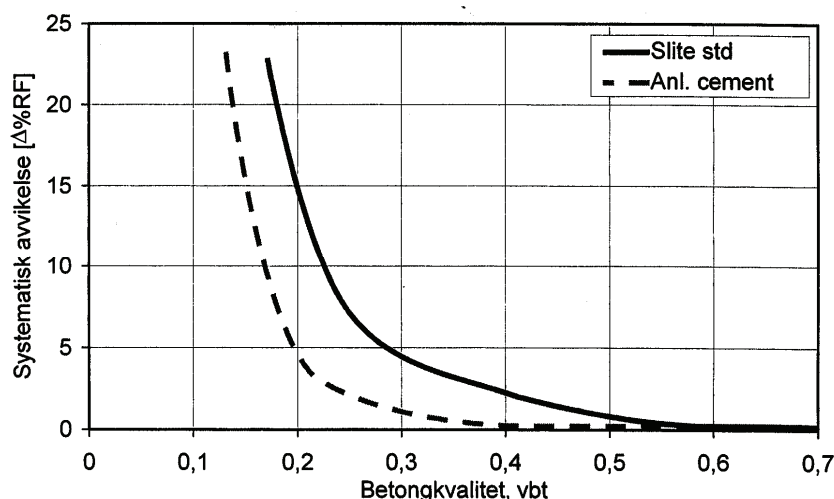
Fuktmåling i betong med lavt v/c-tall er beheftet med større måleusikkerhet enn ved vanlig måling. Dette skyldes den høye damp tettheten og det lave fuktinnholdet. Avdunstningen i borhullet er mindre slik at det tar lang tid før likevekt oppnås, eventuelle utettheter i borhullet får større betydning, avdunstingsarealet får stor betydning etc (RBK, 2005).

Hedenblad og Janz (1994) hevder at mengden alkalier i porevæsken påvirker målt RF. Om mengden fukt i kg/m^3 er den samme for to betongtyper, som bortsett fra alkaliinnholdet er like, så er målt RF høyere for betongen med lavest alkaliinnhold. En forklaring er at den alkaliske porevæsken danner en saltløsning med metnings-RF som er lavere enn over rent vann. Betong med lavt v/c-tall inneholder mer alkalier i porevæsken enn vanlig betong, forutsatt at samme sementtype brukes. Dette skyldes at mengden sement øker mens mengden porevann er uforandret eller lavere. Dermed øker alkalikonsentrasjonen. En del av den oppmålte selvuttørkingseffekten skyldes trolig ”alkaliefekten”. En diskusjon rundt dette er også gitt i (Johansen, 2005). ”Alkaliefekten” er illustrert i Tabell 3.4.1 og Figur 3.4.1. Hvis man forutsetter at det er mengden fukt i væskefasen som avgjør kritisk fukttilstand, betyr det eksempelvis at betong med lavt v/c-tall bør ha lavere kritisk RF enn betong med høyt v/c-tall. Ved måling av RF i overflaten kan det f.eks. være aktuelt å ta hensyn til at betongen eventuelt er karbonatisert og dermed har fått et lavere alkalieinnhold.

Tabell 3.4.1

”Alkaliefektens” påvirkning på målt RF (teoretisk). For en svensk Slite Std-cement uten silika-tilsetning tilsvarer 85% og 95% RF hos et fiktivt alkalifritt porevann følgende RF-verdier i det virkelige porevannet (Hedenblad, 1995).

v/c-tall	RF 90% (alkalifritt)	RF 85% (alkalifritt)
0,7	90 (med alkalier)	85 (med alkalier)
0,6	90 (med alkalier)	85 (med alkalier)
0,5	89 (med alkalier)	84 (med alkalier)
0,4	88 (med alkalier)	83 (med alkalier)
0,37	87,5 (med alkalier)	82,5 (med alkalier)

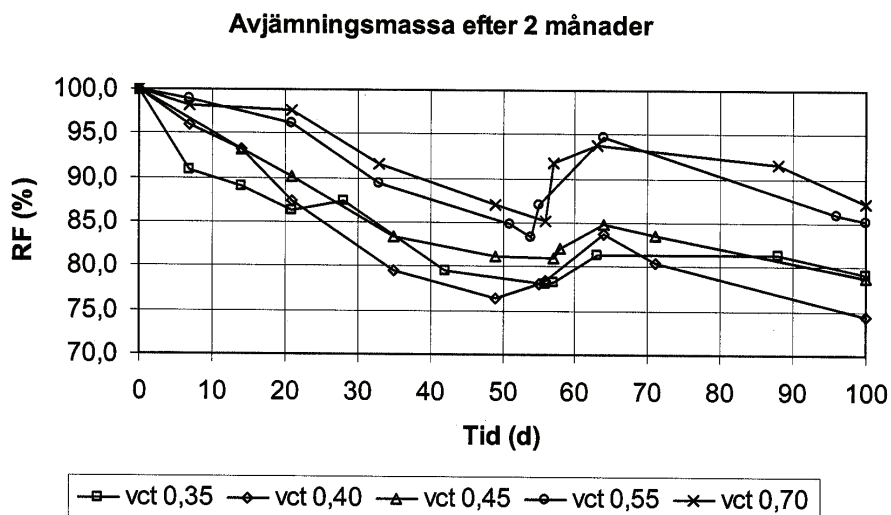


Figur 3.4.1

Avvik mellom målt og reell RF (teoretisk) forårsaket av varierende betongkvalitet. Figuren er hentet fra (Sjøberg, 1998) og er basert på teoretiske verdier fra (Hedenblad og Janz, 1994).

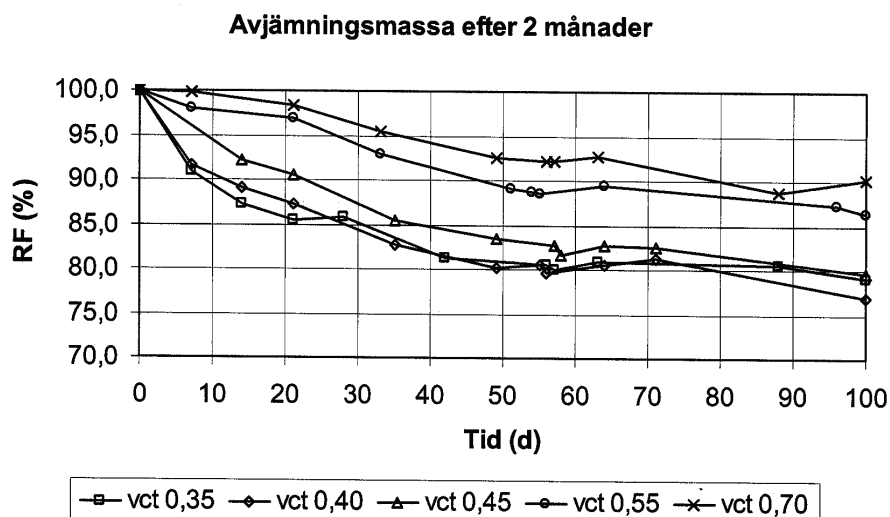
3.5 Effekt av avretningsmasse

I (Abrahamsson og Tammo, 2003) er det gjort laboratoriemålinger rundt betydning av avretningsmassen. Ved 15 mm dybde i betongen fikk man en umiddelbar økning i RF etter påføring av avretningsmasse, mens RF i dybde 48 mm ikke ble påvirket. For vct 0,55 og 0,7 økte RF med ca 2 % ved 15 mm måledybde når avretningsmassen ble lagt etter 1 måned. For v/c-tall 0,4 og 0,45 skjedde ingen økning av RF men uttørkingen bremsset noe rett etter at avretningsmassen ble lagt. For v/c-tall 0,35 hadde det ingen innvirkning på RF. Når avretningsmassen ble lagt etter 2 måneder fikk man noe større økning i RF, trolig fordi betongen var blitt tørrere og drivkreftene dermed var blitt større. Se Figur 3.5.1 og 3.5.2. Lignende konklusjoner kom man til i (Johansson, 2005).



Figur 3.5.1

Effekt av påføring av avretningsmasse etter 2 måneders uttørking. Måledybde 15 mm i 120 mm tykk betong med ensidig uttørking. Tørreklime 5 °C, 80 % RF (1. måned) og 20 °C, 60% RF deretter (Abrahamsson og Tammo, 2003).



Figur 3.5.2

Effekt av påføring av avretningsmasse etter 2 måneders uttørking. Måledybde 48 mm i 120 mm tykk betong med ensidig uttørking. Tørkeklima 5 °C, 80 % RF (1. måned) og 20 °C, 60% RF deretter (Abrahamsson og Tammo, 2003).

3.6 Effekt av golvvarme

I RBK (2005) anbefales det at man ikke benytter borhullsmetoden på golv med golvvarme, men heller tar meisler ut prøvestykker (se kap 4.1) og får en fuktprofil gjennom golvet. Prøvene tas midt mellom varmekablene, og det forutsettes at golvvarmen står på. Måling på plassen (borhullsmetoden) er for usikker blant annet pga temperaturvariasjoner over døgnet, og at kablene gir en annen uttørkingsprofil enn uten kabler (dvs. ”riktig” måledybde kan skille seg fra de anbefalte ekvivalente måledybdene i kap 3.3).

I (Sjøberg, 2002) gis til dels tilsvarende anbefaling som ovenfor, under forutsetning av at varmerørene ligger i nedre halvdel av betongen. Det er imidlertid tilstrekkelig at prøven tas ut på vanlig ekvivalent dybde (0,4 x H). De uttatte prøvene måles i laboratorium ved +20 °C, og korrigeres etterpå for evt høyere driftstemperatur ihht Figur 3.7.2 eller Figur 3.7.3. Dersom varmerørene ligger i øvre halvdel av betongen risikerer man imidlertid å undervurdere maksimal RF i limsjikt etter omfordeling, og Sjøberg (2002) kan derfor ikke gi noen klar anbefaling for dette tilfellet.

Effekt av golvvarme, både mhp måling, uttørking, fuktfordeling mm, er undersøkt ved beregninger og tildels målinger i (Sjøberg, 2002), (Mattson, 2001) og (Persson, 2006). (Sjøberg, 2002) mener blant annet at den forhøyede RF ved limsjikt etter legging av belegget i forhold til målt RF i ekvivalent dybde, trolig ikke er så stor som det har vært vanlig å anta. En forhøyet RF i størrelsesorden 1 % RF antydes. Dette gjelder imidlertid for varmerør plassert i nedre del av betongen. Hvis varmerørene er plassert i øvre del er risikoen større for ytterligere forhøyet maksimal RF.

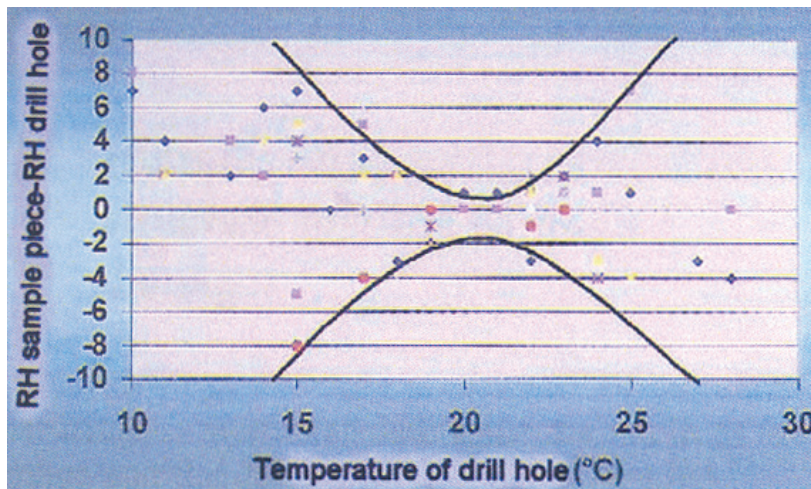
3.7 Effekt av temperatur

3.7.1 Temperaturforskjell måletidspunkt/bruksfase

Når betongens temperatur stiger øker betongens RF, dvs. det motsatte av hva som skjer når man hever luftas temperatur uten å tilføre fuktighet. Når temperaturen stiger vil vann som er fysisk bundet til betongens poreoverflater fordampe (sorpsjonsisotermen ”synker”) og dermed øker poreluftas fuktinnhold. Denne økningen i fuktinnhold overstyrer den generelle senkningen av RF man får i et lukket luftrom, og sluttresultatet blir altså at RF øker. Fenomenet avhenger bl.a. av porestrukturen, hydratiseringsnivå, v/c-tall, alder og fuktnivå.

For borhullsmålinger av RF for å avgjøre om belegg kan legges (sluttmåling) er det vanlig å kreve at temperaturen ved måletidspunktet må være innenfor ca ± 5 °C av senere brukstemperatur. Målefeilen er da vanligvis mellom ca ± 0 -5 % RF. Utenfor dette temperaturområdet blir målefeilen helt ukontrollerbar (Merikallio, 2002). Se Figur 3.7.1.

Innenfor intervallet på ± 5 °C av senere brukstemperatur bør det utføres temperaturkorrigeringer. Et korreksjonsdiagram er vist i Figur 3.7.2, basert på målinger gitt i (Nilsson, 1987). En nyere undersøkelse verifiserer til dels dette diagrammet, men viser også en klar forskjell mellom forskjellige v/c-tall (Sjøberg m.fl., 2002), se Figur 3.7.3. En utvidet undersøkelse for et større temperaturspenn er gjort i (Fredin og Skoog, 2005), se Figur 3.7.4.



Figur 3.7.1

Temperatureffekt på målt RF i betong. Det er vist forskjell mellom borhullsmåling (målt ved varierende temperatur) og uttatt prøve (målt ved 20 °C). (Merikallio, 2002).

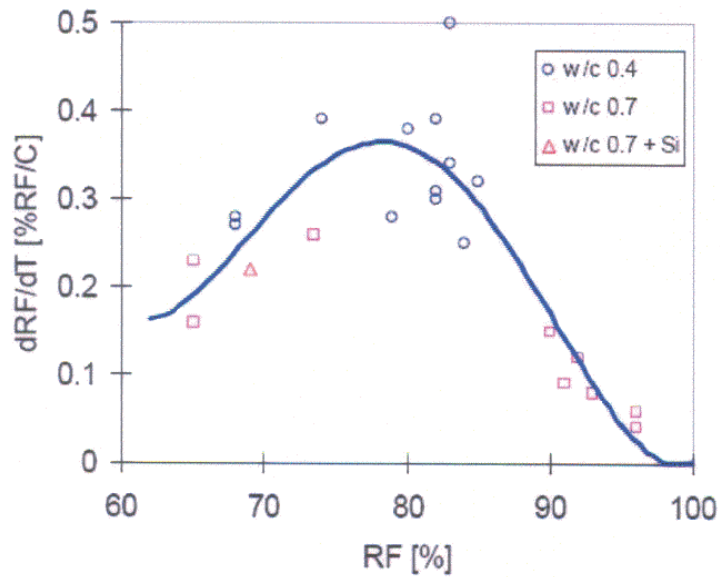


Fig. 3.7.2

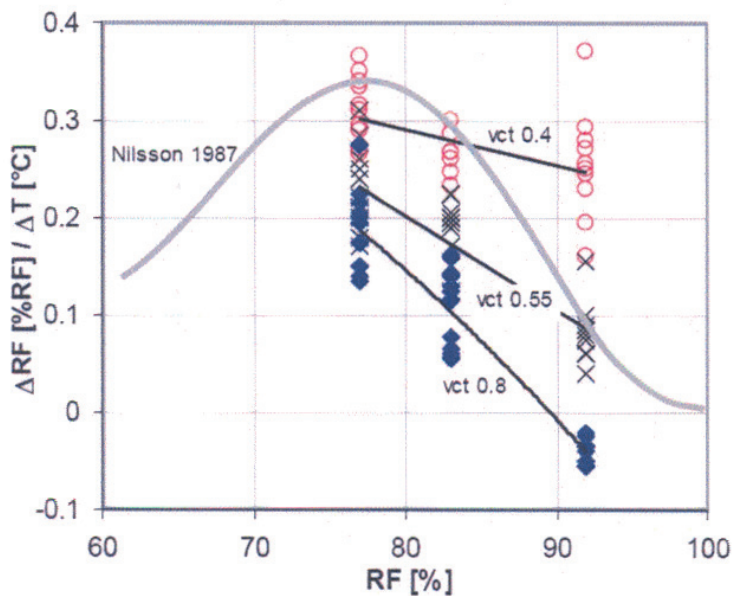
Korreksjonsdiagram for temperaturforskjeller mellom måletidspunkt og bruksfase (Nilsson, 1987).

Figuren gjelder for temperaturintervallet 5 – 25 °C for betong med v/c-tall mellom 0.4 og 0.7.

Figuren gjelder ikke for andre typer materialer.

Eksempel:

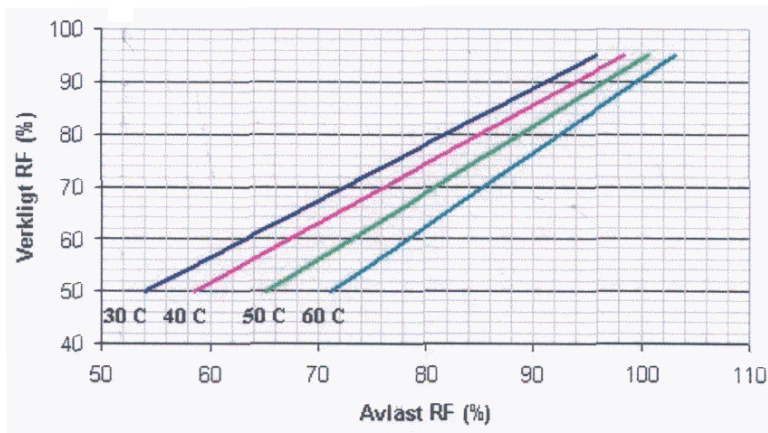
Måleresultat: 85% RF (etter kalibreringskorreksjon og evt. korreksjon for temperaturforskjell mellom sensor og betong) ved 15 °C. Avviket fra 20 °C blir 20 – 15 = 5 °C. Ved å gå inn i diagrammet ved 85%, avleses ca. 0.28 %RF/°C. RF-korreksjonen blir da en økning på 5·0.28 = 1.4%, dvs. korrigert RF-verdi blir 85+1.4 = 86.4%.



Figur 3.7.3

Korreksjonsdiagram for temperaturforskjeller mellom måletidspunkt og bruksfase. Sammenstilling

av kurve basert på (Nilsson, 1987) og målinger av (Sjøberg m.fl, 2002).



Figur 3.7.4

Korreksjonsdiagram for temperaturforskjeller måletidspunkt (30 – 60°C) og bruksfase. "Verkligt RF" = RF ved 20 °C. Fremskaffet for betong med v/c-tall 0,55. (Fredin og Skoog, 2005)

3.7.2 Temperaturforskjell mellom sensor og betong

En temperaturforskjell mellom sensor og betong på bare 1 °C vil medføre ca 5 % RF feilavlesning (kaldere sensor medfører for høy RF-verdi). Normalt skal det altså ikke måles under temperaturforhold og med sensorer som er følsomme for kuldebrovirkninger. I slike tilfeller bør man velge RF-måling på uttatte prøver (reagensglassmetoden), se kap. 4.1. Ved grunne borhullsmålinger er det likevel interessant hva som eksempelvis skjer dersom man har svingninger i romtemperaturen. Det er uavklart hvor følsom sensorer er for slik påvirkning.

3.8 Måleusikkerhet

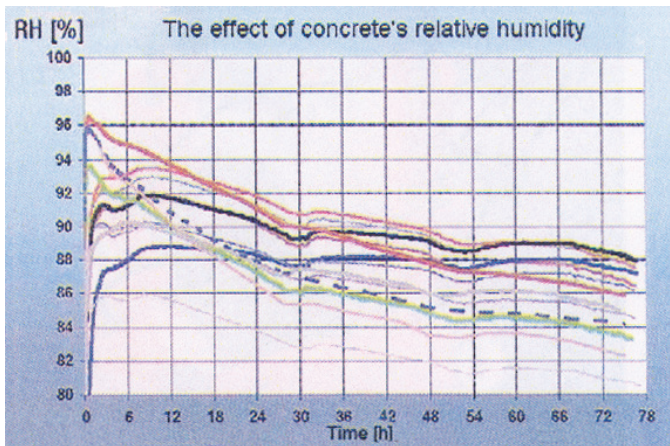
En grundig gjennomgang av måleusikkerhet ved måling av RF i betong er gitt i (Sjøberg, 1998) og (Hedenblad, 1999).

3.9 Nødvendig måletid

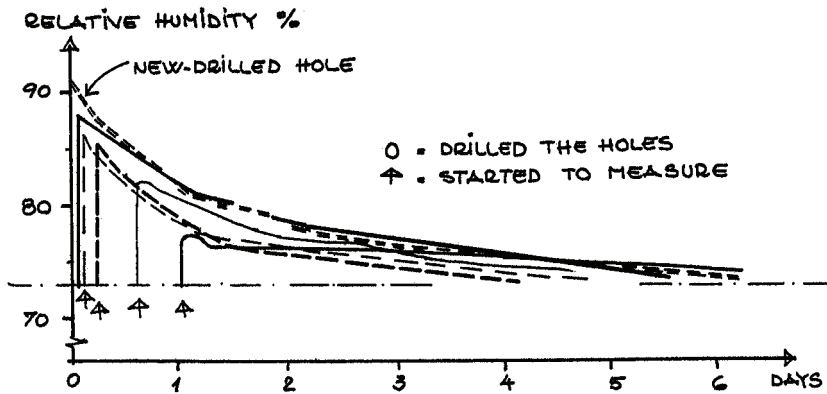
3.9.1 Etter boring

Rett etter boring vil man måle for høy RF. Det er vanlig å estimere at det tar ca 3 – 7 dager før borhullet har stabilisert seg slik at avlesning kan foretas. Jo tørrere og hardere/tettere betongen er jo større kan denne effekten bli. Se eksempel i Figur 3.9.1. I Figur 3.9.3 er det vist effekt av å montere RF-sensorer umiddelbart etter boring, sammenlignet med å montere etter hhv. en og tre dager. Vi ser at det tar ca 6 dager før sensoren som ble montert umiddelbart har nådd ned til samme verdi som de andre sensorene.

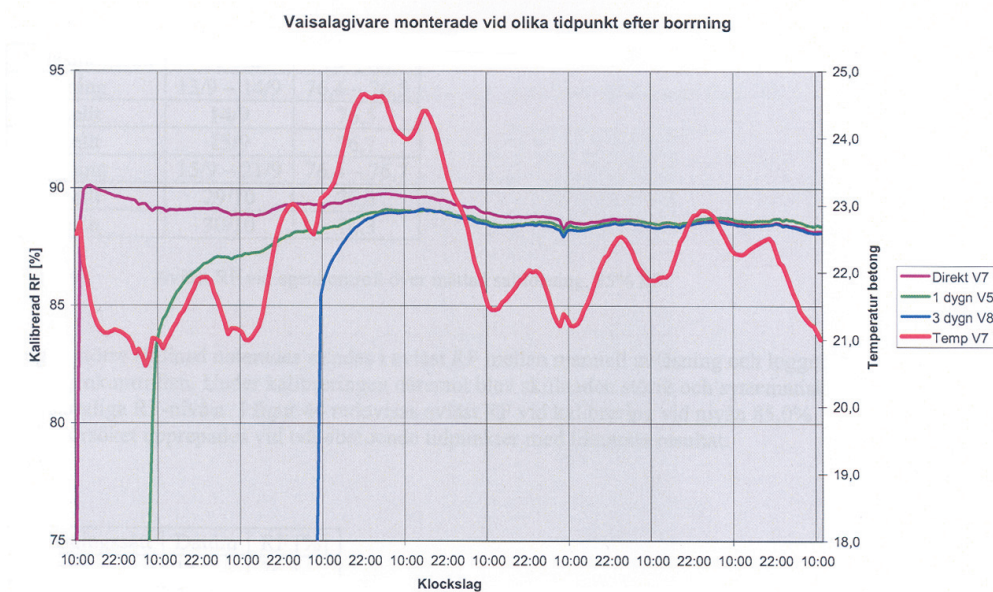
Et tilsvarende resultat finner man i (Pastrav, 1990), se Figur 3.9.2.



Figur 3.9.1
 Stabilisering av RF i borhull etter boring. Effekten av boring varierer bl.a. etter fuktnivået og betongens hardhet/tetthet. Sensorer er plassert i borhull umiddelbart etter boring (Merikallio, 2002).



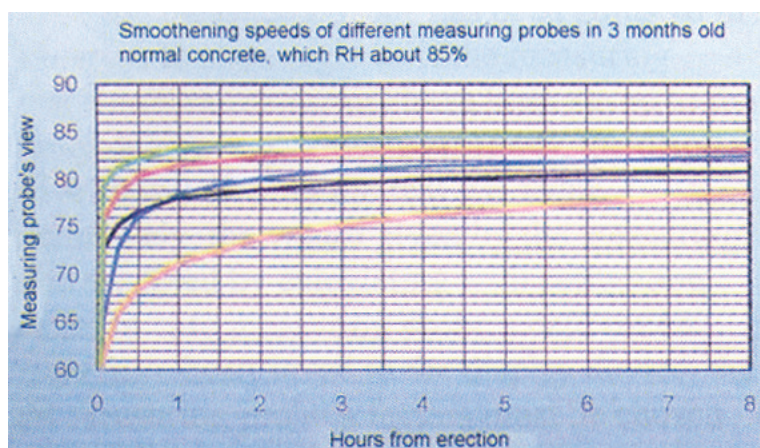
Figur 3.9.2
 Stabilisering av RF i borhull etter boring. Målinger gjort på en og samme betong, og med forskjellige starttidspunkt for montering av RF-sensor (Pastrav, 1990).



Figur 3.9.3
 RF i borhull for tre Vaisala-sensorer monteret ved forskjellige tidspunkt. "Pukkelen" etter 4 døgn skyldes forhøyd temperatur over ett døgn (Rapp, 2006).

3.9.2 Etter utplassering av sensor

Etter at sensor er plassert i borehull vil det kunne ta alt fra 1-24 timer før sensor (og luftrom) har stabilisert seg. Tiden vil være avhengig av blant annet sensortype, sensorens fuktkapasitet, fritt avdunstingsareal, betongtype (v/c-tall), fuktnivå og ønsket nøyaktighet. I RBK (2005) anbefales min 12 timer for $v/c > 0,4$ og min 48 timer for $v/c < 0,4$. Se betydning av forskjellige sensortyper i Figur 3.9.4. I Rapp (2006) rapporteres det om at 48 timer ikke alltid er tilstrekkelig for lave v/c-tall eller når betongen nærmer seg 85% RF eller lavere.



Figur 3.9.4
Stabilisering av RF i borhull for forskjellige sensortyper etter utplassering i borhull (Merikallio, 2002).

3.10 Sammenhenger målt RF og kritisk RF/fuktnivå

Det er velkjent at ved bruk av lavalkaliske avretningsmasser minsker risikoen for limnedbrytning ved høye RF-nivå. I (WSP Environmental, 2004) er dette blitt undersøkt. Det rapporteres at det ikke er blitt registrert limskader for RF under 95%.

Alkalieffekten på målt RF kan ha betydning for kritisk RF, se diskusjon i kap 3.4. I tillegg vil vanlig lim tåle høyt alkaliinnhold dårlig. Begge disse faktorene kan medføre at kritisk RF bør settes lavere for betong med lavt v/c-tall (som har relativt høye alkaliinnhold) enn for høyt v/c-tall.

Betong med lavt v/c-tall har dessuten finere porer, og dette kan teoretisk medføre porekondensasjon på overflaten (ved limsjiktet) på et lavere RF-nivå enn vanlig. Dette virker i såfall også i negativ retning for betong med lavt v/c-tall. Hvor stor betydning dette har i praksis er imidlertid usikkert. Fenomenet ble undersøkt nærmere i (Andreassen, 2003) uten at klare konklusjoner kunne trekkes. Det ble imidlertid funnet at betongprøver med v/c-tall 0,4 og 0,45 ga limnedbrytning ved lavere RF enn betong med v/c-tall på 0,6.

I (Andreassen, 2003) er det vist at impregnering av betongoverflaten kan forbedre limets holdbarhet. Den mulige effekten av vannglassbehandling mm er diskutert i (Blom m.fl., 1996).

I Norge er det for golv med golvvarme vanlig å bruke et kritisk fuktnivå på 75%. Det er imidlertid en stor grad av usikkerhet forbundet med dette nivået – trolig er det alt for

strengt, se diskusjon i kap 3.6. I Sverige har man ikke dette skillet mellom golv med og uten golvvarme, men bruker samme krav.

3.11 Instrumenttyper

En oppsummering av fordeler og ulemper med forskjellige typer RF-sensorer basert på elektriske impedansmetoder er gitt i (Nilsson m.fl., 2005). De tre hovedtypene som benyttes er:

- Kapasitive polymere RF-sensorer (mest vanlig, eks Vaisala)
- Resistive polymere RF-sensorer
- Elektrolytiske RF- sensorer (eks Humi-Guard)

Kapasitive sensorer kan trolig påvirkes av kjemikalier/avgasser. I Merikallio (2002) rapporteres det at påvirkning fra kjemikalier fra lim kan føre til stor drift i avlest RF (15% RF over en uke) i forhold til den virkelige. I (Nilsson m.fl., 2005) rapporteres at sensorene kan være følsomme for påvirkning fra polystyren, etanol, amoniakk og golvlime, og at en hastig drift på 10-20 % RF kan oppstå. Sensorene oppgis også å fungere mindre bra i korrosive miljø, samt å være følsomme for kondens.

4 Andre målemetoder/prinsipper

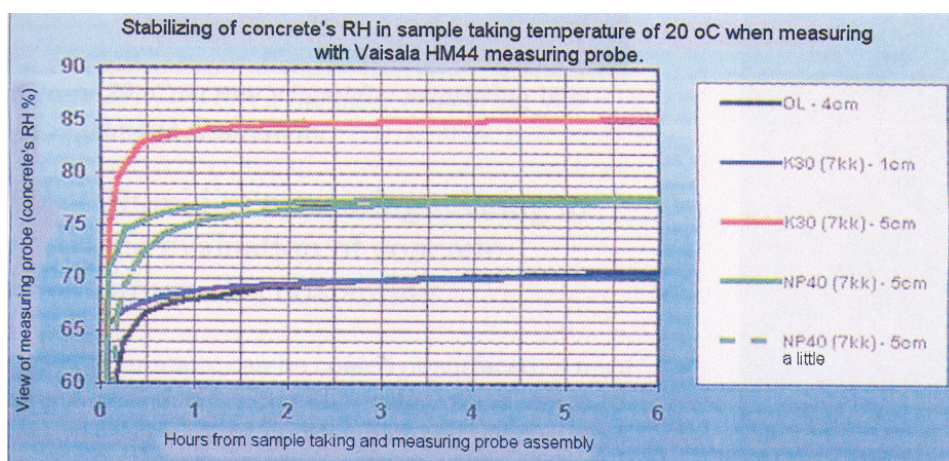
4.1 RF-måling på uttatt prøve (reagensglassmetoden)

RF-måling på prøvestykker som meisles ut og plasseres i reagensglass med en RF-sensor er ofte vurdert til å være en sikrere og mer nøyaktig metode enn borhullsmetoden. Se Geving (2001), Merikallio (2002) og RBK (2005) for nærmere beskrivelse. Metoden brukes hovedsakelig i situasjoner der resultatene ønskes raskt uten å returnere til målestedet for å leses av RF-sensorene, temperaturene varierer mye eller er for lave/høye for borhullsmetoden.

Det er flere usikkerheter forbundet også med denne metoden, bl.a. at prøvebitene ikke har blitt lagt umiddelbart i reagensrøret etter utmeisling, kondens under transport, for liten prøvemengde i reagensrøret og ikke tilstrekkelig kondisjoneringstid i laboratorium før måling foretas (eksklusive stabiliseringstid for sensor). RBK (2005) og Geving (2001) oppgir at RF-bestemmelse ikke får skje før tidligst 3 døgn etter prøvetaking (lagret ved 20 °C). Merikallio (2002) antyder at 6 timer kondisjoneringstid er tilstrekkelig for betong med $v/c > 0,5$, se Figur 4.1.1.

Hvis sensor ikke blir plassert i målesylinder umiddelbart etter ankomst laboratorium vil stabiliseringstiden til sensor ha betydning. I RBK (2005) oppgis en nødvendig stabiliseringstid etter at sensor er plassert i målesylinderen på 12 timer for $v/c > 0,4$ (48 timer for $v/c < 0,4$).

Det å ta ut prøvestykker ved boring og meisling kan være relativt arbeidskrevende. Moderne kjerneboringsutstyr som tillater boring uten vannavkjøling kan forenkle dette. Vi kjenner imidlertid ikke til undersøkelser hvor målenøyaktigheten til en slik måte å ta ut prøvestykkene på er vurdert.



Figur 4.1.1
Stabilisering av RF på uttatt prøve for forskjellige betonger. Prøvene er tatt ut ved $t = 0$ og umiddelbart plassert ved 20 °C. (Merikallio, 2002).

4.2 Kapillær metningsgrad

Kapillær metningsgrad er i mange tilfeller et hendig instrument til å vurdere fuktprofiler i betongkonstruksjoner hvor RF ligger på rundt 100%. Dersom man måler kun fuktinnholdet (i vekt%) vil variasjoner i tilslagsmengden for forskjellige prøvestykker medføre stor spredning og usikkerhet for resultatene. Ved bruk av kapillær metningsgrad vil effekten av tilslaget få liten betydning, og reelle fuktvariasjoner over et betongtverrsnitt vil lettere bli registrert. En gjennomgang av slike målinger er gitt i (Hedenblad, 1990).

5 Tidligere uttørkingsforsøk

5.1 Styrt uttørring

En av de mest omfattende sett av laboratorieforsøk vedrørende uttørkingstider er gitt i (Hedenblad, 1995). Variable i disse forsøkene var v/c-tall og ulike herdeforhold. Ut fra diagrammer i (Hedenblad, 1995) er det i (Geving og Thue, 2002) utledet en tabell med uttørkingstider, se Tabell 5.1.1.

Tab. 5.1.1

Uttørkingstid for standardtilfelle * avhengig av betongens v/c-tall ** og herdeforhold før tørkestart ***. Uttørkingstiden er regnet fra tørkestart, dvs. fra det tidspunktet betongen utsettes for styrt tørking (beskyttet fra nedbør og temperatur over 10 °C). Tabellen er utledet fra diagrammer i [Hedenblad, 1995].

	v/c-tall **	UTTØRNINGSTID (MÅNEDER)				
		Herdeforhold ***				
		I	II	III	IV	V
Uttørking til 90 % RF	0.4	0.7	0.7	0	0.2	0.2
	0.5	1.5	1.5	0.8	1.2	0.8
	0.6	2.9	2.2	1.4	2	1.1
	0.7	3.6	2.9	2.2	3	1.9
Uttørking til 85 % RF	0.4	2.2	1.5	0.6	1.3	1.3
	0.5	3.9	2.9	3.9	3.5	3.9
	0.6	6.6	4.5	5.6	4.4	5
	0.7	-	6.2	7.3	-	6

* Standardtilfelle:

- Standardsement, ikke silikastoff
- Tykkelse = 90/180 mm (en/tosidig uttørring)
- Tørkeforhold: +18 °C og 60 % RF

** v/c-tall:
 $v/c = (\text{kg vann pr m}^3 \text{ betong}) / (\text{kg sement pr m}^3 \text{ betong})$
 For betong med silikatilsetning benyttes v/b-tallet i stedet for v/c-tallet
 $v/b = (\text{kg vann pr m}^3 \text{ betong}) / (\text{kg sement og silika pr m}^3 \text{ betong})$

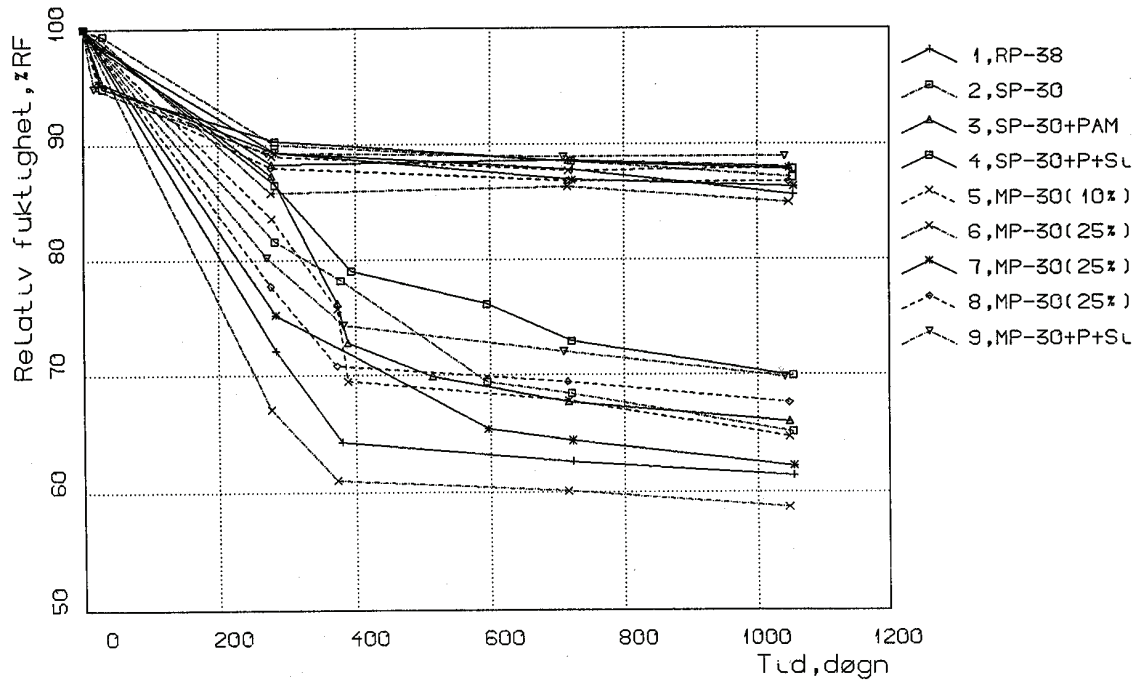
*** Herdeforhold:

- I. 4 ukers regn etter støping før tørking starter
- II. 2 ukers regn og deretter 2 uker med høy RF, før tørking starter
- III. 4 uker med høy RF før tørking starter
- IV. 2 ukers regn før tørking starter
- V. Tørring starter allerede 1 døgn etter utstøping

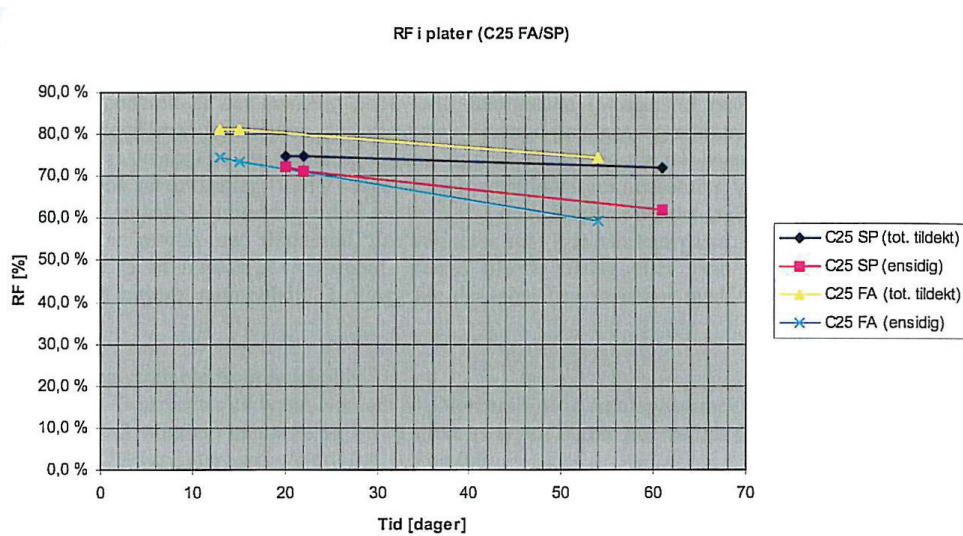
I Bakken (1989) er det vist uttørkingsforløp for forskjellige norske betongtyper, se eksempel i Figur 5.1.1. I (Vinjevoll og Nilsen, 2005) ble det gjort uttørkingsforsøk på to betongtyper, se Figur 5.1.2.

I (Bergstedt og Wiberg, 1999) er det gjort forsøk med å senke v/c-tallet gjennom å øke luftinnholdet i betongen fra normale 1-5% til rundt 10-15%, og dermed unngå problemene som oppstår med vanlig høypresterende betong med lavt v/c-tall, men beholde den gode effekten av rask uttørring. Problemene med vanlig høypresterende betong er dårlig bearbeidbarhet, høy alkalitet, behov for mer rissarmering etc.

Uttørring av hulldekker er undersøkt i laboratorieundersøkelser i (Johanssen, 2005). Man fant der generelt at hulldekkene tørket vesentlig raskere enn tilsvarende massivdekker med samme tykkelse, og raskere enn hva man teoretisk forventer. Årsaken til dette ble ikke avklart.



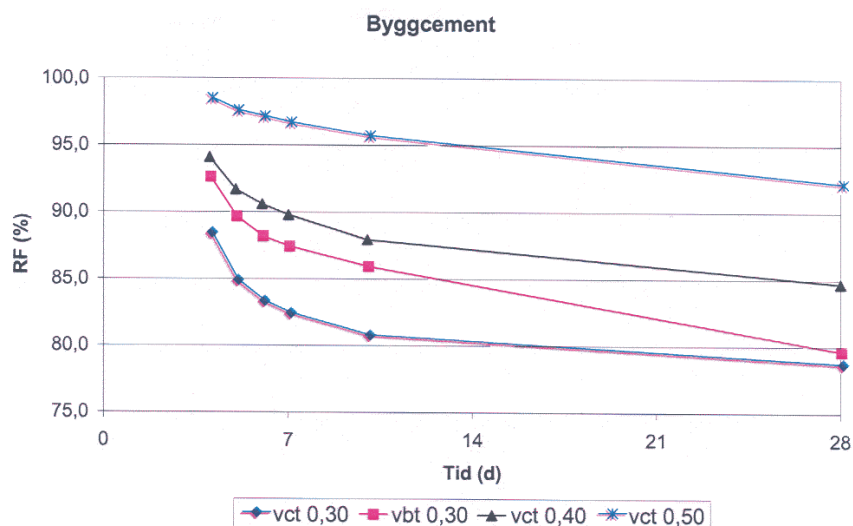
Figur 5.1.1
 Betong med ensidig uttørking (tykkelse 100 mm, måledybde 50 mm). Tørkeklima 23 °C og hhv. 50 % og 87 % RF. (Bakken, 1989). Koder: RP = Rapidsement, SP = Standard Portlandsement, PAM = superplastifiserende stoff, Si = silikastøv, (X%) = X % flyveaske.



Figur 5.1.2
 To betongtyper med hhv. ensidig uttørking og total tildekking (dvs. selvuttørking). Tykkelse betong er 100 mm og måledybde 40 mm. Tørkeklima er 20 °C og 40 % RF. SP = Norcem Standardsement Portland, v/c= 0,36, FA = Norcem Standardsement Portland med flyveaske, v/c=0,39. (Vinjevoll og Nilsen, 2005).

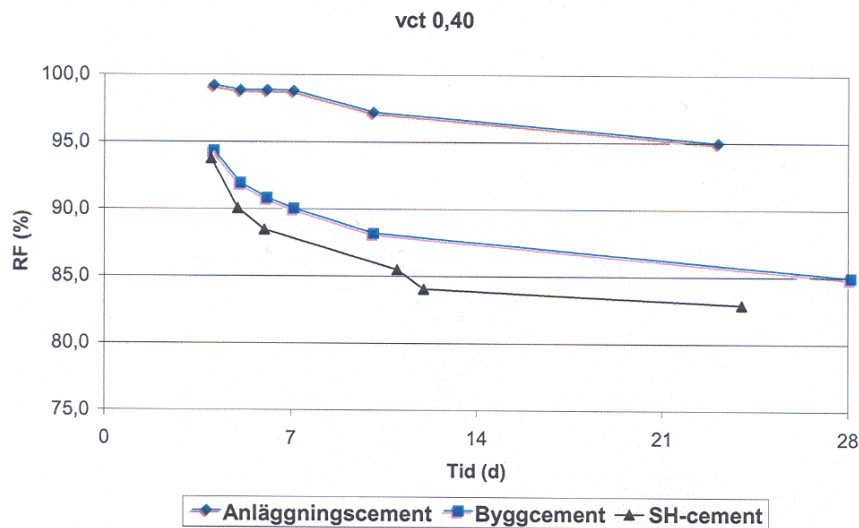
5.2 Selvuttørkingseffekten

Den såkalte selvuttørkingseffekten er undersøkt i flere studier, blant annet i (Johansson, 2005). Generelt er v/c-tallet den faktor som betyr mest (lavt v/c-tall gir størst selvuttørking), se Figur 5.2.1 Type sement kan også ha stor betydning, se Figur 5.2.2. Tilsvarende er gjort for sementpastaer for norske sementer i (Vinjevoll og Nilsen, 2005). Man fant der at Standard Portlandsement hadde vesentlig raskere uttørking de første 30 døgn, sammenlignet med Standard portlandsement med flyveaske og Anleggssement, se figur 5.2.3. Effekt av silikailsetning har vist seg å variere, fra å redusere selvuttørkingseffekten til å øke den, se f.eks. Figur 5.2.2. I følge (Johansson, 2005) kan denne reduserte selvuttørkingseffekten ha sammenheng med mengden løselig alkali i sementen, dvs at for sement med liten mengde løselig alkali (f.eks. lavalkalisk og sulfatresistant Portlandsement) får man en bedret selvuttørkingseffekt ved å tilsette silika, mens man for mer høyalkaliske sementer (f.eks. Portland Limestone sement og standard Portland sement) får en senket selvuttørkingseffekt. I (Vinjevoll og Nilsen, 2005) rapporteres det også om negativ effekt på selvuttørkingen ved å tillsette silika. I følge (Hedenblad, 1995) har man imidlertid hovedsakelig positiv innvirkning av å tilsette silikastoff, se Figur 5.2.4.

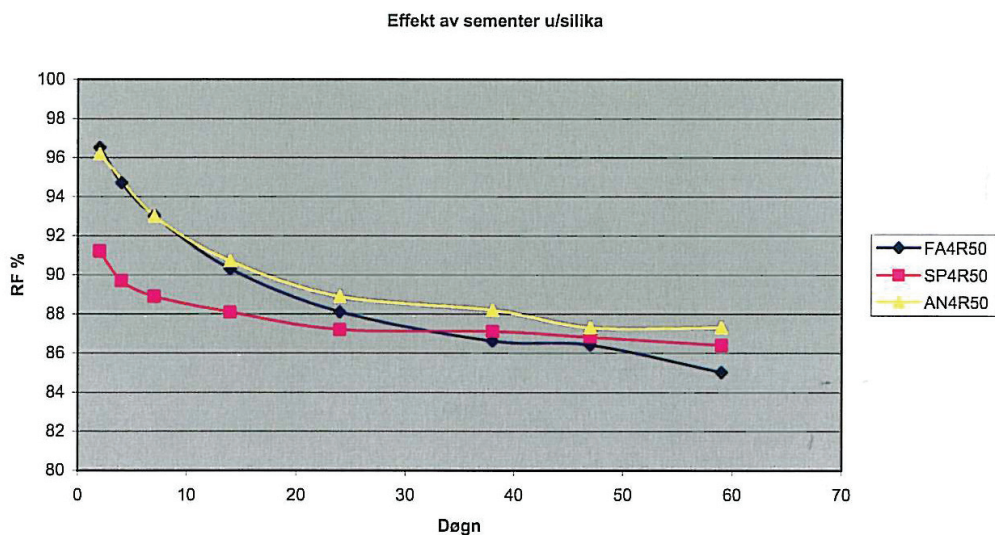


Figur 5.2.1

Selvuttørkingseffekt avhengig av v/c-tall og silikastoff (Johanssen, 2005). Vbt 0,30 inneholder 10% silikastoff mens resten ikke inneholder silika. Uttørkingen skjer i en helt lukket metallboks.



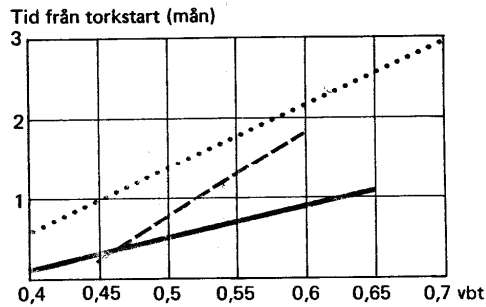
Figur 5.2.2
Selvuttørkingseffekt avhengig av sementtype (Johanssen, 2005). Uttørkingen skjer i en helt lukket metallboks. Anlægningscement = lavalkalisk og sulfatresistant Portlandsement, Byggsement = Portland Limestone sement og SH-sement = hurtigherdende Portland sement).



Figur 5.2.3
Selvuttørkingseffekt for sementpasta avhengig av sementtype (Vinjevoll og Nilsen, 2005). Uttørkingen skjer i en tett glasskolbe. SP = Norcem Standardsement Portland, FA = Norcem Standardsement Portland med flyveaske, AN= Anleggssement, v/c=0,4. (Vinjevoll og Nilsen, 2005).

- Slite Std-cement; olika mängd silikastoft.
- 180 mm tjocklek; dubbelsidig uttorkning.
- Typfall a; (2 veckors regn + 2 veckor med hög RF).
- Torkning i +18 °C och 60 % RF.

..... 0% Silikastoft
 - - - - - 5% Silikastoft
 - - - - - 10% Silikastoft

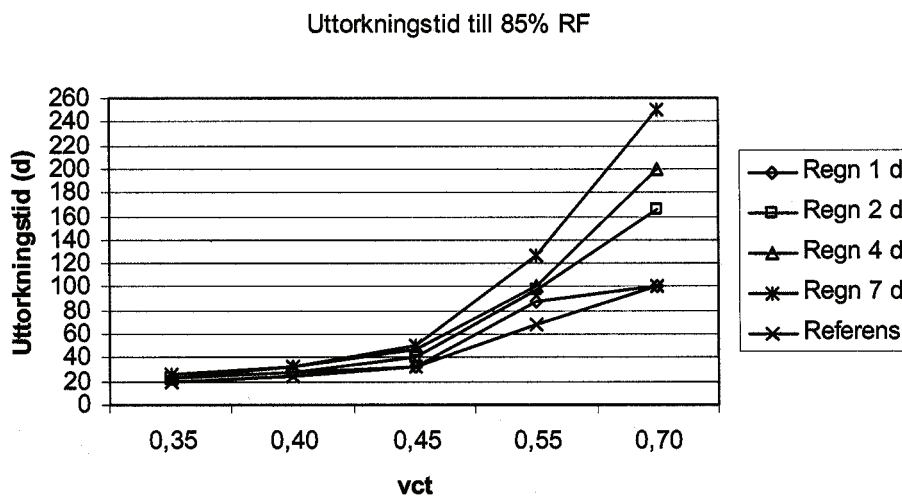


Figur 5.2.4

Betydning på uttorkningstiden (ned till 90% RF) av å tilsette silikastoff (Hedenblad, 1995):

5.3 Effekt av herdetiltak og nedbør

I (Abrahamsson og Tammo, 2003) er det gjort laboratoriemålinger som viser hvor stor effekt regn (dvs. vannfilm) umiddelbart de første dagene etter støping har. Ved eksempelvis 2-4 dagers nedbør forlenges uttorkningstiden ned til 85 % RF fra 2 uker til ca 3 måneder for hhv v/c-tall 0,45 og 0,7. Konklusjonen er at effekten er liten for betong med lavt v/c-tall og stor for betong med høyt v/c-tall, samt at varigheten av nedbøren også kan ha stor betydning. Dersom betongen skal tørke helt ned til 85 % RF har varigheten av dette spesielt stor betydning, se Figur 5.3.1.



Figur 5.3.1

Uttorkningstid ned til 85% RF, avhengig av regnpåvirkning i dagene rett etter utstøping samt v/c-tall. Måledybde 48 mm i 120 mm betong med ensidig uttøking. Tørkeklime 5 °C, 80 % RF (1. måned) og 20 °C, 60% RF deretter (Abrahamsson og Tammo, 2003).

Ved membranherdning er det i (Abrahamsson og Tammo, 2003) funnet at varigheten av membranherdningen har betydning for uttorkningstiden. Sammenligninger ble gjort mellom membranherdning i 1 døgn kontra 14 døgn. For betong med høyt v/c-tall medførte dette en forsinkelse i uttøkingen tilsvarende ca den ekstra tiden membranherdningen fungerte, og noe mindre forsinkelse med lavt v/c-tall.

6 Referanser

- Abrahamsen, A. og Tammo, K. 2003. *Innverkan av regn och avjämningsmassa på uttorkning av betong*. Examensarbete TVBM-5053, Lunds Tekniska Högskole, Lund.
- Andreassen, M. 2003. *Alkalisk nedbrytning av lim under tette golvbelegg*. Hovedoppgave, Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU, Trondheim.
- ASTM F 1869 – 04, 2004. *Standard test method for measuring moisture vapor emmission rate of concrete floor slabs using anhydrous calcium chloride*, American society for testing and materials, Pennsylvania.
- ASTM F 2170. 2002. *Standard test method for determining relative humidity in concrete floor slabs using in situ probes*. American society for testing and materials, Pennsylvania.
- Bakken, B. 1989. *Måling av relativ fuktighet. Instrumenter og metoder. Måling i betongvarianter*. Prosjektrapport 44, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo.
- Blom m.fl. 1996. *Betong i bygninger – konsekvenser for inneklime*. Forprosjekt. Prosjektrapport 193. Norges byggforskningsinstitutt, Oslo.
- Bergstedt, G. og Wiberg, M. 1999. *Effektiv betong for småhusproduksjon – betong med høgt luftinnehåll for platta på mark*. Examensarbete nr 292, Avd Byggnadsteknik, KTH.
- BS 8203. 2001. *Code of practice for installation of resilient floor coverings*. British Standard.
- Fredin, H. og Skoog, H. 2005. *Fuktmåtning i betong. Temperatureffekter samt korrigeringsförfarande vid RF-måtning*. Rapport TVBM-5057, Lunds tekniska högskola, Lund.
- Geving, S. 2001. *Rutine ved NBI – Måling av relativ fuktighet i betong (versjon 1)*. Rapport nr. E8646, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo.
- Geving, S. 2001. *Rutine ved NBI – Måling av relativ fuktighet i betong. Versjon 1, 02.01.2001*. Rapport nr E8646, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo.
- Geving, S. og Thue, J.V. 2002. *Håndbok 50 – Fukt i bygninger*. Norges byggforskningsinstitutt, Oslo.
- Hedenblad, G. 1990. *Kapillær måtningsgrad – et verktyg för noggrann bestämning av fuktinnehåll i betong*. Rapport TVBM-5057, Lunds Tekniske Högskole, Lund.
- Hedenblad, G. 1995. *Uttorkning av byggfukt i betong. Torktider och fuktmåtning*. Rapport T12, Byggforskningsrådet, Sverige.
- Hedenblad, G. 1998. *Jamförelse mellan uppmätta uttorkningstider och uttorkningstider beraknade med Torka-S 1.0*. Rapport TVBM-7133, Lunds tekniske Högskole, Lund.

- Hedenblad, G. 1999. *Mätosakerhetsberäkningar för relativ fuktighet i betong*. Manual for RBK, Sveriges byggindustrier.
- Hedenblad, G. og J. Arfvidsson. 1988. *Datorprogrammet TorkaS för bedömning av ekonomisk betongkvalitetet ur uttorkningssynpunkt. Teori*. Rapport TVBM-7132. Avd. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniske Høgskole, Lund.
- Hedenblad, G. og Janz, M. 1994. *Inverkan av alkali på uppmätt RH i betong*. Rapport TVBM-3057. Lund.
- Johansson, N. 2005. *Uttorkning av betong. Inverkan av cementtyp, betongkvalitet och omgivande fuktförhållanden*. Rapport TVBM-3124, Lunds tekniske Høgskole, Lund.
- Kanare, H.M. 2005. *Concrete floors and moisture*. EB119, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, USA.
- Mattson, E. 2001. *Mätning och beräkning av uttorkningsförloppet för betongbjelklag med golvvärme*. Publikation E-01:2, Chalmers Tekniske Høgskole, Gøteborg.
- Merikallio, T. 2002. *Humidity measuring and drying estimation of concrete structures*. Helsinki.
- Nilsson, L-O. 1979. *Fuktmätning*. Rapport TVBM-3008, Avdelningen för Byggnadsmaterial, LTH, Lund.
- Nilsson, L-O. 1987. *Temperature effects in relative humidity measurements on concrete – some preliminary studies*. Nordic Symposium on Building Physics, Lund, August 1987.
- Nilsson, L-O. 2005. Foredrag holdt ved arrangement av FuktCentrum.
- Nilsson, L-O. m.fl. 2005. *Fuktmätning i bygnader. En informationsskrift*. Rapport TVBN-7188, Avd. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniske Høgskole, Lund.
- NT Build 439. 1995. *Relative humidity measured in drilled holes*. Nordtest method, Espoo, Finland.
- Pastrav, M. 1990. *Moisture and temperature measurements in concrete. Risk for misleading results when measuring in drilled holes. 2*. Symposium on Building Physics in the Nordic Countries, Trondheim, August 1990.
- Persson, B. 2006. *Fuktfördelning i betonggolv med vattenburen värme*. Rapport TVBM-7189, Lunds Tekniske Høgskole.
- Rapp, T. 2006. *RF- mätning i borrhål med lågt vct*. SBUF-projekt 11677. Sveriges Byggindustrier.
- RBK. 2005. *Manual. Fuktmätning i betong*. (Se <http://www.rbk.nu>), Sveriges Byggindustrier. Sverige.

Sjøberg, A. 1998. *Måtosakerhet vid fuktmätning i betong med kapasitive fuktgivere . en bedömning av faktorer som påvirker osäkerheten samt hur de kan minskas*. Publikation P-98:1 Arb nr 594, Chalmers Tekniske Høgskole, Gøteborg.

Sjøberg, A. m.fl. 2002. *Fuktmätning i betonggolv med golvvarme. Etapp 1: Förstudie*. Publikation P-02:1, Chalmers Tekniske Høgskole, Gøteborg.

Thue, J.V., Uvsløkk, S. m.fl. *Sluttseminar for Strategisk institutprogram: Fukt i materialer og konstruksjoner*. (se foredrag Bakken, B. Fuktmålinger i praksis. Erfaringer.). Prosjektrapport 231. Norges byggforskningsinstitutt, Oslo.

Vinjevoll, H. og E.A.M. Nilsen. 2005. *Fukt i golvørtel*. Masteroppgave, Institutt for konstruksjonsteknikk, NTNU, Trondheim.

WSP Environmental. 2004. *Fuktsäkerhet vid limning på lågalkalisk avjamning*. SBUF-projekt nr 11427, Sveriges Byggindustrier.

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

SINTEF Byggforsk er det tredje største byggforskningsinstituttet i Europa. Vi har rom både for store forskningssatsinger og for tett oppfølging av de mange små bedriftene. Vårt mål er bedre produktivitet og økt kvalitet i det bygde miljø.

SINTEF Byggforsk er Norges ledende formidler av forskningsbasert kunnskap til byggenæringen. Våre publikasjoner inneholder tilrettelagte erfaringer og resultater fra praksis og forskning. Vi utgir Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.

