

27 BERÄKNING AV KORREKTION OCH MÄTOSÄKERHET

Förutsättningen för att korrektion och osäkerhet i en RF-mätning ska kunna bestämmas enligt detta avsnitt är att mätningen är utförd helt i enlighet med de mätrutiner och dess 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 anmodan 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 så täta intervall att en lägre drift kan säkerställas än vad som föreskrivs i denna manual.

27.1 Beräkning och redovisning av korrektion

Korrektion kan sägas vara ett sätt att hantera de systematiska felen, se 2.15. 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 i 27.2. De systematiska felen ger således upphov till både en korrigering av mätresultatet och ett bidrag till mätosäkerhetsberäkningen. Detta medför att de faktorer som ger upphov till en korrigering 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°C
- Korrektion på grund av givarnas fuktkapacitet

Korrektion för omräkning av RF till RF vid 20°C

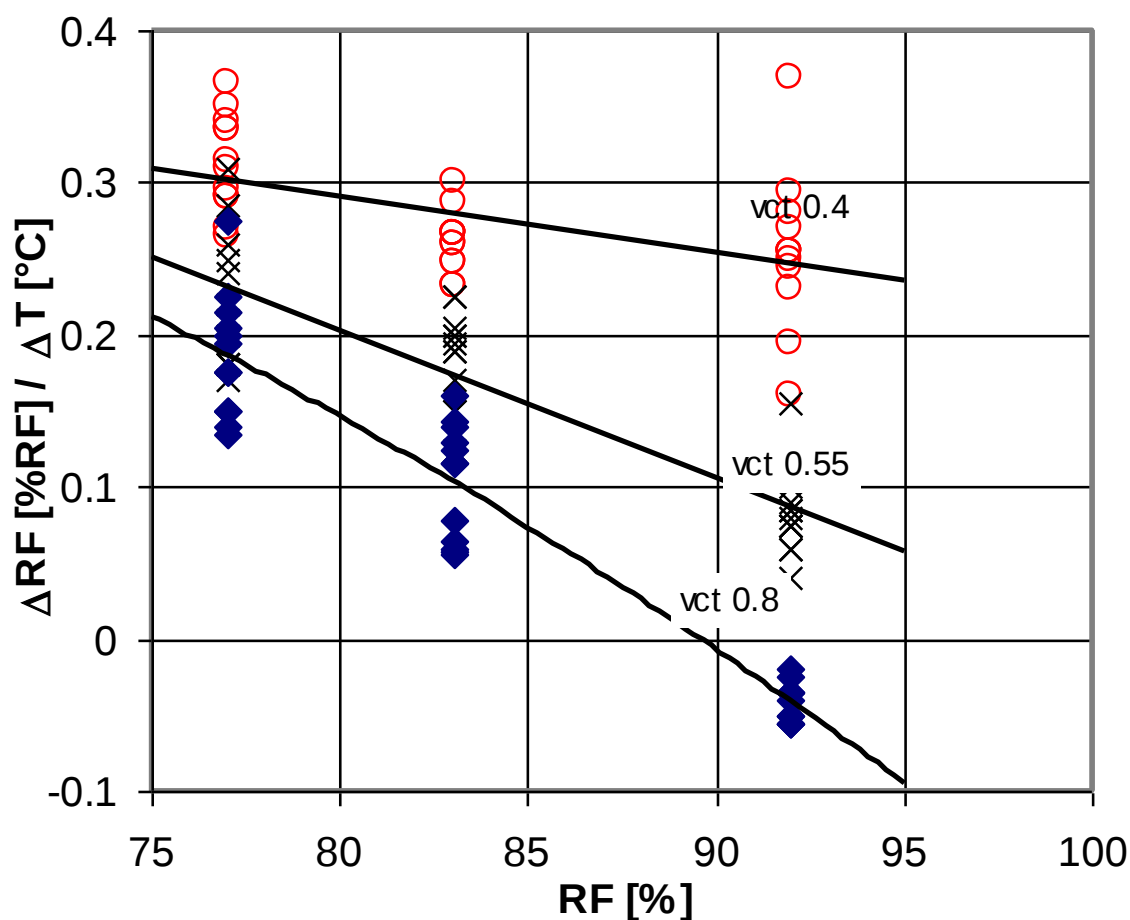
Jämviktsfuktkurvan för betong är temperaturberoende. Det innebär att om temperaturen i betongen ändras men vattenhalten hålls konstant så kommer RF att ändras något. Hur stor ändring i RF som erhålls beror på temperaturen, RF-nivå och vilket vct betongen har. Vanligtvis gäller att om temperaturen sänks så kommer RF att sjunka trots att samma mängd fukt finns i betongen och om temperaturen ökar stiger RF. Observera att vid hög RF och högt vct kan det faktiskt vara tvärt om. Se figur 27.1.

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 betongen före matläggning enligt AMA Hus 14, se avsnitt 4.1, gäller RF vid 20°C. Detta antas vara konstruktionens brukstemperatur och är ofta den temperatur vid vilken olika materials kritiska RF anges. Av denna anledning och för att underlätta jämförelsen av mätningar, utförda vid olika temperaturer, redovisas resultaten från en RF-mätning vid 20°C. Detta innebär att RF-värden från mätningar vid annan temperatur måste räknas om, korrigeras, till RF vid 20°C.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
6	2017-09-07	2017-10-09	Ted Rapp		27	1(13)

Korrektionens storlek bestäms av en korrektionsfaktor, $\Delta RF/\Delta T$, som multipliceras med skillnaden i temperatur mellan brukstemperaturen, 20°C, och betongtemperatur 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 $\Delta RF/\Delta T$. Se exempel på nästa sida.



Figur 27.1. Diagram för bestämning av korrektionsfaktor $\Delta RF/\Delta T$, data från Sjöberg et al 2002 /24/.

Korrektionen, K, beräknas $K = \Delta RF/\Delta T \times (20 - t)$ [% RF]

Korrektionsfaktorn $\Delta RF/\Delta T$ utläses ur Figur 27.1. Interpolera mellan kurvorna för olika vct vid behov. Om betongen har lägre vct än 0,4 används kurvan för vct 0,4.

I formeln ovan avser t betongens temperatur vid avläsningen av RF. OBS! Håll reda på plus och minustecken! Kalibrerad RF ska användas i figur 27.1.

Korrektionen förs därefter in i mätprotokollet, med tecken + eller -, i kolumnen

Korr för RF vid 20°C. Se figur 27.5.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
6	2017-09-07	2017-10-09	Ted Rapp		27	2(13)

Exempel

Mätning har utförts i betong med vct 0,55 och uppmätt RF (kalibrerad RF) är 80,0%. Beräkna korrektionen för att räkna om RF till RF vid 20°C om betongtemperaturen vid mätning är:

- a) 15°C
- b) 25°C

Svar a) Diagrammet ger korrektionsfaktorn $\Delta RF/\Delta T = +0,2$

$$K = +0,2 \times (20 - 15) = +1,0\% \text{ RF}$$

Korrektionen är således +1,0% RF

(RF vid 20°C är $80,0 + 1,0 = 81,0\%$ RF)

Svar b) Korrektionsfaktorn är densamma, $\Delta RF/\Delta T = +0,2$

$$K = +0,2 \times (20 - 25) = +0,2 \times (-5) = -1,0\% \text{ RF}$$

Korrektionen är negativ och kommer att ge en lägre RF.

(RF vid 20°C är $80,0 - 1,0 = 79,0\%$ RF)

Om mätningen i stället utfördes i betong med vct 0,8 och avläsningen gav kalibrerad RF 95% vid temperaturen 25 °C blir korrektionsfaktorn negativ.

$$\Delta RF/\Delta T = -0,1.$$

Korrektionen blir då:

$$K = -0,1 \times (20 - 25) = -0,1 \times (-5) = +0,5\% \text{ RF}$$

Således kommer mätresultatet i detta fall att öka trots att omräkning görs från högre temperatur än 20°C.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
6	2017-09-07	2017-10-09	Ted Rapp		27	3(13)

Korrektion på grund av givarnas fuktkapacitet

När en RF-givare monteras i ett borrhål eller provrör kommer en del av fukten i betongen att åtgå för att fukta upp givaren. RF-givaren själv tar således upp fukt (den har fuktkapacitet) vilket kan medföra att fukten från betongen inte är tillräcklig för att erhålla rätt RF. RF blir lägre än det egentliga värdet. Hur stor avvikelser blir beror på givarens sensor, filter, vid vilken RF givaren förvarats i innan den monteras och borrhålets/betongprovets förmåga att transportera fukt. De värden som finns att tillgå på givarnas fuktkapacitet visas i figur 27.2.

	RF	Fukt- kapacitet	Borrhål
			Korrektion K % RF
HumiGuard	75 – 95 %	0,2 -0,6 mg	0
Testo	40 – 97 %	4 mg	+0,5
Vaisala	40 – 97 %	4 mg	+0,5

Figur 27.2. Korrektions på grund av givarens fuktkapacitet.

HumiGuard givaren förvaras före montering i en förpackning där RF är ca 85 %. Givaren har från början fuktkapacitet ca 0,3 mg och behöver uppta högst 0,3 mg fukt eller avge högst 0,1 mg för att komma i jämvikt med betongen i området 75 – 95 % RF vilket ger en försumbar inverkan på grund av fuktkapacitet.

Vid mätning enligt denna manual ska korrektions av mätresultatet på grund av fuktkapacitet utföras med de värden som anges i figur 27.2. Korrektionsen förs in i mätprotokollet i kolumnen **Korr pga fuktkapacitet**. Se figur 27.5.

Den korrigering som utförs av mätresultatet är även behäftad med ett slumpmässigt fel vilket behandlas i rutinen för beräkning av mätosäkerhet, 27.2.

27.2 Rutin för beräkning av mätosäkerhet

Syfte: Att sätta ett siffervärde, standardosäkerhet, på varje felkälla som förekommer vid mätning enligt denna manual. Vidare kombineras osäkerheten för dessa felkällor till ett värde, utvidgad mätosäkerhet, som representerar den totala osäkerheten i mätningen. Mätosäkerheten ska adderas till mätresultatet.

Denna rutin beskriver i punktform, **a – r**, de olika felkällor som bidrar till den totala osäkerheten i mätningen. I rutinen anges standardosäkerheten för varje felkälla eller så ges 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 – r**, grundar sig på skriften Mätosäkerhetsberäkningar för relativ fuktighet i betong / 23 /.

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 F8, se flik 28, 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 får inte ske utan särskild redovisning.

De grova fel som beskrivs i detta avsnitt kan inte behandlas matematiskt och redovisas därför inte i blankett F8. Grova fel undviks genom korrekt hantering av mätutrustningen och kontroller.

a. Spridning, konduktans (gäller HumiGuard)

Antalet referensgivare (och referensceller) vid borrhålsmätning ska vara minst två. Med enbart en referensgivare så är det svårt att upptäcka eventuella fel som kan bero på läckage, referenscell eller referensgivare. Standardosäkerheten minskar med ökat antal referensgivare. Mätgivarna antas ha lika stor spridning som referensgivarna.

Följande värden på standardosäkerhet ska användas:

Två referensgivare	0,62 % RF
Tre referensgivare	0,59 % RF
Fyra referensgivare	0,57 % RF

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
6	2017-09-07	2017-10-09	Ted Rapp		27	5(13)

b. Ickelinearitet (gäller Vaisala och Testo)

De använda RF-givarna ska kalibreras vid 75, 85, 90 och 95 % RF och betraktas som linjära mellan kalibreringspunkterna. En viss olinearitet kan dock förekomma mellan kalibreringspunkterna. De yttre gränserna (a+ och a-) inom vilket den olinjära 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 $0,5/\sqrt{3} = \mathbf{0,29\% \text{ RF}}$.

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 (för HumiGuard används istället referensgivare). När egenkontrollen påvisar en drift som avviker med mer än tillåtet värde så ska ny kalibrering utföras.

För alla givare som används för borrhålsmätning är tillåtet värde avseende drift $\pm 1,5$ % RF vilket ger standardosäkerheten **0,87 % RF**. (Gäller även HumiGuard)

Möjlighet finns att minska osäkerheten vad gäller drift för de givare där egenkontroll utförs enligt flik 5. Så länge driften för en givare, verifierat med egenkontroll, inte överstiger $\pm 1,0$ % RF får en lägre standardosäkerhet användas. Standardosäkerheten blir då **0,58 % RF**.

Detta kan hanteras på två sätt. Antingen så skickas givaren systematiskt på kalibrering när driften överstiger $\pm 1,0$ % RF. Det andra alternativet är att använda standardosäkerheten 0,58 till det att driften överstiger $\pm 1,0$ % RF för att därefter använda 0,87 vid kommande mätningar. Först när driften överstiger $\pm 1,5$ % RF så skickas givaren på kalibrering. Detta medför dock en noggrann kontroll av när driften passerar $\pm 1,0$ % RF för att rätt osäkerhet ska anges vid efterföljande mätningar.

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 betong. När givaren kommit i jämvikt och avläsning utförts så höjs RF till nästa nivå (vid kalibrering) och vid mätning i betong så demonteras givaren inför nästa mätning. Detta medför att RF-givaren hela tiden befinner sig på jämviktsfuktkurvan för uppfuktning och hysterés undviks vilket annars kan ge stora mätfel.

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

HumiGuard givaren används som kvarsittande givare. Detta innebär att givaren först fuktas upp för att sedan torka ut i takt med att betongen torkar och effekten av hysterés måste således beaktas. På grund av givarens konstruktion, förpackning och hantering är effekten förhållandevis liten och inkluderas i punkt i, kalibreringstabell RF.

Under denna punkt sätts således standardosäkerheten till noll.

Hysterés är ett grovt fel som undviks genom korrekt hantering av givarna.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
6	2017-09-07	2017-10-09	Ted Rapp		27	6(13)

e. Fuktkapacitet

Fuktkapaciteten som är framtagen för respektive givare är behäftad med en viss osäkerhet. Detta innebär att förutom den korrektion som utförs enligt 27.1 så måste hänsyn tas till osäkerheten i denna korrektion. Standardosäkerheten avseende denna korrektion anges i figur 27.3.

	RF	Fukt-kapacitet	Borrhål
			Std.osäkerhet % RF
HumiGuard	75 – 95 %	0,2 -0,6 mg	0
Testo	40 – 97 %	4 mg	0,29
Vaisala	40 – 97 %	4 mg	0,29

Figur 27.3. Standardosäkerhet avseende korrektion på grund av givarens fuktkapacitet.

f. Noggrannhet på temperaturangivelse

HumiGuards mätprincip bygger på kvoten mellan två konduktanser och inte primärt på temperaturen. Felkällan är försumbar.

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

Således redovisas inte denna felkälla i blankett F8.

g. Osäkerhet i kalibreringen (gäller Vaisala och Testo)

Kalibrering ska utföras enligt avsnitt 2.10 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 avsnittet sammanräkning och redovisning av mätresultat). Ta aldrig detta för givet utan läs noga i kalibreringsprotokollet vad gäller täckningsfaktor.

De standardosäkerheter, standardavvikelse, som ska användas för beräkning i blankett F8 ska vara angivna med en standardavvikelse d.v.s. täckningsfaktor $k = 1$. Således måste uppgiften om kalibreringens osäkerhet divideras med två innan den noteras i blankett F8 om den i kalibreringsrapporten är angiven med täckningsfaktor $k = 2$.

Vanligt är att mätosäkerheten avseende kalibrering ligger någonstans mellan $\pm 0,8$ % RF och $\pm 1,4$ % RF med täckningsfaktor $k = 2$. Detta medför att standardosäkerheten som ska användas i blankett F8 avseende kalibrering i så fall kan ligga mellan 0,4 och 0,7 % RF.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
6	2017-09-07	2017-10-09	Ted Rapp		27	7(13)

Vilken teckningsfaktor som används beror på var någonstans, vid vilket företag, kalibreringen utförts.

Mätosäkerheten beror även på vid vilken RF-nivå kalibreringen utförts. Generellt blir osäkerheten större vid högre RF-nivå.

Om mätosäkerhetsberäkningen enligt blankett F8 ska gälla vid godtycklig RF-nivå ska standardosäkerheten avseende punkt **g** anges som kalibreringens mätosäkerhet vid 95% RF, vilket är den till värdet största mätosäkerheten. Osäkerheten avseende kalibreringen går att hitta i kalibreringsprotokollet.

h. Kalibreringstabell, temperatur (gäller HumiGuard)

Standardosäkerhet i datorprogrammet som används vid omvandling av konduktansvärde till temperatur är **0 % RF**. Denna punkt redovisas därför inte i Blankett F8.

i. Kalibreringstabell, RF (gäller HumiGuard)

Standardosäkerhet i datorprogrammet som används vid omvandling av konduktansvärde till RF är **0,4 % RF**. Detta inkluderar effekten av hysterés vid mätning.

j. Referenscell (gäller HumiGuard)

Kalibreringsintyg från NPL i England styrker att standardosäkerheten avseende referenscellens kalibreringsvärde (85 % RF) är 0,5 % RF. Standardosäkerheten innefattar såväl NPL:s interna kalibreringsosäkerhet som osäkerheten hos de undersökta referenscellerna. En stor del av standardosäkerheten, 0,5 % RF, härrör från NPL:s kalibreringsosäkerhet vilket är anledningen till att värdet inte reduceras med ökat antal referensgivare. Osäkerheten är angiven med täckningsfaktor $k = 1$. Använd standardosäkerheten **0,5 % RF**.

k. Mättemperatur annan än kalibreringstemperaturen (gäller Vaisala, och Testo)

Får försummas förutsatt att givaren är kalibrerad vid 20°C och mätningen utförs i intervallet 15,0 – 25,0°C. Denna punkt redovisas därför inte i Blankett F8.

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

På uppdrag av RBK har ett försök utförts vid avdelningen för Byggnadsmaterial på LTH där givare av fabrikatet Vaisala och Testo undersökts i en fuktgenerator vad gäller mätning vid annan temperatur än kalibreringstemperaturen. Givarna visar generellt sett högre RF med ökande temperatur för samma RF nivå och tvärtom vid sjunkande temperatur. Effekten är något större vid temperaturer över 20°C än under.

Sammanfattningsvis påvisar försöket en effekt av detta som uppskattas ge en avvikelse på maximalt 0,07% RF/°C med standardosäkerheten 0,04% RF/°C. Eftersom dessa värden är relativt låga jämfört med övriga korrekationer och osäkerhetsfaktorer och eftersom mätning som ligger till grund för beslut om att ytskikt kan appliceras ofta utförs vid en temperatur närmare 20°C gäller ovanstående.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
6	2017-09-07	2017-10-09	Ted Rapp		27	8(13)

l. Mättemperatur annan än 20°C

En korrektion görs för varje mätvärde i mätprotokollet enligt 27.1. Kurvorna i Figur 27.1 som används för att beräkna denna korrektion baseras på de mätresultat som är inritade i samma diagram. Spridningen i dessa mätresultat medför att uppritade kurvor 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.

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

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

alternativt används alltid standardosäkerheten **0,18 % RF**.

m. Olika temperatur mellan givare och betong

Vid mätning av RF ska temperaturskillnad mellan betong 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 betong och givare under mätning.

Felet är att beteckna som ett grovt fel.

n. Borrningens inverkan

Vid mätning i borrar hål samt uttagning av prover ska erforderlig tid gå enligt manualen mellan borrning/provtagning och montage av RF-givare. Standardosäkerheten sätts då till **0 % RF**. Om givare monteras för tidigt så är detta ett grovt fel.

o. Mättid

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

Det är viktigt att notera att tiderna som anges i manualen är minsta tillåtna tidsskillnaden mellan givarmontage och avläsning. Ibland krävs det längre tid för att uppnå fuktjämvikt. För kort mättid betraktas som ett grovt fel.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
6	2017-09-07	2017-10-09	Ted Rapp		27	9(13)

p. Temperaturvariationer under mätning

En förutsättning för att kunna mäta ”rätt” RF är att temperaturvariationen som råder under mätningen inte är för stor. Vid borrhålsmätning kan det vara svårt att uppfylla detta. När mindre temperaturvariationer förekommer, enligt nedan, kan dessa behandlas som slumpmässiga fel. Stora temperaturvariationer är att betrakta som ett grovt fel. Vid borrhålsmätning tillåts temperaturen i betongen under mätning variera maximalt $\pm 1,0$ °C (yttre gränser).

Uppskattningsvis motsvarar detta en temperaturvariation i omgivande luft med ca ± 2 °C. Varaktigheten hos temperaturvariationerna i luften har betydelse för förhållandet mellan temperaturvariationerna i luften och i betongen.

Om rektangelfördelning antas blir standardosäkerheten $1,0/\sqrt{3} = 0,58$ °C. Detta ger enligt /23/ att standardosäkerheten i RF blir ca **0,3 % RF**.

För att kontrollera att gränserna avseende maximal temperaturvariation inte överskrids under mätning måste loggning av temperaturen utföras.

q. Avvikelse i mätdjup

Borrhål ska borraras 0 – 2 mm djupare än det beräknade ekvivalenta mätdjupet. Mätdjupet antas bestämmas på ± 3 mm.

Beräkning enligt /23/ med förutsättningen att plattjockleken ej får vara mindre än 80 mm vid enkelsidig uttorkning och 160 mm vid dubbelsidig ger standardosäkerheten **0,26 % RF**.

r. Avvikelse i plattjocklek

De största variationerna i betongtjocklek för bottenplatta på mark förutsätts vara ± 10 %. De största variationerna i betongtjocklek för platsgjutet mellanbjälklag förutsätts vara $\pm 5\%$.

Beräkning enligt /23/ med förutsättningarna enligt ovan samt att plattjockleken ej får vara mindre än 80 mm vid enkelsidig uttorkning och 160 mm vid dubbelsidig ger standardosäkerheten **0,19 % RF**.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
6	2017-09-07	2017-10-09	Ted Rapp		27	10(13)

Sammanräkning och redovisning av mätosäkerhet

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

För att beräkna den kombinerade mätosäkerheten används en ”statistisk kompromiss” som innebär att felkällorna summeras enligt formeln $\pm\sqrt{a^2 + b^2 + \dots + r^2}$. I blankett F8 utförs denna beräkning i flera steg.

När den kombinerade mätosäkerheten beräknas och anges på detta sätt innebär det statistiskt att ca 67 % av de mätningar som utförs kommer att ligga inom angivet intervall vad gäller mätosäkerheten. Resterande mätningar kommer att hamna utanför intervallet. D.v.s. om den kombinerade mätosäkerheten beräknas till $\pm 1\%$ RF enligt ovan så kommer 67 % av de mätningar som utförs ligga inom intervallet 79 – 81 % RF. Resterande 33 % av mätningarna ligger utanför intervallet och har således en större mätosäkerhet än $\pm 1\%$ RF!

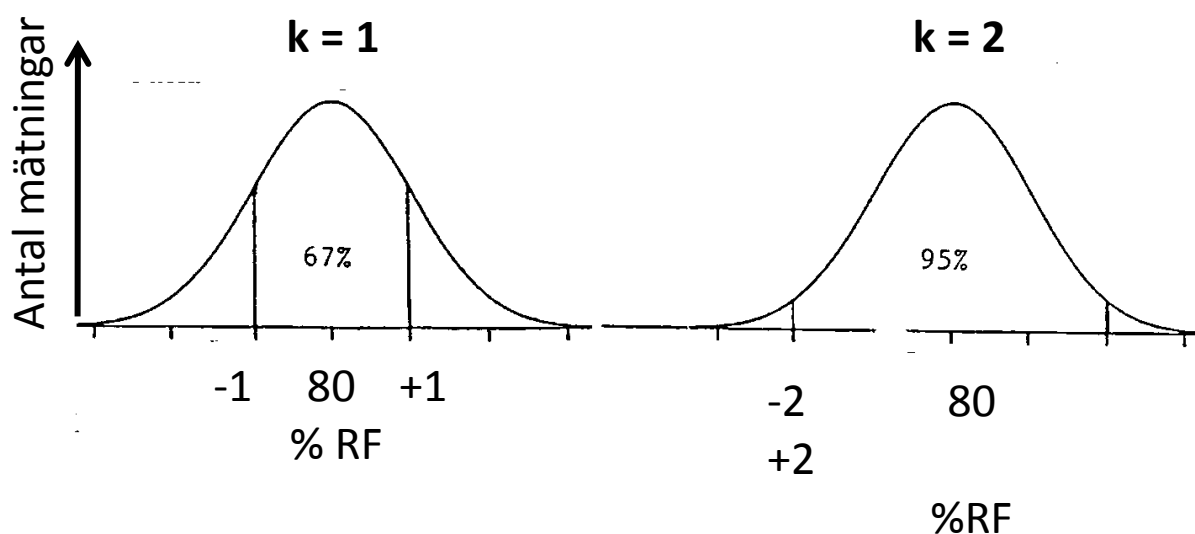
Det är naturligtvis oacceptabelt att 33 % av de mätningar som utförs har en större mätosäkerhet än vad som anges i protokollet. Det kan leda till en underskattning av betongens RF, vilket medför risk för fuktskada, eller en överskattning vilket medför onödigt lång torktid med ökad kostnad till följd.

För att kunna ange hur stor andel av mätningarna som ligger inom angiven mätosäkerhet används begreppet täckningsfaktor. Täckningsfaktorn, som vanligen betecknas k , multipliceras med den kombinerade mätosäkerheten vilket ger en utvidgad mätosäkerhet. Om ett högre värde på täckningsfaktorn används, t.ex. $k = 2$ istället för $k = 1$, så kommer fler mätningar ligga inom intervallet. Detta innebär dock att mätosäkerheten ökar.

Med 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 ligger inom 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. Antalet mätningar som ligger inom angiven mätosäkerhet ökar när intervallet för mätosäkerheten utökas. I figur 27.4 visas detta grafiskt.

Om ytterligare förklaring önskas av hur detta hänger ihop så rekommenderas någon form av litteratur eller utbildning i matematisk statistik.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
6	2017-09-07	2017-10-09	Ted Rapp		27	11(13)



Figur 27.4. Täckningsfaktorns inverkan på mätosäkerheten

Ett exempel

Om vi utför ett stort antal mätningar, t.ex. 40st, i en betongplatta som vi vet har en RF på 80 % så kommer de flesta mätningarna att ge ett resultat på ca 80 % RF. På grund av att vi har ett antal felkällor så kommer en mindre del av mätningarna ge ett lägre eller högre resultat. Detta åskådliggörs i figur 27.4. Puckeln i diagrammen visar att de flesta mätningarna ligger runt 80 %. ”Svansarna” däremot visar de mätningar som avviker från detta värde. Ju högre kurvan är ju fler av mätningarna är det som ger den RF som visas på den horisontella axeln. Om vi har beräknat den kombinerade mätosäkerheten till ± 1 % RF och använder täckningsfaktorn $k = 1$ så ser vi i figuren att bara 67 % av mätningarna kommer att ligga inom intervallet 79 – 81 % RF, 80 ± 1 . Resterande mätningar ligger utanför. Används däremot $k = 2$ så måste vi multiplicera osäkerheten med två vilket ökar intervallet avseende RF till mellan 78 och 82 % RF, 80 ± 2 . Fler av mätningarna hamnar då inom tillåtet intervall, närmare bestämt 95 % men på bekostnad av att mätosäkerheten ökar. Några av mätningarna kommer fortfarande att ligga utanför intervallet. I figuren ovan framgår att 2,5 % av mätningarna kommer att få en lägre RF än 78 % och lika många får högre än 82 %.

När det gäller fuktmätning i betong ska täckningsfaktor $k = 2$ användas. Det innebär dock en acceptans av att ett fåtal av mätningarna ligger utanför intervallet. Mätosäkerheten ska alltid adderas till mätvärdet. Anledningen till detta är att eftersom vi inte vet var inom osäkerhetsintervallet mätningen ligger så lägger vi till osäkerheten till uppmätt värde för att inte underskatta RF i betongen. Detta värde, slutvärde, är det som ska redovisas i protokollet och användas för att jämföra mot ytskiktets kritiska RF-värde. Slutvärdet måste alltså vara lägre än kritisk RF.

Den utvidgade mätosäkerheten med täckningsfaktor $k = 2$ beräknas enligt formeln $\pm 2 \times \sqrt{(a^2 + b^2 + \dots + r^2)}$ och ger det värde som ska noteras längst ner på blankett F8. Detta värde, avrundat uppåt till en decimal, ska redovisas i mätprotokollet i kolumnen Osäkerhet. I denna kolumn redovisas således osäkerheten som gäller för utförd mätning. Se figur 27.5.

Version:	Datum:	Gäller från:	Utfärdad av:	Sign. Revisionsledare RBK	Flik:	Sida:
6	2017-09-07	2017-10-09	Ted Rapp		27	12(13)

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

Figur 27.5. Del av Mätprotokoll, Blankett F5 (alt. F4 i princip) ifylld med värden från följande exempel: Kalibrerad RF (RF) **87,8** %, korrektion för RF vid 20°C – **0,6** %, korrektion p.g.a. givarens fuktkapacitet **+0,2% RF**, utvidgad mätosäkerhet $k=2 \pm 2,0\%$ RF.

I kolumnen **Slutvärde** redovisas summan av kolumnerna **Kalibrerad RF**, **Korr.för RF vid 20°C**, **Korr pga fuktkapacitet** samt **Osäkerhet k = 2** (med plus tecken). Slutvärde, Korrigerad RF vid 20°C + osäkerhet ($k = 2$), är det värde som representerar mätningens resultat och är det värde som ska jämföras med kritisk RF-nivå för vald ytbeläggning. D.v.s. den RF som ska underskridas för att ytskiktet som appliceras på betongen inte ska ta skada.

Möjlighet till reduktion av mätosäkerheten

Det är önskvärt att ha en så liten mätosäkerhet som möjligt. En minskning av mätosäkerheten innebär ju en kortare torktid för att nå ner till kritisk RF. För att kunna minska mätosäkerheten måste de olika punkterna **a – r** gås igenom för att bedöma om det finns möjlighet att minska någon av dessa faktorer. Det är alltid den till värdet största mätosäkerheten som ger störst effekt vid beräkning av kombinerad mätosäkerhet och således är det den som ska hanteras i första hand. Vanligen är det punkten **c**, drift, som ger det största bidraget till beräkningen. Driften kan minskas genom att sätta ett hårdare krav på tillåtet värde för drift t.ex. sänka värdet från $\pm 1,5$ % RF till t.ex. $\pm 1,0$ % RF vid borrhålsmätning. Bidraget till mätosäkerhetsberäkningen blir då 0,58 % istället för 0,87 % RF. Men att sätta ett hårdare krav har sitt pris. Egenkontrollen måste utföras med tätare intervall och risk finns för att givaren måste skickas på kalibrering med tätare intervall.

Ett annat sätt att minska mätosäkerheten är att mäta i flera mätpunkter. Mätpunkterna ska i så fall placeras nära varandra för att representera en och samma plats. Ju fler mätpunkter som används ju lägre blir mätosäkerheten. Detta går det att läsa mer om i skriften Mätosäkerhetsberäkningar för relativ fuktighet i betong. /23/