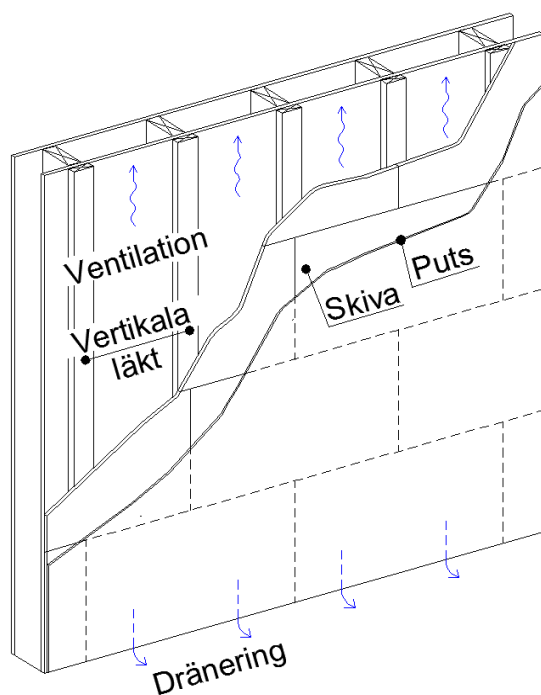


SBUF 12489 – Ventilerad fasad med puts på skiva

Bakgrund

Fuktskador i enstegstätade fasader med puts på isolering och regelstommar har orsakat samhället stora kostnader. Allt eftersom riskerna med fasadtypen har blivit kända har användningen av en alternativ byggmetod där puts appliceras på skivor ökat. Som Figur 1 visar så monteras skivorna på distans från regelstommen så att en öppen luftspalt bildas. Med denna uppbyggnad kan regn som passerar fasadbeklädnaden dränera ut i underkant spalt medan fukt som absorberas i väggen förväntas torka med hjälp av ventilation. Det är dock mycket osäkert hur stor ventilationen i en ytterväggsspalt faktiskt blir. Detta innebär att det är svårt att göra kvalificerade bedömningar av vilken uttorkningsförmåga och därmed fuktsäkerhet som uppnås med en ventilerad putsfasad. En annan osäkerhet med puts på skiva är om fuktrörelser i materialen över tid kommer att initiera sprickor över skivskarvar och andra defekter som negativt påverkar fasadens estetik och beständighet.



Figur 1.

Illustration av en ventilerad fasad med puts på skiva.

Forskningsarbete

Projektet har utförts och presenterats som en doktorsavhandling av industridoktorand Jörgen Falk med stöd av SBUF och Skanska Sverige AB. Handledare har varit docent Kenneth Sandin och adjungerad professor Manouchehr Hassanzadeh, båda verksamma vid Avdelningen för Byggnadsmaterial på Lunds Tekniska Högskola.

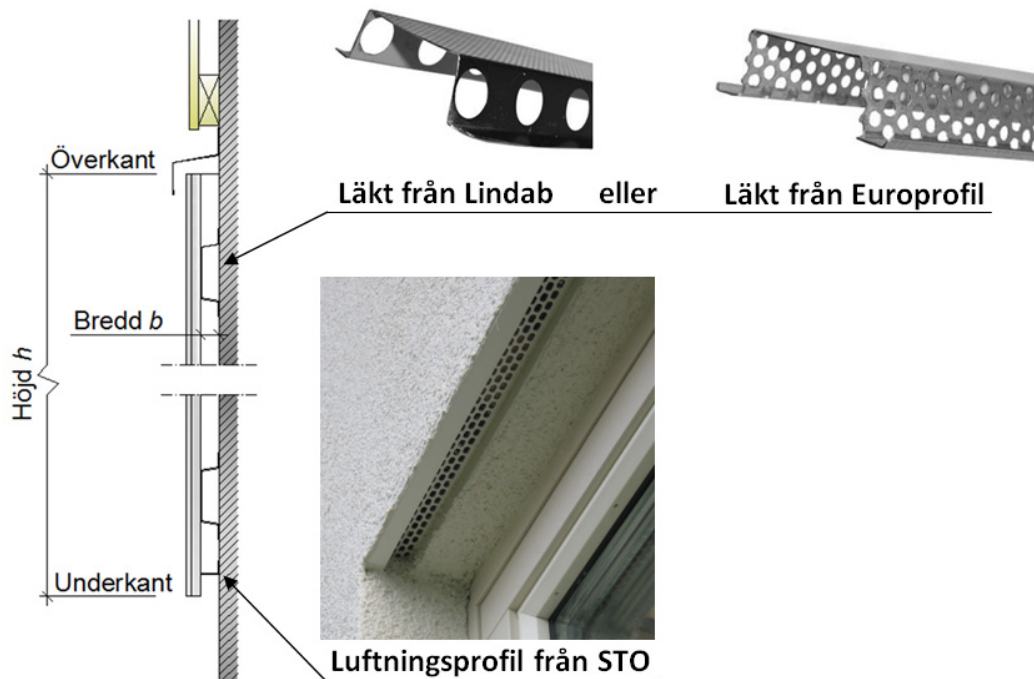
De frågeställningar som undersökts i projektet är:

1. Vilken luftomsättning finns i en spalt bakom puts på skiva.
2. Vad betyder luftomsättningen för uttorkningsförmågan.
3. Går luftomsättningen i en spalt att modellera.
4. Vilka fuktrörelser uppstår i en fasadbeklädnad med puts på skiva.

I frågeställning 1-2 har speciellt undersökts skillnader mellan två typer av luftspaltsbildande läktsystem som ofta används i praktiken – vertikala träläkt respektive horisontella ställäkt som är perforerade med hål. Ställäkten finns i olika utföranden och ger produktionstekniska fördelar när läkt skall fästas mot vertikalt ställda regler i väggstommen.

Spalt som studerats

Figur 2 visar den spaltutförning som projektet behandlar. Spalten har höjd h , bredd b och är kontinuerligt öppen i både överkant och underkant längs med fasaden. Överkanten är avtäckt med en plåt medan underkanten är helt öppen eller skyddad med en luftningsprofil. Läkten utgörs av vertikala träläkt (se Figur 1) eller horisontella ställäkt med konstruktionshöjd 25 mm.



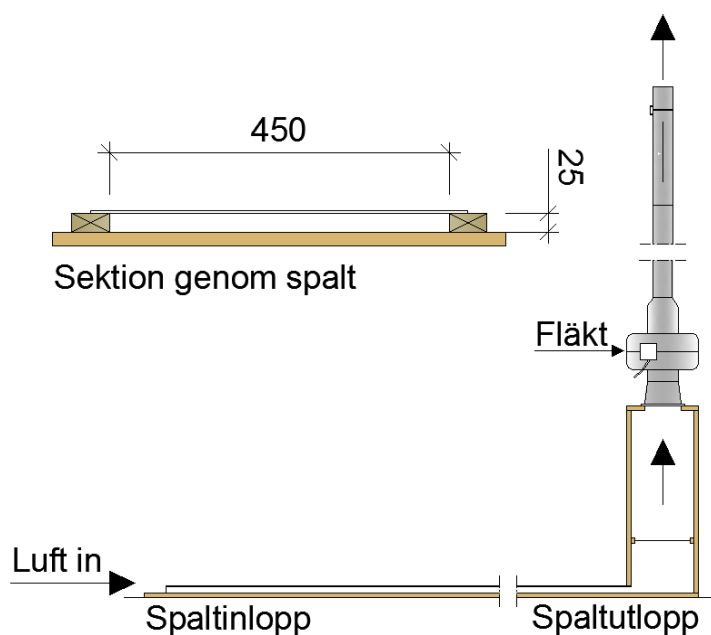
Figur 2.

Utförning av den spalt som studerats i projektet.

Genomförande

Arbetet inleddes med att identifiera modeller för att räkna på luftströmning, värme- och fuktbalans i spalter med olika geometriska förutsättningar. För att bestämma värden på viktiga parametrar i luftströmningssmodellen genomfördes mätningar i en fullskalig spaltuppställning i

laboratorium. Som Figur 3 visar var spalten vid dessa mätningar orienterad horisontellt och anslöt till en låda. I andra änden på lådan fanns en fläkt för att skapa luftströmning i spalten. I uppställningen varierades spaltens längd, typ av läkt och utformning vid in- och utlopp.



Figur 3.

Spaltuppställning för bestämning av olika strömningstekniska parametrar.

För att studera luftströmning i spalter under fältförhållanden byggdes experimentväggar med fyra individuella luftspalter i en provhusbyggnad, se Figur 4. I spalterna mättes luftens hastighet och temperatur under en 5-månaders period från oktober till februari. Från mätresultaten kunde den genomsnittliga luftomsättningen uppskattas.

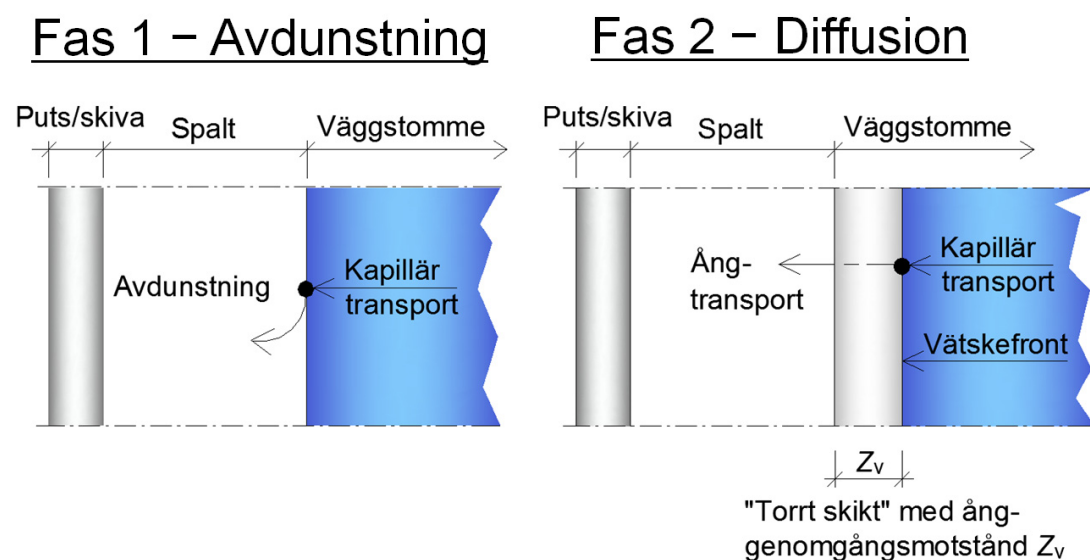


Figur 4.

Experimentväggar i vy utifrån (markerade med vit ram i vänster bild) och inifrån (höger bild).

För jämförelse med de experimentella resultaten utfördes beräkningar av den genomsnittliga luftomsättningen i experimentväggarna. Det beräknades även hur omsättningen skulle öka eller minska vid några fiktiva förändringar av den faktiska utformningen av väggarna, till exempel annan fasadkulör och större eller mindre spaltbredd.

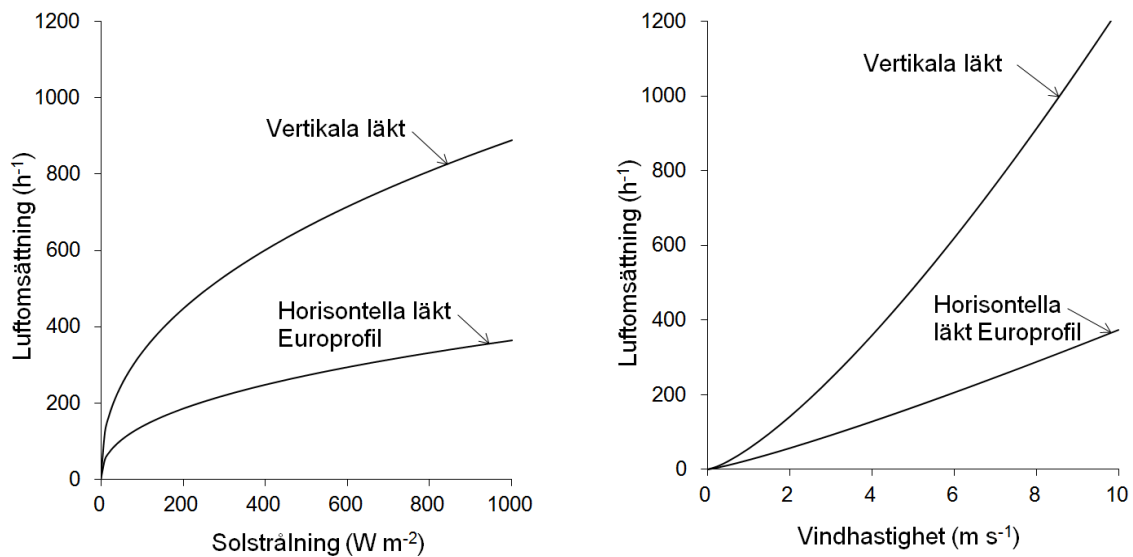
Utifrån beräknad luftomsättning undersöktes spaltens funktion i uttorkningsförlopp. Det antogs då att ett material mot spalten är fuktmättat varefter torkhastigheten beräknades i två olika faser, se Figur 5. I fas 1 sker torkning genom avdunstning till spaltluften. När avdunstning upphör inträder fas 2 där fortsatt torkning till spalten sker genom att fukt diffunderar genom ett "torrt skikt" från en vätskefront inuti materialet. Skiktet kännetecknas av ett ånggenomgångsmotstånd Z_v ($s\ m^{-1}$). För de två olika faserna beräknades den mängd fukt som spalten transporterar bort, uttryckt som ett fuktutbyte ($g\ m^{-2}\ dygn^{-1}$). Den praktiska betydelsen av erhållna siffervärden konkretiserades genom att jämföra uttorkningstider för en fuktmättad vindskyddsskiva av gips.



Figur 5.

Torkning av ett fuktmättat material i direkt anslutning till en ventilerad spalt.

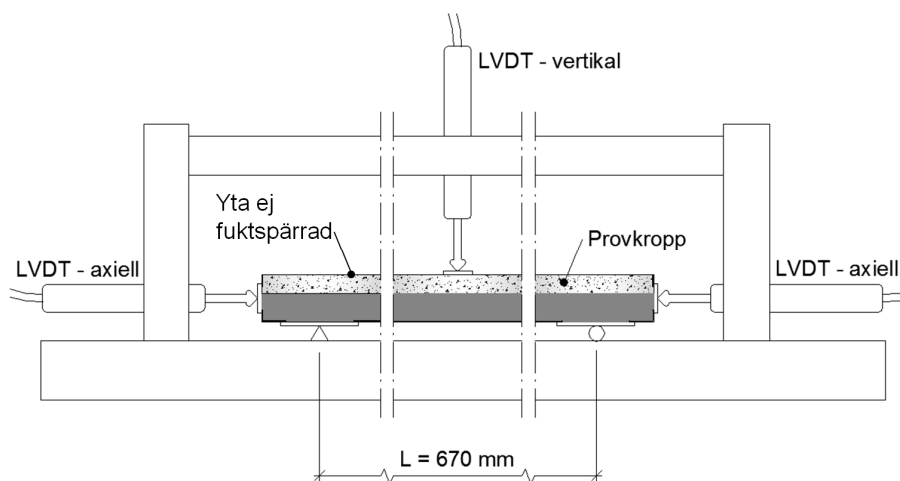
Vid fuktsäkerhetsprojektering av ventilerade ytterväggar används vanligen simuleringsprogram typ WUFI. Det krävs då att användaren anger hur luftomsättningen varierar över tid. För att undersöka om det med den samlade kunskapen var möjligt att modellera realistisk indata för simuleringssyften formulerades en metodik för att enkelt konvertera solstrålningsdata och vinddata till luftomsättning. Metodiken baseras på att luftomsättningen uttrycks som funktion av solstrålning respektive vindhastighet såsom visas i Figur 6. Med hjälp av dessa funktioner och det uppmätta utomhusklimatet under lufthastighetsmätningarna beräknades timvärden på luftomsättningen för jämförelse med det experimentella resultatet.



Figur 6.

Luftomsättning som funktion av solstrålning (vänster) och vindhastighet (höger).

I den avslutande delen av projektet bestämdes materialkoefficienter för puts- och skivmaterial som ingår i två ofta använda systemuppbyggnader för ventilerad putsfasad. För att undersöka de axiella och vertikala rörelser som uppstår när putsade skivor utsätts för fuktvariationer och fuktgradienter tillverkades 700 mm långa och 60 mm breda provkroppar som placerades i försöksuppställningar enligt Figur 7. Som figuren visar mättes rörelserna med deformationsgivare typ LVDT. För att styra klimatet runt försöksuppställningarna användes klimatboxar där luftens relativa fuktighet varierades med mättade saltlösningar. De experimentella resultaten jämfördes med beräkningar baserade på en analytisk två-skiktsmodell som ger axiell och vertikal rörelse när fukttinnehållet i materialen ändras.



Figur 7.

Försöksuppställning för att mäta axiella och vertikala fuktrörelser hos putsad skiva.

Resultat och slutsatser

Luftomsättning

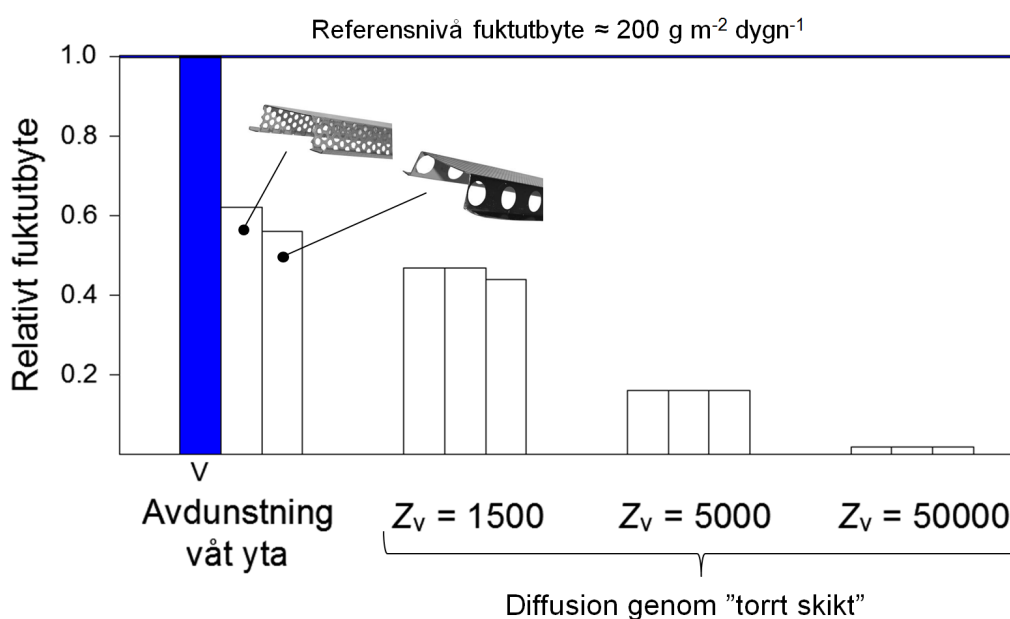
Den genomsnittliga luftomsättningen (h^{-1}) i spalterna baserat på mätningar var:

- 230-310 med vertikala läkt
- 75-100 med horisontella läkt Lindab
- 95-130 med horisontella läkt Europrofil

Den med modeller beräknade genomsnittliga luftomsättningen var i samma storleksordning som mätningarna visade (avvikelse mindre än 20%).

Fuktutbyte

Spaltutformningen har en stor betydelse för storleken på fuktutbytet om materialet mot spalten är fuktmättat över stora ytor och torkar genom avdunstning. Vid sådana extrema fuktbelastningar påverkar horisontella ställäkt, en ljus fasadkulör och, speciellt, en liten spaltbredd fuktutbytet negativt. När torkning måste ske genom diffusion till spalten tenderar skillnader mellan olika spaltutformningar att jämnas ut. Som exempel visar Figur 8 hur läktsystemet påverkar fuktutbytet i olika skeden i ett uttorkningsförlopp. Det framgår att vertikala läkt är det mest fördelaktiga alternativet i avdunstningsfasen men att horisontella ställäkt ger ett likvärdigt fuktutbyte när fukt måste diffundera genom ett "torrt skikt".



Figur 8.

Relativ jämförelse av fuktutbytet ($\text{g m}^{-2} \text{ dygn}^{-1}$) för en 25 mm bred spalt som är utformad med vertikala (V) alternativt horisontella läkt.

Uttorkningstider

Beräkningar av uttorkningstider för en vindskyddsskiva av gips som är fuktmättad över stora ytor visade att torktiden:

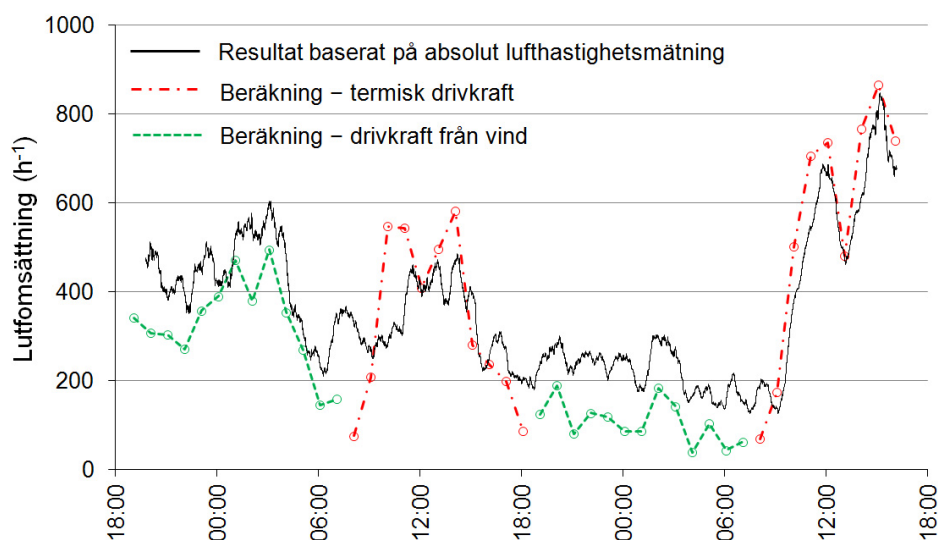
- blir längre med horisontella ställläkt än med vertikala läkt men att skillnader beroende på läktsystemen jämnas ut med en ”praktisk” detaljutformning vid spaltöppningarna som begränsar strömningsarean.
- endast blir marginellt kortare om spaltbredden ökar från 25 till 40 mm men förlängs med en faktor 10 om spaltbredden minskar från 25 till 5 mm.
- förlängs med en faktor 2 eller mer för en ljus fasadkulör i jämförelse med en mörk.

För scenariot att vindskyddsskivan initieellt endast är lokalt fuktmättad visade beräkningar att torktiden blir lika lång med vertikala läkt som med horisontella ställläkt. Torktiden blir också ungefär densamma om spaltbredden är 40 eller 5 mm.

Om vindskyddsskivan är fuktmättad över stora ytor och sitter monterad bakom oventilerad puts på isolering blir uttorkningstiden en faktor 4–75 gånger längre jämfört med ett montage mot en 25 mm bred spalt som är utformad med vertikala läkt. Om spaltbredden understiger 10 mm riskerar dock uttorkningstiden bli lika lång som med puts på isolering.

Modellering av luftomsättning

För 13 individuella tidsperioder som omfattade 24–91 timmar stämde modellerad luftomsättning rimligt väl överens med luftomsättning bestämd genom mätningar. Figur 9 ger som exempel en jämförelse på timnivå för en period över 48 timmar i spalten med vertikala läkt. Metodiken som användes har potential att kunna vidareutvecklas till ett användarvänligt hjälpmedel för att modellera realistisk luftomsättningsdata till simuleringar i programvaror typ WUFI. En generell tillämpning av metodiken förutsätter dock att validering utförs för olika klimat och väderstreck.

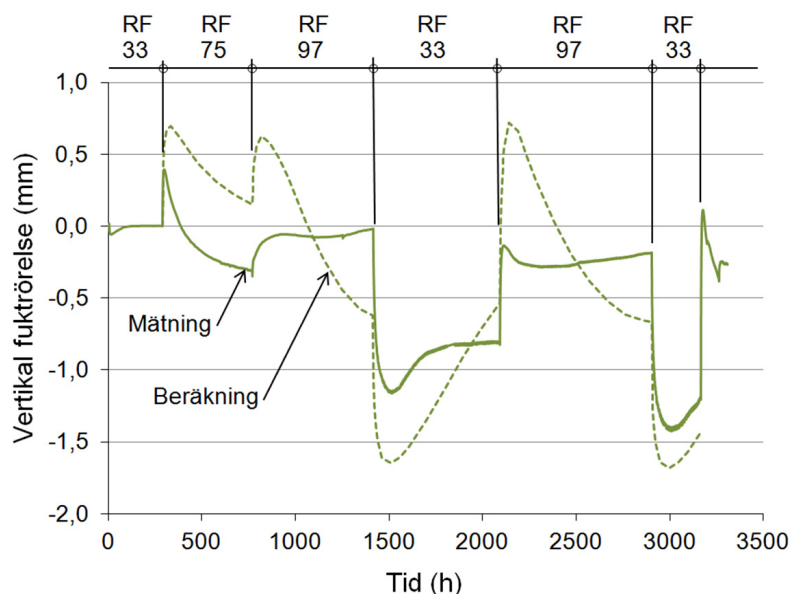


Figur 9.

Jämförelse på timnivå mellan luftomsättning uppskattad från mätningar och modellerad luftomsättning.

Fuktrörelser

Figur 10 visar jämförelse mellan mätt och beräknad vertikal fuktrörelse (utböjning) hos en provkropp av puts på skiva när den relativa fuktigheten (RF) i omgivande luft ändras i intervallet 33-97%. För en bättre simulering av fuktrörelserna skulle krävas att den analytiska två-skiktmodellen utvidgas till att inkludera inverkan av bland annat nätarmering i putsen alternativt numeriska simuleringsmetoder.



Figur 10.

Jämförelse mellan uppmätt och beräknad vertikal fuktrörelse för puts på skiva. En betydande orsak till avvikelserna mellan resultaten är beräkningarna inte beaktar inverkan av nätarmering i putsen.

Resultaten från undersökningen av fuktrörelser ger underlag för vidare studier av risk för uppkomst av sprickor i fasader med puts på skiva.

Referenser

- Falk J. (2014) Rendered Rainscreen Walls – Cavity Ventilation Rates, Ventilation Drying and Moisture-Induced Cladding Deformation. Doctoral Thesis. Division of Building Materials, Lund University. Report TVBM 1032.
- Falk J, Molnár M, Larsson O. (2014) Investigation of a Simple Approach to Predict Rainscreen Wall Ventilation Rates for Hygrothermal Simulation Purposes. *Building and Environment* 73:88-96.
- Falk J, Molnár M, Hassanzadeh, M. (2013) Moisture-Induced Deformation of Multilayer Rendered Rainscreen Structures. Not published manuscript.
- Falk J, Sandin K. (2013) Ventilated Rainscreen Cladding: A Study of the Ventilation Drying Process. *Building and Environment* 60:173-184.
- Falk J, Sandin K. (2013) Ventilated Rainscreen Cladding: Measurements of Cavity Air Velocities, Estimation of Air Changes Rates and Evaluation of Driving Forces. *Building and Environment* 59:164-176. The paper received a 2013 Best Paper Award from journal *Building and Environment*.
- Falk J. Ventilerad fasad med puts på skiva. *Bygg & Teknik* 4/12:59-63.
- Falk J. (2010). Ventilerad luftspalt i yttervägg – luftomsättningar och konvektiv fuktransport. Licentiatuppsats. Avd Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBM-3155.
- Falk J. Ventilerad fasad med puts på skiva. *Bygg & Teknik* 8/09:16-20.