



# GBR Branschstandard

## **Bestämning av relativ fuktighet, RF i golvavjämning**

Metod utvecklad av Golvbranschen, GBR

Utgåva 2:2017

## Bakgrund

Fuktfrågan är för byggbranschen en stor angelägenhet. Att på ett enkelt och tillförlitligt sätt kunna säkerställa en byggnadsdels eller enskilt materials fuktstatus under byggprocessen är väsentligt för att kunna säkerställa byggnadens långsiktiga funktion. Det finns en standardiserad metod för att mäta fukt i betong. Något som saknats och efterfrågats är en metod för fuktmätning i golvavjämning. Mot bakgrund av detta initierades ett projekt med finansiering av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF, för att utreda och föreslå en lämplig metod. I projektet undersöktes ett flertal olika provningsmetoder som då förekom på marknaden, för att kunna bestämma vilken eller vilka som var bäst lämpade för bestämning av relativ fuktighet, RF, i golvavjämning. (Projektet finns presenterat som en SBUF-rapport, med SBUF-projekt nr: 11791.)

En slutsats som kan dras utifrån projektet var att den bäst lämpade metoden var den i vilket ett prov tas ut över hela golvavjämningens tjocklek med en 35 mm borrhärla. Det uttagna provet krossas sedan och därefter bestäms RF i laboratoriemiljö.

Golvbranschen, GBR, är en rikstäckande branschorganisation som representerar Sveriges främsta företag med golv som verksamhetsområde. GBR arbetar med information, forskning och utbildning och behandlar branschgemensamma frågeställningar och projekt. I organisationen finns både golventreprenörer och golvleverantörer representerade.

Bland golvleverantörerna i GBR finns landets ledande leverantörer av golvavjämning. De har testat och vidareutvecklat den metod som föreslogs i ovan nämnda SBUF-projekt och tagit fram rutiner och dokumentation för att underlätta för verksamma fuktkontrollanter och tydliggöra hur bestämning av RF i golvavjämning praktiskt ska gå till.

Vid framtagning av dokumentation för metoden har mallar för fuktmätning i betong legat till grund, utformade av Rådet för byggkompetens, RBK. Detta eftersom mätmetoden riktar sig till samma målgrupp som mäter fukt i betong och för att användaren ska känna igen sig och endast behöva hantera *ett* system.

Golvbranschen, GBR, står bakom denna mätmetod och rekommenderar den som standard vid fuktmätning i golvavjämningssystem.

Aktuell utgåva är andra versionen av standarden. Den första versionen gavs ut år 2010.

### **Golvbranschen, GBR**

Folkungagatan 122  
116 30 Stockholm

**TELEFON:** 08-702 30 90

**E-POST:** [info@golvbranschen.se](mailto:info@golvbranschen.se)

[www.golvbranschen.se](http://www.golvbranschen.se)

## **Tack!**

GBR vill rikta ett stort tack till Anders Anderberg, som varit en drivande kraft i att ta fram rutiner och dokumentation för metoden. Tack även till Rådet för byggkompetens, RBK, som generöst har ställt sitt material till förfogande.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b> .....	<b>2</b>
1.1	Förutsättningar .....	2
1.2	Översikt över mätmetod .....	2
1.3	Mätprogram .....	3
<b>2</b>	<b>UTTAGNING, KROSSNING OCH TRANSPORT AV PROV</b> .....	<b>3</b>
2.1	Förberedelser .....	3
2.2	Rutin för uttagning av prov med hjälp av borrhjälper .....	4
2.3	Krossning av uttaget prov .....	5
2.4	Transport av prover .....	6
2.5	Felkällor speciella för detta moment .....	6
<b>3</b>	<b>RUTIN FÖR BESTÄMNING AV RF PÅ UTTAGET PROV</b> .....	<b>7</b>
3.1	Kalibrering och egenkontroll .....	7
3.2	Allmänt om avläsning/RF-bestämning .....	7
3.3	Kapacitativa givare - Testo® .....	7
3.4	Kapacitiv givare Vaisala .....	10
<b>4</b>	<b>BERÄKNING AV KORREKTION OCH MÄTOSÄKERHET</b> .....	<b>12</b>
4.1	Beräkning och redovisning av korrektion .....	12
4.2	Rutin för mätosäkerhet utanför kalibreringsintervall .....	14
4.3	Rutin för beräkning av mätosäkerhet inom kalibreringsintervall .....	15
<b>5</b>	<b>REDOVISNING OCH DOKUMENTATION</b> .....	<b>20</b>
5.1	Rimlighetsbedömning .....	20
<b>6</b>	<b>REFERENSER</b> .....	<b>20</b>

## BILAGOR

- Bilaga 1 Bildserie – uttag av prov
- Bilaga 2 Försättsblad
- Bilaga 3 Mätprotokoll – uttag av prov
- Bilaga 4 Mätprotokoll – avläsning av RF
- Bilaga 5 Osäkerhetsberäkning
- Bilaga 6 Avvikelsesrapport
- Bilaga 7 Rimlighetsbedömning

# 1 Inledning

## 1.1 Förutsättningar

Följande mätmetod är avsedd för mätning av relativ fuktighet, RF i cementbaserad och kalciumsulfatbaserad golvavjämning av olika tjocklekar. Vid skiktjocklekar över 100 mm kan av praktiska skäl även borrhålmätning för betong enligt aktuell RBK-manual användas. Mätning kan ske när golvavjämningen är under uttorkning och vid kontroll av RF efter ytbeläggning.

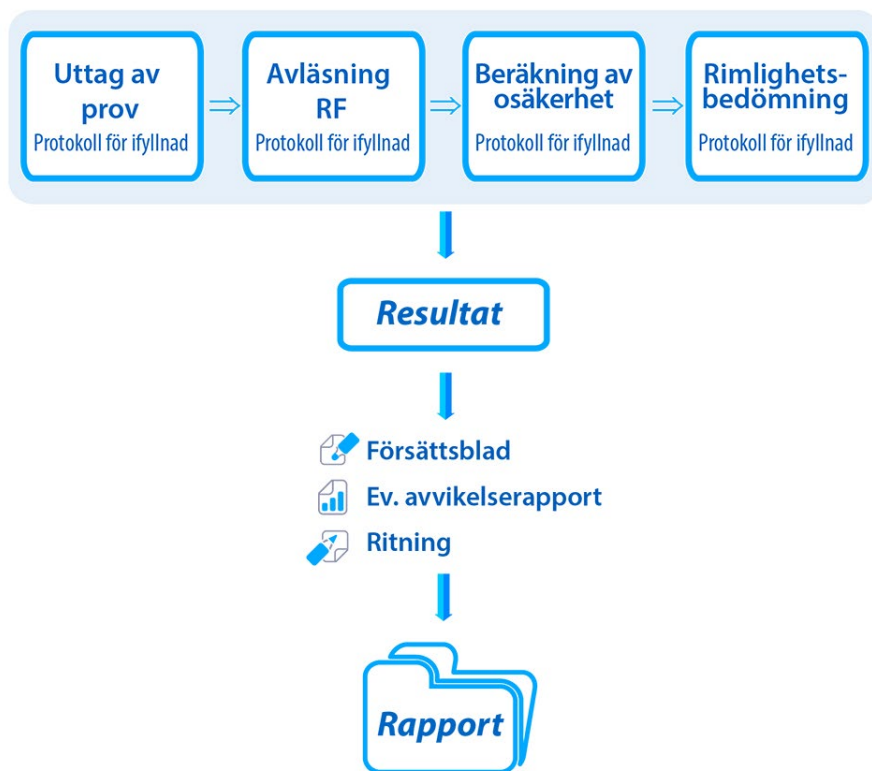
Den eller de personer som utför de olika momenten som ingår i mätrutinen ska vara väl förtrogen med mätmetoden.

Observera att vid användning av så kallad självtorkande golvavjämning<sup>1</sup> kan ytbeläggning ske redan inom ett par dagar. Funktionen bygger på att en viss kemisk uttorkning samt ytavdunstning för att ge yttorrhet sker före ytbeläggningen. Efter den tidiga ytbeläggningen fortgår den kemiska uttorkningen och därmed uttorkningsprocessen. Fuktmätning i tidigt skede av självtorkande golvavjämning ger därför inte relevanta mätvärden.

Kan fuktutbyte ske mellan golvavjämning och underlag måste även underlaget tas i beaktning vid utvärdering av hela golvkonstruktionens fuktillstånd.

## 1.2 Översikt över mätmetod

Nedanstående figur illustrerar de olika momenten i metoden. För varje moment finns ett förklarande kapitel. De protokoll som ska fyllas i, återfinns som bilagor till denna metod.



<sup>1</sup> För information om vilka golvavjämningar som är normaltorkande/självtorkande se [www.golvbranschen.se](http://www.golvbranschen.se)

Slutvärdet för mätningen (avläst värde samt korrigeringar och mätosäkerhet) jämförs med uttorkningskrav för aktuell golvyta. Rapporteringen av mätningen ska omfatta försättsblad, ovanstående protokoll, ritning med mätpunkterna utmärkta, samt en rimlighetsbedömning, se vidare under *kapitel 5*. Samtlig dokumentation ska arkiveras i minst 10 år.

### 1.3 Mätprogram

Val av mätpunkter görs alltid utefter aktuella förutsättningar. En rimlig provplan kan vara en mätpunkt per lägenhet där läggningsetapper utgörs av enskilda lägenheter eller per våningsplan i flerbostadshus, dvs. en mätpunkt per ca. 300 m<sup>2</sup>. Har golvavjämning utförts även i våtrum bör en extra mätpunkt tas i våtrum enligt ovan. Vid avjämning av större ytor på platsgjuten betong eller prefabricerade bjälklag är en mätpunkt per ca. 500 m<sup>2</sup> lämplig.

Vid val av mätpunkt ska eftersträvas att välja plats där torktiden är dimensionerande för aktuell yta. Dimensionerande plats är vanligtvis där skiktjockleken är som störst och golvytan som kallast.

Notera i provprotokollet om provpunkt valts på plats där vattenbegjutning misstänkts uppkommit efter läggning av golvavjämning genom läckage etc. Detta för att underlätta utvärdering av mätresultat.

## 2 Uttagning, krossning och transport av prov

I detta kapitel beskrivs rutiner för uttagning av prov samt för transport av prov till laboratorium. Innan en RF-mätning utförs bör förutsättningarna beskrivna i *kapitel 1.1* vara uppfyllda. Innan uttagning av prover påbörjas ska också rutinerna beskrivna i denna mätmetod noga studeras. Observera att krossning av provkropp kan ske både i fält och i laboratorium och att transport av prov alltid ska ske enligt *kap 2.4* nedan.

### 2.1 Förberedelser

Provbehållare med förslutning, exempelvis provrör, samt transportbehållare, anpassade till förutsättningarna (med hänsyn till kornstorlek, provmängd m.m.) ska användas.

*Utrustning:*

- Skyddsutrustning (skyddsglasögon, hörselskydd, andningsmask, skyddshandskar, skor med skyddståhätta)
- Borrmaskin
- Borrstativ som passar till bormaskinen, med tillräcklig slaglängd, alternativt bormall för styrning av borkrona.
- Kärnborr med 35 ± 3 mm innerdiameter
  - Innerhöjden bör vara sådan att borret kan rymma hela borkärnan
- Dammsugare med god sugförmåga, eller likvärdigt för borttagning av borkkax<sup>2</sup> i borrhål
- Provbehållare med tillräcklig volym samt förslutning till provbehållare
- Transportbehållare som kan förslutas
  - För att minimera risken för kondens bör ett material med låg värmeledningsförmåga väljas
- Skjutmått eller likvärdigt för bestämning av skiktjocklek
- Yttermometer eller likvärdigt

<sup>2</sup> Damm som uppstår vid borring.

- Hammare, mejsel och tång för att lösgöra borrhärnan
- Vattenfast markeringspenna
- Plastpåse

Provbehållare och förslutning kan köpas från labbgrossist. Där är det ofta även möjligt att beställa håltagning för givaren i de gummipluggar som används till provrör vid RF-bestämning.

## **2.2 Rutin för uttagning av prov med hjälp av borrhärna**

### **2.2.1 Inför borrhärning**

*Kontrollera följande punkter innan borrhärning:*

1. Uttagning av prover ska dokumenteras i det mätprotokoll som används vid RF-bestämningen. Mätpunkterna ska numreras och placering ska anges på ritning som bifogas mätprotokollet. För att få tillräckligt med material ska en minst 15 mm tjock kärna urborras.
2. Uttagning av prov kan ske vid godtycklig temperatur så länge som övriga krav i denna mättrutin beaktas.

Vid golvvärme märks punkt för provtagning ut vid appliceringen av golvvävjämningen, alternativt kan värmekamera användas för att i efterhand lokalisera var värmerör eller slingor är belägna. I armerad golvvävjämning används lämpligen metalldetektor för att undvika borrhärning i armeringen.

Om det vid borrhärning görs åverkan på underliggande plastfolie, luftspaltbildande matta eller ljudisolering är det viktigt att säkerställa att dessa åtgärdas enligt anvisningar från leverantören av respektive produkt. Eventuell åverkan meddelas beställaren och noteras alltid som en kommentar i mätprotokollet.

### **2.2.2 Borrhärning**

Borrhärning sker utan styrborrhär genom hela skiktet av golvvävjämning. Vid borrhärning i golvvävjämning höjs temperaturen tillfälligt hos både borrhären och borrhärprovet. Eftersom en för stor uppvärmning av borrhärprovet kan ge ett felaktigt resultat är det mycket viktigt att värmealstringen minimeras under borrhärningen. Dessutom fastnar borrhären lättare om det blir för varmt eftersom det då expanderar. Borrhärens kvalitet, precisionen vid borrhärning, effektiv dammsugning, minimal borrhärstid i kombination med ett lagom tryck på borrhären är faktorer som alla påverkar värmealstringen.

*Följande beaktas vid borrhärning:*

1. Tid mellan kärnborrhärens påbörjande till dess att kärnan frigjorts och ligger i provbehållare alternativt plastpåse ska maximalt vara 40 sekunder, plus 20 sekunder per 10 mm tjocklek. Exempel, maximal tid för en 35 mm golvvävjämning är 40 sekunder plus 70 sekunder, dvs. 1 minut och 50 sekunder.
2. För att minska risken för kondens är det viktigt att provbehållaren/plastpåsen är varm när provmaterialet placeras i denna. Förvärm gärna provbehållaren/plastpåsen med händerna innan borrhärning påbörjas och placera sedan provbehållaren/plastpåsen på ett underlag med låg värmeledning, exempelvis isolering. Alternativt kan provbehållaren/plastpåsen förvaras i innerfickan.  
Om kondens uppstår ska provet kasseras.
3. Borrhärning sker för uttag av borrhärkärna för hela golvvävjämningens tjocklek. Borrhärning sker utan styrborrhär och utan användning av kylvatten, s k torrborrhärning. Använd borrhärstativ eller borrhärmall för att styra borrhären. För försiktigt ner borrhären mot avjämningen. Använd lagom med kraft vid borrhärning. Dammsugning sker parallellt med borrhärning för att avlägsna borrhärkaxet och minimera borrhärens och borrhärprovets temperatur. Lyft gärna upp borrhären ca. var 20:e sekund. Avbryt när borrhären nått underliggande skikt.

4. Dammsug hålet före lösgörning av material. Borrkärnan knäcks loss med mejsel eller likvärdigt. Använd vid behov tång för att få upp materialet ur borrhålet. Avlägsna eventuella rester av underlaget från borrkärnan.
5. Materialet placeras omedelbart i plastpåse om krossning ska ske på plats eller provbehållare om krossning sker i lab. Knip omedelbart ihop påsens öppning med handen för att minimera fuktutbytet med omgivningen. Mät borrkärnans ytemperatur mitt på sidan av borrkärnan medan kärnan fortfarande ligger i påsen. Om kärnan har en ytemperatur under 35 °C noteras denna i mätprotokollet för uttagning av prov. Om ytemperaturen överstiger 35 °C förkastas borrhålet.
6. Kontrollera att det inte sitter rester av golvväning i borrhålet. Om hela borrkärnan inte kunde tas ur hålet rekommenderas att ett nytt prov tas, alternativt att en kommentar görs i mätprotokollet att del av kärnan saknas i provvolymen. Korrektion görs sedan vid beräkning av slutvärdet enligt rutin för osäkerhetsberäkning. Exempelvis kan detta ske om brottet vid knäckning av borrkärnan till hälften skedde några mm ovan underliggande material och denna del av kärnan sedan inte kunde tas ur hålet.
7. Mät golvväningsskiktets tjocklek med skjutmått.
8. Märk provbehållaren med samma märkning som i protokollet och märk ut mätpunkten på ritning.
9. Notera övriga efterfrågade uppgifter i protokollet såsom tidpunkt, antal provbehållare (om fler än en), eventuella avvikelser och andra kommentarer.
10. Om krossning av provkroppen ej sker direkt efter uttag av provet ska provkroppen förvaras i provbehållare fram till krossning sker.

## **2.3 Krossning av uttaget prov**

Krossning av prov kan ske antingen direkt på provtagningsplatsen eller på annan plats som exempelvis där RF-bestämning sker.

### **2.3.1 Inför krossning**

*För krossning av prov behövs följande:*

- Hammare
- Underlagsskiva
- Plastpåse, för att förhindra spridning av material samt minimera fuktutbyte med omgivningen
- Tratt eller likvärdigt, som hjälpmedel vid placering av krossat material i provbehållare
- Provrör med storlek anpassad till provmängd samt förslutning. Provröret ska fyllas till mellan hälften och två tredjedelar.

### **2.3.2 Krossning**

*Följande beaktas vid krossning:*

1. Tid från påbörjad krossning till placering i provbehållare får ej överstiga 90 sekunder. Efter krossning får kornstorleken högst vara 10 mm, definierat som att allt material ska kunna passera en 10 mm sikt.
2. Krossning sker på underlagsskiva. För att förhindra spridning av material och fuktavgång krossas provet i en plastpåse. Se till att påsen är försluten (förslagsvis med handen) tills krossningen är avslutad.
3. Placera påsen med provmaterialet på underlagsskivan. Krossa provet genom att knacka med hammaren till avsedd kornstorlek uppnås.



4. Håll omedelbart ner allt provmaterial, från både plastpåsen samt större partiklar från underlagsplattan, i provröret. Får allt material inte plats i ett provrör kan materialet placeras i två eller flera provrör, max fyra, för att sedan meddelas (fördelas representativt mellan provrören) i laboratoriet. Används fler än ett provrör noteras detta som en kommentar i mätprotokollet.
5. Tänk på att provrör som fuktmätning sker i ska vara fyllda till mellan hälften och två tredjedelar.
6. Förslut provrören.
7. Märk provet enligt protokoll och benämning på ritning. Varje individuellt provrör ska märkas.

## **2.4 Transport av prover**

Beakta att prov ska skyddas mot temperaturvariationer under transport och lagring. Transport av provet ska ske på ett sådant sätt att risk för kondensutfällning i provbehållaren på grund av temperaturvariationer elimineras.

Vid mottagningskontroll undersöks tecken på kondens, läckage etc. Om så föreligger kasseras provet.

Kopia av uttagningsprotokollet ska skickas med till laboratoriet eftersom detta behövs för att kunna beräkna mätosäkerheten.

## **2.5 Felkällor speciella för detta moment**

*Följande felkällor har identifierats:*

- Hela avjämnings tjacklek har inte tagits ut för RF-bestämning.
- Material har förlorats vid borring eller krossning
- Läckande eller trasig provbehållare
- Svett droppar i provhålet vid urtagning av provbitar
- Materialet har inte omedelbart lagts i provbehållaren
- Hantering eller transport av prover som medför att kondens uppstår i provbehållaren
- För liten provvolym
- Fördelning av provmängden över flera provbehållare har inte gjorts representativt

### 3 Rutin för bestämning av RF på uttaget prov

RF-bestämning kan göras på olika sätt. I detta kapitel beskrivs metod för de enligt denna mät rutin godkända givare från *Testo*<sup>®</sup> och *Vaisala*.

Provrör och förslutning (plugg) kan köpas från labbgrossist. Där är det ofta även möjligt att beställa håltagning för givaren i de gummipluggar som används vid RF-bestämning. Provrör och förslutning får inte vara hygroskopiska, dvs. fuktupptagande.

RF-mätningen sker i laboratoriemiljö där man kan eliminera felorsaker såsom större temperaturvariationer. Mätningen sker på prover i provrör och RF bestäms enligt följande rutin. Bestämning av RF får ske vid temperatur mellan 15 och 25 °C.

Vid ankomst till laboratoriet inspekteras provet – kontroll görs avseende tecken på kondens, trasig/läckande provbehållare, ej tättslutande/fastsittande plugg. Om något av detta föreligger kasseras provet. Provet ska under 24 timmar konditioneras i samma klimatrum eller klimatskåp som RF-mätningen äger rum. Tid för start av konditioneringen noteras i protokollet.

#### 3.1 Kalibrering och egenkontroll

Givare med tillhörande avläsningsinstrument ska kalibreras i intervallet 75–95 % RF och kalibreringskurva ska användas vid avläsning för korrigerig av avläst värde. Kalibrering ska utföras minst en gång per år. Kalibrering ska ske vid 75, 85, 90 och 95 % RF och betraktas som linjära mellan kalibreringspunkterna. Kalibrering kan även ske vid lägre RF-värden än 75 %. Dock får stegen mellan varje kalibreringspunkt vara max 10 procentenheter för att de nya punkterna ska kunna inkluderas i mätosäkerhetsintervallet.

Kalibrering och översyn av instrumenten ska ske hos part som har rutin och vana av kalibrering av aktuell mätutrustning och som har spårbarhet avseende RF.

Egenkontroll av givare ska utföras regelbundet och när den så påvisar ska ny kalibrering utföras. För givare accepteras en drift på  $\pm 1,0$  procentenhet RF.

Datum för senaste kalibrering och egenkontroll av givare noteras i mätprotokollet.

För vidare rutiner kring kalibrering och egenkontroll hänvisas till aktuell version av RBKs manual *Fuktmätning i betong*. Hänvisningen gäller såväl allmänna rutiner som specifika rutiner för givare enligt nedan.

#### 3.2 Allmänt om avläsning/RF-bestämning

RF-bestämning ska vara slutförd inom tio dygn efter provtagningen och protokollföras i mätprotokoll. Vid kondens i provbehållaren kasseras provet. Om kondens uppstår på givaren måste den genomgå egenkontroll före fortsatt användning.

Eftersom provmängden kan variera väsentligt beroende på skiktjocklek finns rekommendationer då allt provmaterial inte får plats i en provbehållare, se 2.3.2. Slutvärde avseende RF från de olika provrören får inte avvika från varandra med mer än 1 procentenhet för att osäkerheten för parametern ska kunna sättas till 0 % RF, se rutin för osäkerhetsberäkning.

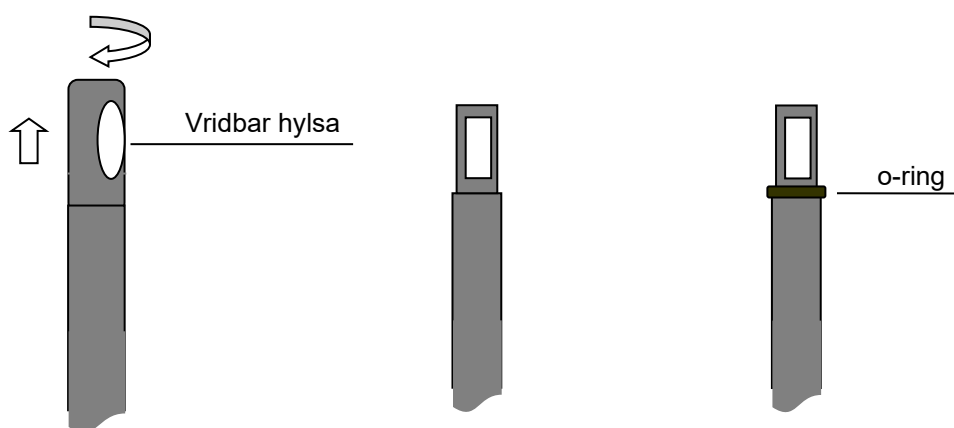
#### 3.3 Kapacitativa givare - Testo<sup>®</sup>

Dessa givare bygger på en kapacitiv mätprincip. RF-sensorn, Testo, är tillverkad av ett hygroskopiskt material. Kapacitansen ökar starkt med ökande fuktinnehåll. Givare 605-H1 har inbyggd skärm där RF, temperatur och dagpunkt presenteras. Givare 0636.9769 kopplas till avläsningsinstrumentet Testo 635 där RF, temperatur och dagpunkt presenteras.

RF-bestämning ska ske med kapacitiv givare av fabrikatet Testo. Givare 605-H1 med inbyggd skärm eller givare 0636.9769 med tillhörande avläsningsinstrument, Testo 635, ska användas i kombination med tillhörande förbrukningsmaterial.

Till förbrukningsmaterial räknas bland annat dammskyddet på givaren. Kontakta Testos representant för aktuell information om dammskydd.

Vid mätning ska den vridbara hylsan i änden av 605-H1 tas bort, vridas till halvöppet läge och sedan dras av. Därefter skall o-ringen rullas på/monteras enligt bild nedan. En ny oanvänd o-ring ska monteras vid varje mättillfälle. Hylsan ska återmonteras mellan mätningar som sensorskydd. *Se Fig. 1.*



Figur 1. Principfigur för demontering av hylsan på Testo 605-H1 samt placering av o-ring

### 3.3.1 Kalibrering och egenkontroll specifikt för Testo

Egenkontroll av givare ska utföras regelbundet och när den så påvisar ska ny kalibrering utföras. Vid kalibrering och egenkontroll ska avläsning av RF och temperatur, efter det att givare och fuktalstraren stabiliserats (jämvikt ska uppnås), utföras 5–10 sekunder efter det att instrumentets strömbrytare sätts på. Därefter ska instrumentet stängas av till nästa avläsning.

### 3.3.2 Montage av givare, jämviktning och avläsning

1. Om dammskydd används kontrolleras dessa så att de inte är nedsmutsade eller skadade då de i så fall ska rengöras eller bytas ut. Vid byte av smutsigt eller skadat dammskydd på givare 605-H1 ska ny applicering ske enligt anvisningarna ovan.
2. Kontrollera provbehållaren. Om provröret är trasigt eller gummipluggen sitter löst så kasseras provet då detta kommer att ge ett felaktigt RF-värde.
3. Gummipluggen avlägsnas och RF-givaren monteras omedelbart på provröret.
4. Tryck ned mätaren och gummipluggen så att de sluter tätt mot provröret.
5. Notera datum och klockslag i mätprotokollet avseende givarmontage.
6. Temperaturen ska dokumenteras vid RF-bestämning, antingen genom kontinuerlig avläsning av temperatur i givare eller med hjälp av temperaturlogger i nära anslutning till givaren. Denna loggning ska ligga till grund för bestämning av mätosäkerheten.

Avläsning av RF och temperatur sker sedan antingen:

- a) genom att initialt läsa av minst tre värden med en timmes intervall, därefter vänta minst 12 timmar och sedan göra ytterligare minst fyra avläsningar med en timmes mellanrum tills mätvärdet har stabiliserats och fuktjämvikt råder under fyra avläsningar i rad.

... eller:

- b) kontinuerligt under minst 12 timmar. Låt givaren stå tills mätvärdet stabiliserats och fuktjämvikt råder.

Avläsningarna ska protokollföras och protokollet ska arkiveras tillsammans med mätresultatet. Detta för att dokumentera att slutlig avläsning ej skett innan givare och prov kommit i jämvikt samt för att eventuellt läckage i tätningen ska upptäckas vilket kan ge ett sjunkande RF-värde med tiden. Om läckage uppstår ska provet kasseras då mätresultatet är felaktigt.

7. Vid avläsning, sätt på instrumentet och läs av RF och temperatur. Avläsning sker efter 5-10 sekunder, samma inställetid som använts vid kalibrering. Notera avlästa värden i protokollet samt tidpunkten då avläsningen utförs. Stäng därefter av instrumentet.
8. Efter slutlig avläsning går man in i den kalibreringskurva som gäller för använd givare med inbyggd display, eller kombination av givare och avläsningsinstrument, för att få fram kalibrerad RF. Avläst värde samt värdet framtaget med kalibreringskurvan noteras i protokollet.
9. Korrektion för att omvandla kalibrerad RF till RF vid 20,0 °C, om RF-bestämning ej utförts vid 20,0 °C, beräknas enligt rutin för *Beräkning av korrektion och osäkerhet* och noteras i protokollet, se 4.1.1.
10. Om hela kärnan inte kommit med vid uttag av prov görs korrigerig enligt 4.1.3.
11. Osäkerheten i mätningen och korrektion på grund av givarens fuktkapacitet bestäms och noteras i protokollet och varefter ett slutvärde räknas fram och noteras i kolumnen slutvärde.
12. Temperaturvariationer under RF-bestämningen, max- och mintemperatur, ska noteras i protokollet med en decimal och användas som underlag vid beräkning av osäkerheten.

### 3.3.3 Felkällor speciella för denna mätmetod

*Följande felkällor har identifierats:*

- Läckande tätning eller trasigt provrör.
- Prover som ej konditionerats tillräckligt länge, dvs. minst 24 timmar, vid en temperatur som överensstämmer med den som råder vid RF-bestämningen.
- Avslutad mätning sker senare än 10 dygn efter provtagning.
- Avläsning av RF innan givare och provmaterial kommit i jämvikt.
- Avläsning sker senare än 5-10 sekunder efter det att avläsningsinstrumentets strömbrytare sätts på.
- Läckage mellan gummiplugg och provrör eller gummiplugg och givare vid mätning.
- Givarens filter är igensatt av smuts eller bormjöl vilket påverkar mättiden.
- Givare 0636.9769 används med ett avläsningsinstrument som den ej kalibrerats tillsammans med.
- Provmaterial förloras vid krossning/neddelning på flera provrör.
- Icke representativ fördelning av provmaterial mellan provrören, då flera provrör används.
- Fuktutbyte med omgivningen vid provhantering.

## 3.4 Kapacitiv givare Vaisala

Dessa givare bygger på en kapacitiv mätprincip. RF-sensorn, Humicap®, är tillverkad av ett hygroskopiskt material. Kapacitansen ökar starkt med ökande fuktinnehåll. Givaren kopplas till ett avläsningsinstrument där RF, temperatur och daggpunkt presenteras.

RF-bestämning ska ske med kapacitiv givare av fabrikatet Vaisala enligt Vaisalas anvisningar. RF-mätningen sker i laboratoriemiljö där man kan eliminera felorsaker såsom större temperaturvariationer. Mätningen sker på golvavjämningsprover i provrör. Proverna packas upp, bereds och RF-bestäms enligt följande rutin.

### 3.4.1 Kalibrering och egenkontroll specifikt för Vaisala

Allmänna riktlinjer för kalibrering och egenkontroll ges i *kapitel 3.1*.

Om givare och instrument ska kalibreras enligt Vaisalas rutin där offset-/gain-koefficienter<sup>3</sup> lagras för specifik prob i avläsningsinstrumentets minne måste detta utföras före kalibrering. Dessa koefficienter får sedan inte ändras utan att ny kalibrering utförs och användaren måste vid varje avläsning förvissa sig om att rätt kanal används för respektive givare så att inte avläsning sker med fel offset-/gain-koefficienter.

Vid kalibrering och egenkontroll av givaren ska avläsning av RF och temperatur, efter det att givare och fuktalstrare stabiliserats (jämvikt ska uppnås), utföras inom 15 sekunder efter det att instrumentets strömbrytare sätts på. Därefter ska instrumentet stängas av till nästa avläsning.

### 3.4.2 Montage av givare, jämviktning och avläsning

*Montering, jämviktning och avläsning*

1. Kontrollera givarens filter och montera RF-givaren på provröret och kontrollera att gummipluggen inte sitter löst.
2. Se till att anslutningen mellan givare och mätbehållare blir tät.
3. Notera datum och klockslag i mätprotokollet avseende givarmontage.
4. Temperaturen ska dokumenteras med loggning vid RF-bestämning, antingen genom loggning av temperatur i givare eller med hjälp av temperaturlogger i nära anslutning till givaren. Denna loggning ska ligga till grund för bestämning av mätosäkerheten.

Avläsning av RF och temperatur sker sedan antingen:

- a) kontinuerligt genom loggning under minst 12 timmar. Låt givaren stå tills mätvärdet stabiliserats och fuktjämvikt råder.  
*...eller:*
  - b) genom att initialt läsa av minst tre värden med en timmes intervall, därefter vänta minst 12 timmar och sedan göra ytterligare minst fyra avläsningar med en timmes mellanrum tills mätvärdet har stabiliserats och fuktjämvikt råder under fyra avläsningar i rad. Anslut givarsladden till avläsningsinstrumentet om detta inte redan är utfört.
5. Om offset-/gain-koefficienter är inlagda i avläsningsinstrumentet för den givare som ska avläsas kontrolleras att rätt kanal (1-10) används på avläsningsinstrumentet för den givare som används före avläsning.

Avläsning ska utföras inom 15 sekunder efter det att instrumentets strömbrytare slås på. Efter avläsning slås instrumentet av till nästa avläsningstillfälle.

Avläsningarna ska protokollföras och protokollet ska arkiveras tillsammans med mätresultatet. Detta för att säkerställa att slutlig avläsning ej sker innan givare och prov kommit i jämvikt

<sup>3</sup> Offset- och gainkoefficienter används för justering av mätproben vid kalibrering.

samt för att eventuellt läckage i tätningen ska upptäckas vilket kan ge ett sjunkande RF-värde med tiden. Om läckage uppstår ska provet kasseras då mätresultatet är felaktigt.

6. Vissa givare kräver korrigerings efter avläsning för att få fram kalibrerad RF. Använd den kalibreringskurva som gäller för aktuell kombination av givare och avläsningsinstrument för att få fram kalibrerad RF. Avläst värde och värdet framtaget med kalibreringskurvan samt avläst temperatur noteras i protokollet.
7. Korrektion för att omvandla kalibrerad RF till RF vid 20,0 °C, om RF-bestämning inte utförts vid 20,0 °C, beräknas enligt rutin för osäkerhetsberäkning och noteras i protokollet.
8. Osäkerheten i mätningen och korrektion på grund av givarens fuktkapacitet bestäms enligt rutin för osäkerhetsberäkning och noteras i protokollet och därefter räknas det slutgiltiga mätresultatet fram och noteras i kolumnen slutvärde.
9. Givarens temperaturvariationer under RF-bestämningen, max- och mintemperatur, ska noteras i protokollet med en decimal och användas som underlag vid beräkningen av osäkerheten.

### 3.4.3 Felkällor speciella för denna mätmetod

*Följande felkällor har identifierats:*

- Läckande tätning eller trasig provbehållare.
- Provmaterial förloras vid borring, krossning och/eller neddelning.
- Fuktutbyte vid krossning och överföring av provmaterial till mätbehållare.
- Prover som inte konditionerats tillräckligt länge vid en temperatur som överensstämmer med den som råder vid RF-bestämningen.
- Avläsning av RF sker innan givare och golvavjämning kommit i jämvikt.
- Givare avläses med ett avläsningsinstrument som den inte kalibrerats ihop med.
- Fel kanal på avläsningsinstrumentet används så givare får fel offset/gain-koefficienter.
- Offset-/gain-koefficienter ändras utan att ny kalibreringskurva tas fram.
- Givarens filter är igensatt av smuts eller borrhax.
- Givarens sensor kan påverkas om den används eller lagras i närheten av polystyren, silikon, etanol eller golvlím. Detta kan orsaka drift.
- Avläsning sker senare än 15 sekunder efter det att avläsningsinstrumentets strömbrytare sätts på. Samma tid till avläsning måste användas som vid kalibreringsförfarandet.
- Icke representativ fördelning av provmaterial mellan provrören, då flera provrör används.
- Fuktutbyte med omgivningen vid provhantering.

## 4 Beräkning av korrektion och mätosäkerhet

Förutsättningen för att korrektion och osäkerhet i en RF-mätning ska kunna bestämmas enligt detta avsnitt är att provtagning, hantering av provkropp och RF-mätningen är utförd helt i enlighet med de mätrutiner och deras begränsningar som beskrivs i denna manual. Rutinen för beräkning av mätosäkerhet ger användaren en möjlighet att för vissa faktorer välja olika värden på standardosäkerhetens storlek beroende på hur RF-mätning eller kalibrering utförs. På begäran ska användaren kunna redovisa dokumentation som styrker valet av standardosäkerhet.

Om användaren har ett förfinat arbetssätt som ger en lägre osäkerhet får denna användas förutsatt att dokumentation finns som styrker detta. Ett exempel på detta är om kalibrering och egenkontroll av givare utförs med hårdare krav så att en lägre osäkerhet kan användas eller så täta intervall att en lägre drift kan säkerställas än vad som föreskrivs i denna manual.

### 4.1 Beräkning och redovisning av korrektion

Korrektion kan sägas vara ett sätt att hantera de systematiska felen. Om vi vet att det sätt vi mäter på medför ett fel i RF som blir lika stort vid varje mätning under samma förhållanden så kan vi uppskatta felets storlek och korrigera mätresultatet för detta fel. Den korrektion vi gör är i sig en uppskattning av felet som i sin tur är behäftad med en viss osäkerhet vilken behandlas nedan i *kapitel 4.1.1*. De systematiska felen ger således upphov till både en korrektion av mätresultatet och ett bidrag till mätosäkerhetsberäkningen. Detta medför att de faktorer som ger upphov till en korrigerig av mätresultatet behandlas på två ställen i denna manual.

De korrektioner som behandlas i detta avsnitt är:

- Korrektion för omräkning av RF till RF vid 20,0 °C
- Korrektion på grund av givarnas fuktkapacitet
- Korrektion för bortfall av material vid uttaget prov

#### 4.1.1 Korrektion för omräkning av RF till RF vid 20,0 °C

Jämviktsfuktkurvan för golvavjämning är temperaturberoende vilket innebär att om temperaturen i golvavjämningen ändras, men vattenhalten hålls konstant, så kommer RF att ändras något. Om temperaturen sänks så kommer RF att sjunka trots att samma mängd fukt finns i golvavjämningen och om temperaturen ökar stiger RF.

När en korrektion beräknas är det kalibrerad RF och inte avläst RF som ska ligga till grund för korrektionens storlek.

Riktlinjerna för högsta tillåtna RF i golvavjämningen före ytbeläggning enligt AMA Hus, gäller RF vid 20,0 °C vilket antas vara konstruktionens brukstemperatur. Av denna anledning och för att underlätta jämförelsen av mätresultat utförda vid olika temperaturer redovisas resultaten från en RF-mätning vid 20,0 °C. Detta innebär att RF-värden från mätningar vid annan temperatur måste räknas om, korrigeras, till RF vid 20,0 °C.

Korrektionens storlek bestäms av en korrektionsfaktor,  $dRF/dT$ , som multipliceras med skillnaden i temperatur mellan brukstemperaturen, 20,0 °C, och temperatur i golvavjämningen vid mätningen. För att korrektionen ska få rätt tecken, plus eller minus, är det viktigt att alltid beräkna temperaturskillnaden genom att ta brukstemperaturen minus uppmätt temperatur och även hålla reda på tecknet avseende korrektionsfaktorn  $dRF/dT$ , se exempel nedan.

Korrektionen, K, beräknas:

$$K = dRF/dT \times (20,0 - t) \quad [\% \text{ RF}]$$

Korrektionsfaktorn  $dRF/dT$  sätts till 0,2 procentenheter RF per grad temperaturavvikelse från 20,0 °C / 1 /

Om mätning av RF sker vid temperatur över 20,0 °C sänks RF vid denna korrigering och omvänt då mätning av RF sker vid temperatur som understiger 20,0 °C.

Korrekturen förs därefter in i mätprotokollet, med tecken + eller -, i kolumnen *Korr för RF vid 20,0 °C*.

*Exempel:*

Mätning har utförts i golvavjämning och uppmätt RF (kalibrerad RF) är 80,0 %. Beräkna korrekturen för att räkna om RF till RF vid 20,0 °C om temperaturen i golvavjämningen vid mätning var:

- a) 18 °C
- b) 23 °C

*Svar a):* Korrektionsfaktorn  $dRF/dT = +0,2$

$$K = +0,2 \times (20 - 18) = +0,4 \% \text{ RF}$$

Korrekturen är således +0,4 % RF

(RF vid 20 °C är:  $80,0 + 0,4 = 80,4 \% \text{ RF}$ )

*Svar b):* Korrektionsfaktorn är densamma,  $dRF/dT = +0,2$

$$K = +0,2 \times (20 - 23) = +0,2 \times (-3) = -0,6 \% \text{ RF}$$

Korrekturen är negativ och kommer att ge en lägre RF.

(RF vid 20 °C är:  $80,0 - 0,6 = 79,4 \% \text{ RF}$ )

#### 4.1.2 Korrektion på grund av givarnas fuktkapacitet

När en RF-givare monteras kommer en del av fukten i golvavjämningen att åtgå för att fukta upp givaren. RF-givaren själv tar således upp fukt (den har fuktkapacitet) vilket kan medföra att fukten från golvavjämningen inte är tillräcklig för att erhålla rätt RF. Hur stor avvikelser blir beror på givarens sensor, filter, vid vilken RF givaren förvarats i innan den monteras och provets storlek, fuktkapacitet och förmåga att transportera fukt. De värden som finns att tillgå på givarnas fuktkapacitet visas i *Tabell 1*.

	RF	Fuktkapacitet	Uttaget prov
			Korrektion, K [% RF]
<b>Testo</b>	40 – 97 %	4 mg	<b>+ 0,2</b>
<b>Vaisala</b>	40 – 97 %	4 mg	<b>+ 0,2</b>

*Tabell 1. Korrektion pga. givarnas fuktkapacitet*

Vid mätning enligt denna manual ska korrektion av mätresultatet på grund av fuktkapacitet utföras med de värden som anges i *Tabell 1*. Korrekturen förs in i mätprotokollet i kolumnen *Korr pga. fuktkapacitet*.

Den korrigering som utförs av mätresultatet är även behäftad med ett slumpmässigt fel vilket behandlas i rutinen för beräkning av mätosäkerhet.



### 4.1.3 Korrektion för bortfall av material vid uttag av prov

Om hela kärnan inte fås ur borrhålet måste detta noteras som en kommentar i mätprotokollet och korrigeras för. Saknas en del av toppen av kärnan (exempelvis om kanten är kraftigt naggad) kommer detta leda till att för högt RF-värde erhålls. Detta anses vara på säkra sidan och osäkerheten sätts därför till 0 %. Skulle en bit av botten av borrhölet inte fås med, exempelvis om brottet vid knäckning av kärnan helt eller delvis sker strax ovanför underliggande material och resterande del av golvavjämningen inte får ur hålet måste detta beaktas.

Följande formel används:

$$\text{Korrektion i \%} = 15 \times \Delta h/h$$

Där  $\Delta h$  är antal mm tjocklek av kärnans nedre del som saknas och  $h$  är skiktets totala tjocklek.

*Exempel:*

Vid knäckning av borrarad kärna fastnar ungefär hälften av de nedersta 2 mm av kärnan i underlaget och fås inte loss. Total skiktthjocklek (inklusive de 2 mm) är 35 mm.

Då kärnan endast till hälften har fastnat i underlaget anses dessa 2 mm motsvara 1 mm av hela kärnan.

Korrektionen blir då:  $15 \times 1/35 = 0,43 \%$  vilken adderas till övriga korrektioner i kolumn ”Korr pga. ej hel kärna” i mätprotokoll för avläsning av RF.

## 4.2 Rutin för mätosäkerhet utanför kalibreringsintervall

Vid kalibrerad RF högre än 95 % RF adderas först korrektioner enligt *avsnitt 4.1* ovan och därefter sätts osäkerheten till  $> \pm 3 \%$  RF och 3 procentenheter adderas till summan varefter svaret anges som heltal avrundat uppåt, dock ej högre än 100 %.

Vid kalibrerad RF lägre än lägsta kalibreringspunkt beräknas svar som hade erhållits om slutvärdet hade varit lika med lägsta kalibreringspunkt plus korrigering enligt *avsnitt 4.1* och mätosäkerhet enligt *avsnitt 4.3*. Svaret redovisas som mindre än framräknat värde med kommentar om att slutvärde är utanför kalibreringsintervall.

*Exempel:*

Aktuella givare är kalibrerade i intervallet 75-95 % RF. På projektets fyra mätpunkter är kalibrerad RF,

- a) 72,9 %
- b) 82,6 %
- c) 93,6 %
- d) 97,5 %.

Korrektioner enligt *kap 4.1* är + 0,2 % och den beräknade mätosäkerheten är 1,8 % inom kalibreringsintervallet.

Slutvärde beräknas enligt följande:

- a) Kalibrerad RF är lägre än lägsta kalibreringspunkt. Slutvärdet beräknas då som värdet för lägsta kalibreringspunkt, 75% RF + 0,2 % i korrigering enligt *avsnitt 4.1* plus 1,8 % i osäkerhet. Slutvärdet redovisas som < 77,0 % med en kommentar om att mätvärdet ligger utanför kalibreringsområdet.
- b) Slutvärdet beräknas enligt vanlig rutin;  $82,6 + 0,2 + 1,8 = 84,6 \%$  RF
- c) Slutvärdet beräknas enligt vanlig rutin;  $93,6 + 0,2 + 1,8 = 95,6 \%$  RF

- d) Kalibrerad RF är högre än högsta kalibreringspunkt varför en osäkerhet om 3 % adderas utöver korrektion enligt *kap. 4.1*  $97,5 + 0,2 + 3 = 100,7$  %. Svaret avrundas till närmaste heltal uppåt 101 % RF. Slutvärdet redovisas som 100 % med en kommentar om att mätvärdet ligger utanför kalibreringsområdet.

### 4.3 Rutin för beräkning av mätosäkerhet inom kalibreringsintervall

Syftet är att sätta ett siffervärde, standardosäkerhet, på varje felkälla som förekommer vid mätning enligt denna manual samt att kombinera osäkerheten för dessa felkällor till ett värde, utvidgad mätosäkerhet, som representerar den totala osäkerheten i mätningen vilken ska adderas till mätresultatet.

Denna rutin beskriver i punktform, **a–u**, de olika felkällor som bidrar till den totala osäkerheten i mätningen samt anger standardosäkerheten för varje felkälla eller ger vägledning till hur man bestämmer storleken. Villkor som måste vara uppfyllda för att angiven storlek på standardosäkerhet ska få användas anges under respektive punkt.

Standardosäkerheterna, som är framtagna med beräkningar och uppskattningar, under punkt **a–s**, grundar sig på skriften Mätosäkerhetsberäkningar för relativ fuktighet i betong / 2 /. Samtliga punkter enligt denna skrift finns medtagna i detta dokument enligt samma numrering **a–s** även om alla felkällor inte är aktuella för de givare som finns föreskrivna i mätrutinen.

#### 4.3.1 Standardosäkerhet för varje felkälla

För att bestämma standardosäkerheten för varje felkälla ska följande avsnitt gås igenom punkt för punkt. Använd mätmetod styr vilka felkällor nedan som är aktuella vilket beskrivs under varje punkt. Standardosäkerheten för de felkällor som är aktuella ska noteras i blankett för osäkerhetsberäkning, där sedan den totala mätosäkerheten beräknas enligt nästa avsnitt.

I diagram och tabeller får interpolering utföras mellan angivna värden. En uppskattning av standardosäkerheten utanför de yttre gränserna i tabeller och diagram medges inte utan särskild redovisning.

**a. Spridning, konduktans**  
Gäller ej Vaisala och Testo.

**b. Icke-linjäritet**  
De använda RF-givarna ska kalibreras vid 75, 85, 90 och 95 % RF och betraktas som linjära mellan kalibreringspunkterna. Kalibrering kan även ske vid lägre RF-värden än 75 %. Dock får stegen mellan varje kalibreringspunkt vara max 10 procentenheter för att de nya punkterna ska kunna inkluderas i mätosäkerhetsintervallet. En viss icke-linjäritet kan dock förekomma mellan kalibreringspunkterna. De yttre gränserna ( $a^+$  och  $a^-$ ) inom vilka den icke-linjära kalibreringskurvan antas ligga är  $\pm 0,5$  % RF från den linjära kalibreringskurvan. Denna osäkerhet på  $\pm 0,5$  % RF antas vara rektangelfördelad, vilket medför att standardosäkerheten blir  $0,5/\sqrt{3} = 0,29$  % RF.

**c. Drift hos RF-givare**

RF-givarna ska kalibreras minst en gång per år samt däremellan när de regelbundna egenkontrollerna påvisar behov av ny kalibrering. När egenkontrollen påvisar en drift som avviker med mer än tillåtet värde ska ny kalibrering utföras.

*Uttaget prov:*

För givare som används i laboratorium vid uttaget prov är tillåtet värde avseende drift  $\pm 1,0$  % RF. Drift antas vara rektangelfördelad, varvid standardosäkerheten blir  $1,0/\sqrt{3} = 0,58$  % RF. För definition av drift, se aktuell version av *RBK Manual Fuktmetning i betong*.

#### d. Hysterés hos RF-givare

Mätning enligt manualen förutsätter att kalibrering och RF-mätning utförs från lägre RF till högre. Givarna ska ”torka ut” innan de monteras för kalibrering eller mätning i avjämningen och när givaren kommit i jämvikt och avläsning utförts så ökas RF (vid kalibrering) alternativt så demonteras givaren inför nästa mätning. Detta medför att RF-givaren hela tiden befinner sig på jämviktsfuktkurvan för uppfuktning och att hysterés<sup>4</sup> undviks vilket annars kan ge stora mätfel.

**Standardosäkerheten för Vaisala och Testo kan sättas till noll när detta förfarande används.**

#### e. Fuktkapacitet

Fuktkapaciteten som är framtagen för respektive givare är behäftad med en viss osäkerhet. Detta innebär att förutom den korrektion som utförs enligt 4.1.2 ovan så måste hänsyn tas till osäkerheten i denna korrektion. Standardosäkerheten avseende denna korrektion anges i *Tabell 2*.

	RF	Fuktkapacitet	Uttaget prov
			Std. osäkerhet [% RF]
<b>Testo</b>	40 – 97 %	4 mg	0,12
<b>Vaisala</b>	40 – 97 %	4 mg	0,12

*Tabell 2. Standardosäkerhet avseende korrektion pga. givarnas fuktkapacitet*

#### f. Noggrannhet på temperaturangivelse

Vaisalas och Testos mätprincip bygger på kapacitansändring i en polymerfilm på grund av fuktupptagning i filmen. Felkällan är försumbar.

#### g. Osäkerhet i kalibreringen

Kalibrering ska utföras vid en mätplats med spårbarhet avseende RF. Efter slutförd kalibrering ska dokumentation erhållas innehållandes en kalibreringskurva och uppgift om kalibreringens mätosäkerhet och spårbarhet. Vid mätplatsen där kalibrering utförs har de felkällor som påverkar kalibreringen utretts och den totala mätosäkerheten avseende kalibreringsförfarandet beräknats på liknande sätt som i denna rutin. Vanligt är att osäkerheten redovisas som utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktor  $k = 2$  (täckningsfaktor betecknas vanligen  $k$ ). Se även nästa avsnitt.

De standardosäkerheter som ska användas för beräkning i blankett för osäkerhetsberäkning ska vara angivna med en standardavvikelse dvs. täckningsfaktor  $k = 1$ . Således måste uppgiften om kalibreringens osäkerhet divideras med 2 innan den noteras i blankett för osäkerhetsberäkning förutsatt att den är given med täckningsfaktor  $k = 2$ .

Mätosäkerheten avseende kalibrering kan exempelvis vara  $\pm 1,4$  % RF med täckningsfaktor  $k = 2$ . Detta medför att standardosäkerheten som ska föras in i blankett för osäkerhetsberäkning avseende kalibrering blir 0,7 % RF beroende på var någonstans kalibreringen utförts och vid vilken RF-nivå kalibreringen utförts. Generellt blir osäkerheten större vid högre RF-nivå.

<sup>4</sup> Hysterés innebär att givarens fuktegenskaper, och därmed även mätutslag, kan påverkas av vilka fuktnivåer givaren har blivit utsatt för tidigare.

Om mätosäkerhetsberäkningen enligt blankett för osäkerhetsberäkning ska gälla vid godtycklig RF-nivå ska standardosäkerheten avseende punkt g anges som kalibreringens mätosäkerhet vid 95 % RF vilken utläses ur kalibreringsprotokollet.

#### **h. Kalibreringstabell, temperatur**

Gäller ej Vaisala och Testo.

#### **i. Kalibreringstabell, RF**

Gäller ej Vaisala och Testo.

#### **j. Referenscell**

Gäller ej Vaisala och Testo.

#### **k. Mättemperatur annan än kalibreringstemperaturen**

Kapacitiva givare kan vara något känsliga för temperatur. Detta medför att utslaget för en viss RF ändras med temperaturen på grund av givaren.

Avvikelse i temperatur kan försummas förutsatt att givaren är kalibrerad vid 20,0 °C och att mätningen utförs i intervallet 15–25 °C.

#### **l. Mättemperatur annan än 20,0 °C**

En korrektion görs för varje mätvärde i mätprotokollet enligt *avsnitt 4.1*. Angivna värden som används för att beräkna denna korrektion är behäftade med en viss osäkerhet som ska tas med i mätosäkerhetsberäkningen. Standardosäkerhetens storlek beror på vilken temperatur, T, som mätningen är utförd vid och beräknas enligt nedan.

$$T < 20,0 \text{ °C} \quad \text{Standardosäkerhet} = 0,035 \times (20 - T)$$

$$T > 20,0 \text{ °C} \quad \text{Standardosäkerhet} = 0,035 \times (T - 20)$$

Alternativt används alltid standardosäkerheten 0,18 % RF.

#### **m. Olika temperatur mellan givare och golvavjämning**

Vid mätning av RF ska temperaturskillnad mellan golvavjämning och RF-sensor undvikas.

Det går inte att ange några korrigeringsanvisningar för denna typ av fel. Felet kan uppskattas teoretiskt, men den uppskattningen behöver inte alltid stämma med verkligheten.

Standardosäkerheten sätts till 0 % RF vilket förutsätter att temperaturskillnad inte förekommer mellan golvavjämning och givare under mätning.

#### **n. Borrningens inverkan**

Vid mätning vid uttagning av prover ska erforderlig tid gå, enligt manualen, från det att provet är i det klimatstabiliserade utrymmet till avläsning av RF. Standardosäkerheten sätts då till 0 % RF.

#### **o. Mättid**

Under förutsättningen att manualtexten följs vad avser mättid mellan givarmontage och avläsning, dvs. erforderlig tid för att givare och golvavjämning ska komma i jämvikt, sätts standardosäkerheten till 0 % RF.

#### **p. Temperaturvariationer under mätning**

*Uttaget prov*

Vid RF-bestämning i laboratorium ger temperaturvariationen  $\pm 0,2 \text{ °C}$  (yttre gränser) under mätningen att standardosäkerhet som vid antagen triangel fördelning blir  $0,2/\sqrt{6} = 0,08 \text{ °C}$ .

Detta ger att standardosäkerheten i RF blir ca 0,4 % RF. Inverkan på RF av olika temperaturvariationer visas i *Tabell 3*.

Maximal temperaturvariation, se ovan [°C]	Standardosäkerhet i RF [% RF]
0	0
± 0,1	0,2
± 0,2	0,4
± 0,5	1,0
± 1,0	2,0

*Tabell 3. Standardosäkerhet beroende på temperaturvariation under RF-bestämning vid uttaget prov*

**q. Ojämnt uttaget prov**

Denna felkälla avser fallet att man vid uttagning av provbitar får en överrepresentation från någon del av det djupintervall som man tar provbitarna ur. Vid uttag av prov med borrhärdarna bedöms detta fel bli försumbart. Standardosäkerheten sätts därför till 0 % RF.

**r. Avvikelse i mätdjup**

Provet ska borras ut med kärnborr där provet omfattar hela golvavjämningens tjocklek. Standardosäkerheten sätts därför till 0 % RF.

**s. Avvikelse i skiktjocklek**

Avser om verklig tjocklek avviker från på konstruktionsritning angiven tjocklek. Denna avvikelse är inte aktuell i fallet uttaget prov med borrhärdarna på hela tjockleken. Standardosäkerheten sätts därför till 0 % RF.

**t. Fuktutbyte med omgivning vid krossning samt hantering av provmaterial**

Fuktutbyte med omgivning sker vid uttag av provmaterial, krossning och överföring till provrör. Under förutsättningen att manualtexten följs minimeras fuktutbytet med omgivningen och standardosäkerheten kan då sättas till 0.

**u. Osäkerhet vid beräkning av medelvärde i olika provrör**

Används flera provrör för ett materialprov framräknas slutvärde RF som medelvärdet av resultatet från RF för varje delprov. Är skillnaden mellan högsta och lägsta RF för de olika delproven mindre eller lika med 1,0 procentenheter sätts osäkerheten till 0. För skillnader över 1,0 procentenheter antas att en rektangelfördelad osäkerhet råder och en standardosäkerhet läggs till mätresultatet enligt följande:

$$\frac{HögstaRF - lägstaRF}{\sqrt{3}}$$

### 4.3.2 Sammanräkning och redovisning av mätosäkerhet

När standardosäkerheten för samtliga felkällor har bestämts är det dags att räkna ihop dessa till ett värde som representerar den totala osäkerheten för mätningen som brukar betecknas kombinerad mätosäkerhet. Kombinerad mätosäkerhet anges som ett intervall,  $\pm$ , inom vilket mätresultatet förutsätts ligga. 80 % RF med kombinerad mätosäkerhet  $\pm 1$  % innebär således att RF i golvvajämningen ligger mellan 79 – 81 %.

För att beräkna den kombinerade mätosäkerheten används en ”statistisk kompromiss”, där normalfördelning antas råda, som innebär att felkällorna summeras enligt formeln:

$$\pm\sqrt{(a^2 + b^2 + \dots + u^2)}$$

I blankett för osäkerhetsberäkning utförs denna beräkning i flera steg.

När den kombinerade mätosäkerheten beräknas på detta sätt innebär det att för ca 67 % av de mätningar som utförs så kommer mätresultatet att ligga inom angivet intervall vad gäller mätosäkerheten. Resterande mätningar kommer statistiskt att hamna utanför intervallet. Dvs. om den kombinerade mätosäkerheten beräknas till  $\pm 1$  % RF enligt ovan så kommer 67 % av de mätningar som utförs ge ett mätresultat som ligger inom intervallet ”golvvajämningens RF”  $\pm 1$  % RF. Resterande mätningar har en större mätosäkerhet än 1 % RF och ligger utanför intervallet!

För att kunna ange hur stor del av mätningarna som ligger inom angiven mätosäkerhet används begreppet täckningsfaktor som vanligen betecknas k. Täckningsfaktorn multipliceras med den kombinerade mätosäkerheten vilket ger en utvidgad mätosäkerhet. Är täckningsfaktorn k = 1 är det ca 67 % av mätningarna som uppfyller angiven mätosäkerhet enligt ovan. Ökas täckningsfaktorn till k = 2 så är det ca 95 % av mätningarna som uppfyller angiven mätosäkerhet samtidigt som mätosäkerheten ökar med det dubbla! Är k = 3 så är det ca 99 % av mätningarna som ligger inom mätosäkerheten som nu har tredubblats från ursprungligt värde. Dvs. antalet mätningar som ligger inom angiven mätosäkerhet ökar när intervallet för mätosäkerheten utökas.

När det gäller fuktmätning i golvvajämning ska täckningsfaktor k = 2 användas. Det är viktigt att beakta att detta innebär att 5 % av de mätningar som utförs enligt denna manual statistiskt kommer att ligga utanför angiven mätosäkerhet.

Den utvidgade mätosäkerheten med täckningsfaktor k = 2 beräknas således enligt formeln:

$$\pm 2 \times \sqrt{(a^2 + b^2 + \dots + u^2)}$$

och är värdet som ska noteras längst ner på blankett för osäkerhetsberäkning.

Detta värde, avrundat uppåt till en decimal, ska redovisas i mätprotokollet i kolumnen Osäkerhet. Detta är osäkerheten som gäller för utförd mätning.

Kalibrerad RF [%]	Korrektion för RF vid 20,0 °C +/- [%]	Korrektion pga. fuktkapacitet + [%]	Osäkerhet k = 2 + [% RF]	Korrektion pga. ej hel kärna	Slutvärde RF [%]	Kommentar
87,8	- 0,6	+ 0,2	+ 2,0	0	89,4	

Tabell 4. Del av Mätprotokoll golvvajämning uttaget prov

I Tabell 4 ses del av Mätprotokoll golvvajämning uttaget prov, ifylld med värden från följande exempel:

Kalibrerad RF (RF) 87,8 %, korrektion för RF vid 20,0 °C – 0,6 %, korrektion pga. givarens fuktkapacitet +0,2 % RF, utvidgad mätosäkerhet k = 2  $\pm$  2,0 % RF, ingen korrektion för ej hel kärna.

I kolumnen Slutvärde RF redovisas summan av kolumnerna: *Kalibrerad RF; Korrektion för RF vid 20,0 °C; Korrektion pga. fuktkapacitet; Osäkerhet  $k = 2$  (med plustecken)* samt *Korrektion för ej hel kärna*.

## 5 Redovisning och dokumentation

Slutvärde är det värde som representerar mätningens resultat och är det värde som ska jämföras med kritisk RF-nivå för vald ytbeläggning, dvs. den RF som ska underskridas för att ytskiktet som appliceras på golvavjämningen inte ska ta skada.

Följande ska ingå i redovisning:

- Försättsblad
- Mätprotokoll uttag av prov
- Mätprotokoll avläsning av RF
- Korrektion och osäkerhetsberäkning
- Rimlighetsbedömning
- Eventuella avvikelserapporter
- Ritning med markerade mätpunkter

Provtagare ansvarar för att samtlig dokumentation upprättas och i förekommande fall arkiveras. Det är möjligt att delegera ansvaret för delar av upprättandet och arkivering till exempelvis fuktlaboratoriet.

### 5.1 Rimlighetsbedömning

En rimlighetsbedömning bör utföras vid varje mättillfälle. Vid rimlighetsbedömningen görs exempelvis jämförelse med beräknade värden, med andra mätvärden från samma projekt eller enligt tidigare erfarenheter.

Vid avvikelser i rimlighetsbedömningen kommenteras dessa och om möjligt diskuteras eventuella orsaker.

## 6 Referenser

- 1 A. Anderberg och L. Wadsö. Moisture properties of self-levelling flooring compounds. Part II. Sorption isotherms. Nordic Concrete Research, 32 (2), pp. 16-30, 2004.
- 2 G. Hedenblad. Mätosäkerhetsberäkningar för relativ fuktighet i betong. Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola, Lund, 1999.