

Ny analysteknik av flyktiga föroreningar i betong

En vanlig orsak till "Sjuka hus" är fuktskadade betonggolv som på olika sätt anses kunna inverka negativt på inomhusmiljön. När fuktig betong påverkar ovanliggande ytskikt ges det utrymme för nedbrytande processer och olika ämnen avges till rumsluft. Det är även känt att dessa ämnen kan diffundera neråt in i betongkonstruktionen.

Fuktskadade golv, som orsakar besvär hos människor som vistas i lokalerna, har man känt till under lång tid och åtgärdat på många olika sätt. Fukt från betongen, så kallad alkalisk fukt, kan bidra till att golvlim och mjukgörare i mattor bryts ned varvid bland annat 2-etyl-1-hexanol och 1-butanol bildas. Dessa två ämnen och andra föroreningar kan transporteras igenom mattan och avgå till rumsluften, men även diffundera djupt ned i underliggande betongkonstruktion och lagras där under lång tid efter att fukten torkat ut. Det medför att även om man tar bort ytskikten och låter den frilagda ytan luftas en tid kommer flyktiga ämnen finnas kvar i betongen. Risken är då stor att de lagrade ämnena i betongen kommer att avges till rumsluften efter att man återställt golvet. Ett vanligt sätt att åtgärda är att man enbart byter ut ytskikten på en betongplatta med limmade mattor. Detta medför ofta att besvären återkommer i dessa lokaler då man inte utrett om underliggande betongkonstruktion är förorenad, dvs innehåller deponerade kemiska ämnen från processerna i ytskikten. Har man sedan bytt ut en fuktskadad tät matta mot ett mer otätt material får man ofta ännu mer besvär än tidigare.

Bedömning av golvkonstruktion via luftprofiler

Idag använder man sig ute på fältet i stor utsträckning av luftmätningar, där de två indikatorämnena 2-etyl-1-hexanol och 1-butanol ges ett relativt fritt utrymme för tolkningar, när det gäller att bedöma om en eventuell skada i golvkonstruktionen har uppstått till följd av inverkan av fuktig betong på golvatta och/eller lim. Med en samtidigt utförd riktad luftmätning mot golvytan kan man även för det enskilda fallet verifiera huruvida ämnena primärt kommer från golvkonstruktionen. Om indikatorämnena förekommer i avvikande halter, vilket betyder lägre eller högre halter än vad som kan förväntas för normalfall under rådande provtagningsbetingelser, ges det för de högre halterna en indikation på fuktskador i golvkonstruktionen. Genom att enbart titta på flyktiga indikatorämnena från luftprovtagning i luft är det således inte alldeles enkelt att ställa korrekta diagnoser på vilken karaktär ett fuktskadat eller potentiellt fuktskadat betonggolv har.

Bedömning av golvkonstruktion via betongprofiler

För att på mer sakliga grunder kunna bedöma om en skada förekommer i en aktuell betongkonstruktion kan det vara av utredningstekniskt större värde att ta ut prover från olika djup i betongen. Analyser som väl beskriver hur flyktiga föroreningar finns fördelade på olika djup i betongmaterial bör kunna bana väg för säkrare och mer kostnadseffektiva åtgärdsförslag. Erhållna resultat ger således vägledande underlag till om man enbart behöver rengöra betongytor och byta ut överliggande golvsikt istället för att behöva tillgripa mer omfattande åtgärder i form av byte av ytskikt, rengöring av betongytor samt

installation av mekaniskt ventilerade golv. Betongprofilanalyser kan även användas vid miljöinventeringar i syfte att verifiera huruvida betong innehåller inslag av lösningsmedel, oljor, polyaromatiska kolväten (PAH) med mera.

Analys och provtagningsutrustning

Det finns olika tekniska möjligheter att provbereda och analysera betongmaterial m a p flyktiga föroreningar såsom 1-butanol och 2-etyl-1-hexanol [1, 2]. Den använda headspacemetodiken skiljer sig väsentligen från en tidigare publicerad metodik [2].

Till cirka 10 g betong, antingen i pulverform eller i större bitar, adderas 5 ml vatten/etanol (9/1) och internstandarder. Provkärl sätts att jämvikta under kraftig omskakning under 30 min vid 85 °C. Med automatik förs ett prov på luften, som befinner sig ovanför och i jämvikt med den uppfuktade betongen, över till ett system, gaskromatografi/masspektrometri (GC/MS), som separerar och detekterar förekommande flyktiga föroreningar. Analysutrustningen och kärl med betongprov före tillsats av jämviktsmediumet vatten/etanol ses i *figur 1* [3].

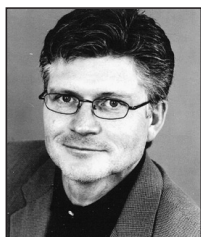
Uttag av betong för analys har gjorts med torrbörning, där den använda borrkronan har diametern 45 mm. Övrig lämplig utrustning för provtagning ses i *figur 2* [3].

Fallstudie

I samband med en teknisk statusbedömning av golvkonstruktionen i ett tre år gammalt daghem tog man våren 2003 bland annat ut betongkärnor för fuktmetning och kemisk materialanalys enligt ovanstående metodbeskrivning. Anledningen var misstankar om att golvmaterialen var skadade av fukt.



Artikelförfattare är **Karl-Olof Schoeps** och **Joakim Honkaniemi**, Pegasus lab AB, samt **Torbjörn Hall**, White arkitekter AB och Chalmers Tekniska Högskola.



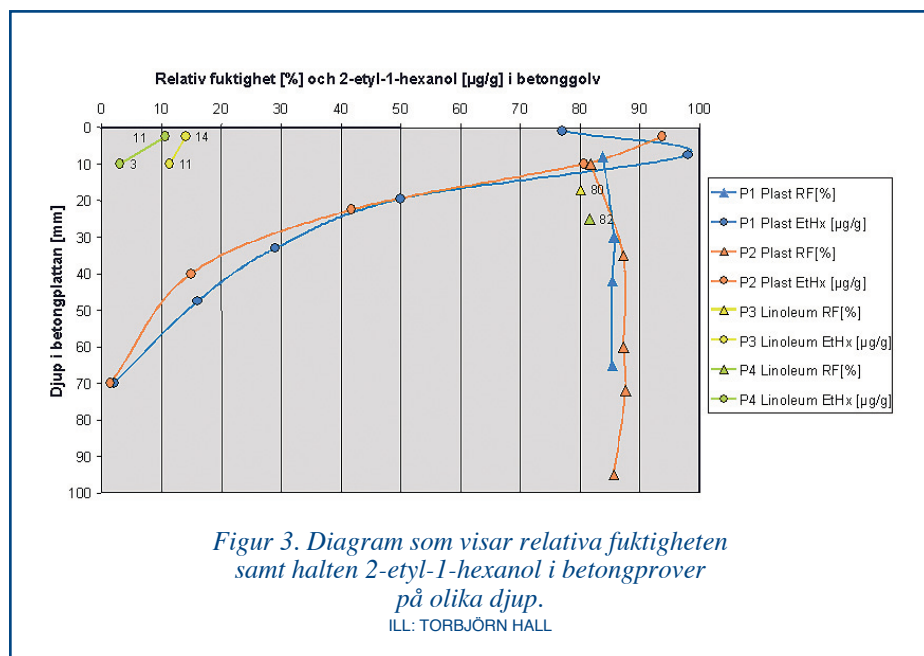
Figur 1. Analysinstrument. Headspace kopplat till GC/MS (vänster), samt glasvial med betongprov för analys (höger).

FOTO: PEGASUS LAB AB

Golvkonstruktionen var av typen platta på mark med underliggande isolering uppbyggd av stålglättad 100 mm betong K35 vct ~ 0,6, 100 mm cellplastisolering, plastfolie och därunder ytterligare 200 mm cellplastisolering. Plastmattor (provpunkt P1 och P2) och linoleummattor (provpunkt P3 och P4) var limmade direkt mot betongen. Avjämningsmassa hade inte använts. Delar av resultaten redovisas i figur 3. Diagrammet är uppbyggt som ett tvärsnitt av betongplattan med betongens yta i dess överkant. Den övre skalan anger både relativ fuktighet [RF %] och totalhalten 2-etyl-1-hexanol uttryckt i vikt per vikt betong [$\mu\text{g/g}$]. Den vänstra skalan anger djupet ned i betongplattan. Angivna djup är medelvärdet av det djup som provbitarna uttagits från. Bland annat så representerar det undre värdet, som i figuren angivits till 70 mm, betongbitar ned till plattans underkant. I de punkter där flera prover tagits på olika djup redovisas resultaten som fuktprofiler respektive profilen av 2-etyl-1-hexanol.

Fuktigheten och halterna av 2-etyl-1-hexanol är nära nog identiska i de två provpunkterna under plastmattorna. Det samma gäller för de två provpunkterna under linoleummattorna men med tydligt lägre halt 2-etyl-1-hexanol. Beträffande profilen av 2-etyl-1-hexanol i provpunkt P1, har den en något lägre halt i överkanten (0–2 mm djup) än i provet därunder (2–13 mm djup). Detta kan bland annat förklaras med den blåsbildning som här fanns på plastmattan och att denna punkterats en tid före provtagningen.

Uppmätta halter under plastmattorna är enligt hittills erhållna erfarenheter höga och tyder på att limmet brutits ned samt att kemiska ämnen deponerats i betongplattan. Uppmätta halter under linoleummattorna är troligen normala mängder orsakade av den relativt stora mängd lim som används till linoleummattor i kombination med våtlimning i enlighet med tillverkarnas anvisningar.



Figur 3. Diagram som visar relativa fuktigheten samt halten 2-etyl-1-hexanol i betongprover på olika djup.

ILL: TORBJÖRN HALL

Analys av rumsluften vid plastmattorna (provpunkt P1 och P2) visar på en halt av 5–6 $\mu\text{g/m}^3$ 2-etyl-1-hexanol och vid linoleummattorna (provpunkt P3 och P4) 2 $\mu\text{g/m}^3$ 2-etyl-1-hexanol. Provtagningen utfördes under dagtid med pågående verksamhet och normala ventilationsförhållanden.

Fukten kommer i detta fall varken från marken eller från någon typ av läckage efter byggnadens färdigställande. Den "skadliga fukten" är istället orsakad av antingen felbedömd fukthalt i betong innan mattlimning och/eller en förhöjd fukthalt orsakad av för snabb våtlimning. Att analysen visar på lägre halter under linoleummattorna kan bero på att dessa inte är lika diffusionstäta som plastmattorna. Fukten har därför snabbare kunnat torka ut, vilket reducerat eller eliminerat nedbrytning av limmet. Dessutom kan stor del av den initialt bildade 2-etyl-1-hexanolen redan ha emitterats upp till inommiljön. Linoleummattorna innehåller inte heller de ftalater som kan brytas ner

av alkalisk fukt och bilda bland annat 2-etyl-1-hexanol.

Jämförelse med andra mätmetoder

Den hastighet med vilken 2-etyl-1-hexanol eller andra förekommande kemiska ämnen under ett golvtytskikt emitteras upp till rumsluften beror bland annat på; den resulterande fria koncentrationen i betongen, limskiktets porer, ovanliggande materials täthet med mera.

Hur länge en emission av dessa ämnen från betong kan pågå, beror dessutom på den totala mängden. Det materialspecifika sambandet mellan totala mängden och den resulterande fria koncentrationen i porerna är i dagsläget inte känt. Jämför fuktjämvikt, där materialdata är väl känd genom hygroskopiska sorptionskurvor som ger sambandet mellan fuktinnehåll och relativ fuktighet [RF %] vid en given temperatur. Fuktinnehållet uttrycks som fukthalt [kg/m^3] eller fuktkvot [kg/kg] eller [FK %]. Axeln för RF kan ändras till att ange absolut vatteninnehåll (ånghalt [kg/kg] eller [kg/m^3]) vid en viss temperatur och uttrycka den fria koncentrationen. Här redovisad analysteknik bedömer den totala mängden 2-etyl-1-hexanol och 1-butanol uttryckt i $\text{kg}_{\text{oc}}/\text{kg}_{\text{btg}}$, vilket med fuktberäkningar kan jämföras med fuktkvot. Tidigare publicerad analysteknik [1] bedömer istället den fria koncentrationen vid jämvikt [kg/m^3], vilket med fuktberäkningar kan jämföras med absolut vatteninnehåll i porsystemet (ånghalt).

Ett annat sätt att bedöma förekomst av dessa ämnen är att utföra en luftanalys direkt på plats under golvplattan. Detta ger en bedömning av den fria koncentrationen i limmets porsystem.

Mätning av flyktiga organiska ämnen i rumsluft kan kombineras med en så kallad riktad mätning mot ytskikt. En använd metod är då att anbringa en kupa i form av exsickatorlock mot ytan och utföra luft-



Figur 2. Provtagningsutrustning för kemisk betongprofilanalys. Pegasus lab AB.

FOTO: PEGASUS LAB AB

provtagning i denna. Metoden används för att bedöma om de ämnen som förekommer i luften primärt emitteras från den yta där locket anbringas.

Med vilken hastighet dessa ämnen emitteras kan bedömas genom mätning med emissionskammare lagt på dess yta. En standardiserad metod finns för Field and Laboratory Emission Cell, FLEC [4]. Resultatet uttrycks vanligen som emissionsfaktor i mängden avgående kemiska ämnen per ytenhet och tid [$\text{kg}_{\text{oc}}/\text{m}^2, \text{h}$].

Slutsatser

Trots ett mindre antal fältstudier, i vilka det utförts både analys av kemisk betong-

profil och tillhörande mätningar av fuktprofil i samverkan med erfarna skadeutredare, tyder de redovisade resultaten på att kemisk analys av betongprofiler kan ge värdefull hjälp vid de tekniska bedömningarna av hur fuktskadade betonggolv bör åtgärdas. Resultaten tyder också på att metoden har god repeterbarhet.

Förhoppningsvis kan metoden bidra med ökad kunskap och säkrare statusbedömning av golvkonstruktioner med limmade golvmaterial. ■

Referenser

[1]. Sjöberg A. *Secondary emissions from*

concrete floors with bonded flooring materials – effect of alkaline hydrolysis and stored decomposition products. 2001, Publication P-01:2, Chalmers University of Technology, Sweden.

[2]. Hjellström T., Wadsö L. and Kristenson J. *Multiple headspace extraction gas chromatography for quantification of VOC's in concrete*. Proceedings: Indoor Air 2002.

[3] Pegasus lab. 2002.

[4] Working document CEN/TC 264/WG 7/N140/ ENV13419-2. *Building Products Determination of the emission of volatile organic compounds; Part 2: Emission test cell method*.