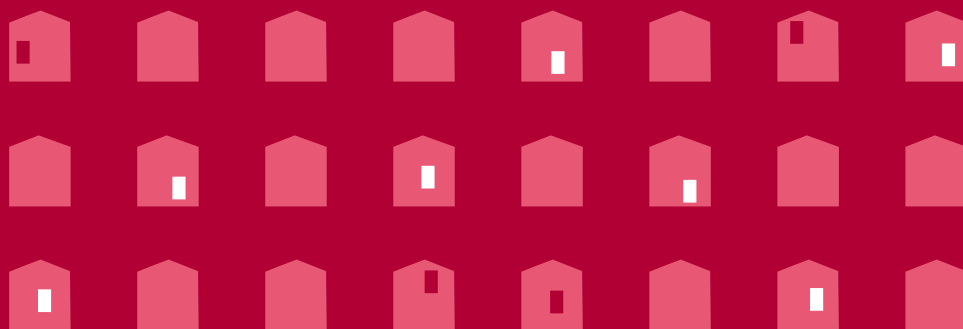


Inomhusklimat Örebro 2006



Konferens 14-15 mars

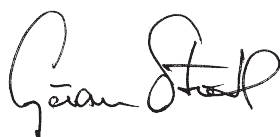


Förord

Konferensen *Inomhusklimat Örebro 2006* är den åttonde sedan 1985 som anordnats av Yrkes- och miljömedicinska kliniken vid Universitetssjukhuset Örebro. Vi vill med dessa konferenser sprida kunskaper om aktuella frågeställningar om inomhusklimat och ohälsa. Vi bjuder in forskare och praktiker inom området för att på ett begripligt sätt ge översikter över kunskapsläget inom detta svåra och interdisciplinära område.

Tanken är att konferensdeltagarna ska få med sig kunskaper och verktyg för att kunna fortsätta det viktiga arbetet med att skapa en god inommiljö i våra byggnader.

Örebro mars 2006



Göran Stridh



Kjell Andersson



Wenche Aslaksen



Inger Fagerlund

Innehållsförteckning

		Sida
Session 1	Hälsa och inomhusklimatet	9
Kjell Andersson	Dalen, Hammarby sjöstad, Moderna museet – vad har vi lärt?	10
Magnus Svartengren	Hälsa och inneklimat ur ett läkarperspektiv	23
Lars Belin	Kropp och själ i innemiljö	32
Lars-Gunnar Gunnarsson	Hjärnans reaktion på signaler från innemiljön	47
Peder Wolkoff	Luftkvalitet och besvär	53
Lars Mølhav	Hur mäter man människors reaktioner på damm och kemi i klimatkammarförsök?	70
Session 2a	Föroreningar i innemiljön	83
Göran Stridh, Mona Hygerth	Kemiska emissioner från ytmaterial vid olika fuktförhållanden	84
Tord Larsson	Växter är inga bra luftrenare	89
Anders Sjöberg	Kemiska ämnen i golv och användning av emissionsspärrar	107
Session 2b	Föroreningar i innemiljön	119
Aino Nevalainen	Mikroorganismers betydelse i skadeutredningar	120
Peder Wolkoff	Finns det ”okända ämnen X” i inneluften och vad betyder i så fall dessa?	125

		Sida
Sarka Langer, Lars Ekberg	Nytt om småpartiklar och partikel- spridning via ventilationen	134
Göran Stridh	Partiklar och kemi	146
Tom Follin	Har vi någon nytta av partikelmätningar vid skadefall?	161
Ingemar Samuelson	Certifiering av skadestredare – behövs det?	170
Session 3	Energibesparing och innemiljö	175
Ingemar Samuelson	Energihushållning och innemiljö – möjligheter och risker	176
Göran Leander	Energihushållning och kvalitetssäkring av innemiljön – praktiska erfarenheter	183
Arne Elmroth Sten Olaf Hanssen Göran Leander Ingemar Samuelson	Diskussion: Klarar vi energimålen utan att försämra innemiljön?	195

Kemiska ämnen i golv och användning av emissions-spärrar

Anders Sjöberg

- Hur mäter man kemiska föroreningar i fuktskadade golv och hur tolkar man resultaten?
- Kan man emissionsspärra kemin i golv?
- Vad är skillnaden mellan olika emissionsspärrar?

Hur mäter man kemiska föroreningar i fuktskadade golv och hur tolkar man resultaten?

Riktade emissionsmätning

Vid utredning av orsakssambandet i byggnader med sjuka-hus sjukan (SBS, sick building syndrome) är det vanligt att utredaren gör riktade emissionsmätning mot golvet eller andra ytor som misstänks utgöra onormalt stora emissionskällor. Sådana mätningar kan i många fall hjälpa utredaren att hitta ytor i byggnaden som har onormalt höga emissioner. Exempel kan vara väggfärg som inte torkat på avsett vis, linoleummattor som skadats av städkemikalier eller en feltillverkad golvmatta med alldeles för höga egenemissioner. Dessa riktade emissionsmätningar kan utföras på ett standardiserat och repeterbart sätt med hjälp av mätcellen FLEC.

Det har dock visat sig att riktade emissionsmätningar mot ytor är ett otillräckligt verktyg för att med säkerhet avgöra om det finns emissionskällor inne i konstruktionen. Detta beror på att avgivningen av mätbara ämnen från ytan kan vara mycket liten även fast konstruktion är kraftigt skadad inuti. Om konstruktionen exempelvis har ett ytmaterial som kraftigt minskar emissionen till rummet av de mätbara ämnena samt att luftväxlingen i lokalen är hög kan en stor emissionskälla inne i en konstruktion vara svår att upptäcka med en riktad emissionsmätning. För att mäta denna typen av emissionskällor behöver man istället använda sig av en annan typ av mätteknik där man öppnar upp konstruktionen innan mätningen sker.

Anledningen till att man vill hitta emissionskällor som inte är mätbara beror på att det finns erfarenheter som visar på ett samband mellan ohälsa, SBS och förekomsten av fuktrelaterade emissionskällor såsom mikrobiell

förekomst eller kemisk nedbrytning av vattenbaserade golvlim. Erfarenheten visar att i de fall man avhjälpt fuktproblemet och avlägsnat emissionskällan inne i konstruktionen har hälsoproblemen minskat eller helt försvunnit.

Observera att det endast finns ett fåtal erfarenhet om sambandet mellan ohälsa och förekomsten av ytor med höga emissioner. I vissa fall kan det till och med upplevas som positivt och väldoftande och vara önskvärt med materialemissioner, exempelvis från nysågat trä eller limoleummattor.

Emissionsmätning med hål i ytskiktet

Det har utvecklats olika typer av tekniker för att avgöra om det finns emissionskällor inne i en golvkonstruktion. Den första bygger på metodiken och utrustningen som används för riktade emissionsmätningar. Metoderna är så snarlika varandra att det många gånger kan vara svårt för en utomstående att inse att det inte är frågan om en riktad emissionsmätning.

Metoden innebär att ett hål görs i ytskiktet och därefter används samma metodik som för riktad emissionsmätning för att göra en emissionsmätning över hålet. Med standardiserad storlek på hålen kan resultaten från flera olika mätningar jämföras med varandra. Dock använder sig olika utredare av olika storlekar på hålen, vanligt förekommande är fyrkantiga hål med 10 cm sida samt runda stansade hål med 25 mm diameter.

Många utredare anser att den föreskrivna metodiken för mätcellen FLEC är för krånglig och tidsödande när man vill göra många mätningar i ett stort objekt. Därför använder de sig ibland istället av ett exsickatorlock och ett förenklat förfarande. Mätningar med hjälp av exsickatorlock utförs både genom att mäta koncentrationen i en konstant luftström som tas ur exsickatorlockets centrumhål och genom att kontinuerligt mäta koncentrationen som byggs upp inuti ett oventilerat exsickatorlock som ligger över hålet i golvbeläggningen. Ibland används ett direktvisande fotoakustisk analysinstrument av typen Brüel & Kjær 1302 vid mätningar med exsickatorlock.

Denna metodik används främst av erfarna utredare för att avgöra i vilken omfattning det förekommer deponerade nedbrytningsprodukter under mattan. Med hjälp av mätresultatet från denna mätning tillsammans med en uppmätt fuktprofil från undergolvet kan utredaren avgöra om det är en

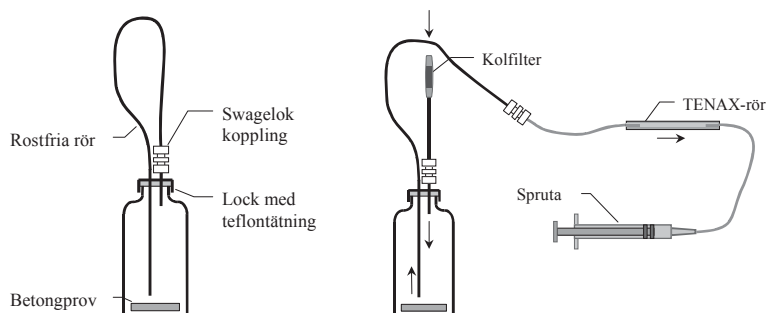
gammal eller pågående skada. Dessa olika situationer kräver sedan att man går vidare på olika sätt.

Handlar det om en fuktrelaterad emissionskada som nu är torr behöver man bara försäkra sig om att fukten inte återkommer efter det att emissionskadan åtgärdats. Är det däremot en pågående fuktig skada måste man istället dimensionera en åtgärd som tar hand om både fukt- och emissionsproblematiken. Båda dessa situationer kan naturligtvis kräva att man fortsätter undersökningen, exempelvis med fördjupade mätningar.

Mätning på uttagna betongprover

För att i detalj kunna avgöra hur djupt deponerade nedbrytningsprodukter från alkalisk nedbrytning av golvlim har trängt in i betongundergolvet har olika analyslaboratorier utvecklat egna metoder. Med de flesta av dessa metoder kan man dessutom få en uppfattning om hur stor mängd nedbrytningsprodukter som deponerats och finns lagrade på olika djup i betongen. Dessa uppgifter kan sedan användas till att avgöra hur kraftfull åtgärd som måste användas för att avhjälpa emissionskadan.

Den första metoden kan liknas vid att mäta fukt i betong med RF-metoden för uttaget prov. Metoden är framtagen på Chalmers av Sjöberg (2001a) och går ut på att man tar upp betongbitar från olika djup i golvet och försluter dem i speciella flaskor, se figur 1. Efter ett par dagar i rumstemperatur, när ämnena i betongen har kommit i jämvikt med luften i flaskan tas ett luftprov från headspacen i flaskan. Luftprovet fångas på en absorbent av Tenax eller aktivt kol och koncentrationen analyserad med hjälp av en gaskromatograf (GC). Profilen som bildas av att koncentrationen av de gasformiga kemiska ämnena är olika på olika djup i betongen talar direkt om ifall ämnena nu håller på att tränga längre in i konstruktionen eller vädras ut. Eftersom koncentrationsskillnader är den drivande potentialen för transport i gasfas innebär detta i praktiken att nedbrytningsprodukter alltid transporten från områden med hög koncentration, till områden med låg koncentration.

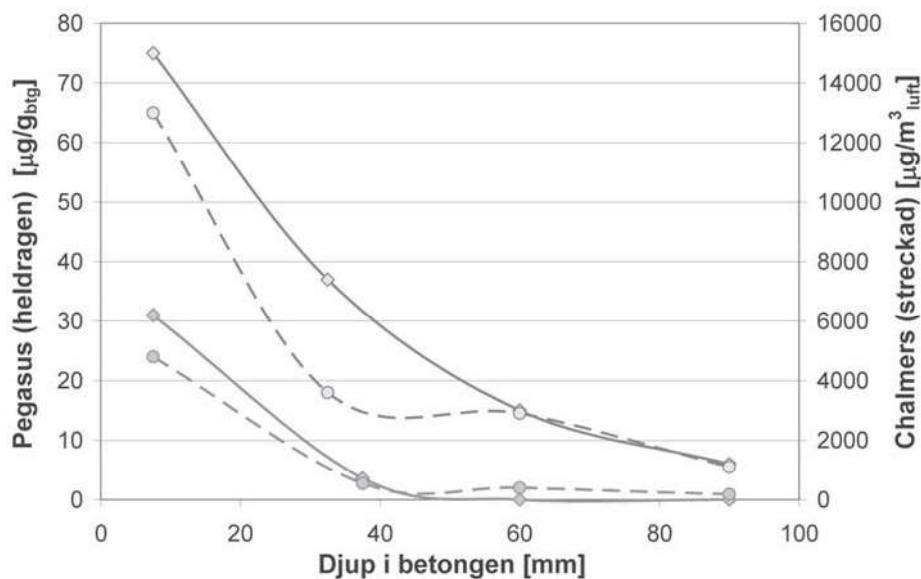


Figur 1. Flaskan vid konditionering respektive provtagning enligt Chalmers metod.

En annan metod har utvecklats av Pegasus Lab och bygger på att man indirekt mäter det totala innehållet av specifika kemiska ämnen i betongen. Ungefär 3g betongkross eller borrhax läggs i en vial tillsammans med 5 ml av en lösning bestående av vatten och etanol. Blandningen skakas under 30 minuter i 85 °C och därefter injiceras övertrycket i headspacen i en GC-MS. Genom framtagna samband kan sedan Pegasus Lab översätta analysresultatet till den totala mängden för två typiska nedbrytningsprodukter som ofta återfinns i emissionsskadad betong. Mätning på betong från flera djup på samma plats ger en profil av koncentrationen som även lämpar sig för att utvärdera inträngningsdjup och transportriktningar.

Utvärdering av profiler från betonganalyser

I figur 3 redovisas profiler från två platser uppmätta med både Pegasus och Chalmers metod. De heldragna linjerna är den totala mängden 2-etyl-1-hexanol i betongen uppmätt med Pegasus metod, vänster y-axel. De streckade linjerna är den fria koncentrationen av 2-etyl-1-hexanol i luften i porerna i betongen uppmätt med Chalmers metod, värden på höger y-axel.

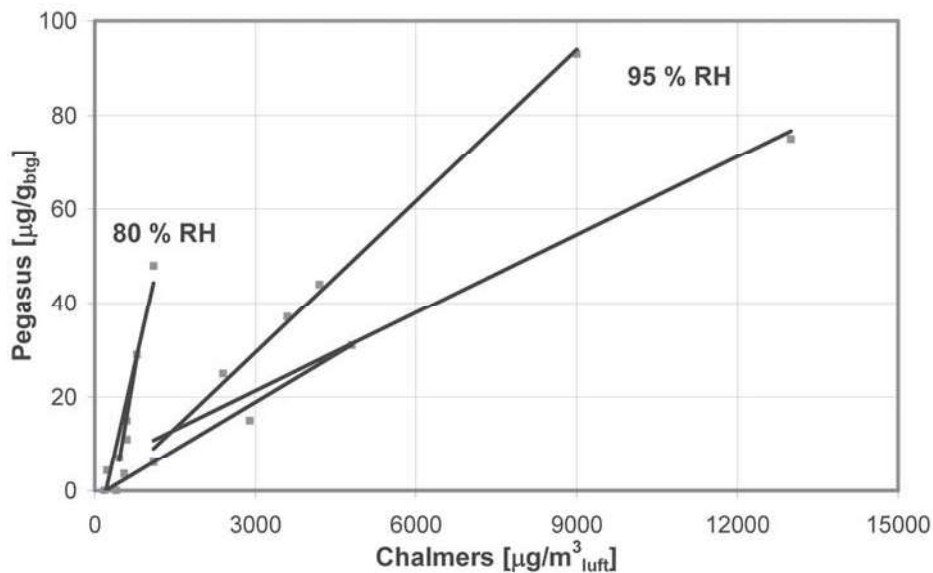


Figur 2. Profiler av total mängd (Pegasus) och fri koncentration (Chalmers) av 2-etylhexanol i betonggolv på två olika platser.

Genom att studera profilernas form i figur 2 kan man få mycket information. Dels är profilernas form nära ytan intressant. I detta fall när de högsta värdena finns närmast ytan och värdena sjunker monotont med djupet i betongen säger det oss att nedbrytningen sannolikt ännu pågår. Hade istället högsta värdet funnits en bit in i konstruktionen hade vi förstått att ämnena under mattan börjat avtaga och tolkat detta som att nedbrytningen sannolikt avstannat sedan en tid. Nästa sak att lägga märke till är att inträngningsdjupet är markant olika för profilerna. I det översta fallet har ämnena trängt in till minst 90 mm djup medan inträngningsdjupet endast är omkring 40 mm i det understa fallet. Slutligen ger den integrerade ytan under linjerna oss en uppfattning om den totala mängden 2-etyl-1-hexanol vid respektive provtagningsplats. Dessa uppgifter kan man sedan sammanlagt användas i beslutsprocessen vid val av åtgärd för det emissionsskadade golvet.

Genom att kombinera resultat från de båda metoder, som är uppmätta på betong från samma plats och djup, kan man få fram ett samband som beror av fuktnivån i betongen, se figur 3. Detta samband visar att betongen

innehåller en större total mängd 2-etylhexanol vid en lägre fuktighet om samma värde på den fria koncentrationen uppmätts.



Figur 3. Samband mellan total mängd (Pegasus) och fri koncentration (Chalmers) av 2-etylhexanol vid två olika fuktnivåer.

Kan man emissionsspärta kemin i golv?

Olika alternativ till åtgärdsförslag

Den tekniskt sett bästa åtgärden för ett emissionsskadat golv är att avlägsna allt ”smittat” material, åtgärda fuktkällan samt återställa konstruktionen med en robust lösning som inte riskerar att få framtida problem. Ofta låter detta sig inte göras utan man väljer istället en lösning med en ventilerade spaltbildande golvskena som för bort emissionerna från golvkonstruktionen innan de når inomhusluften. Nackdelen med denna lösning är att den vanligen kräver åtminstone någon cm bygghöjd samt ett kontinuerligt underhåll för att fungera i längden.

I de fall när det bara finns en begränsad mängd deponerade nedbrytningsprodukter i undergolvet kan ovanstående åtgärder bedömas vara onödigt kraftfulla. I de fallen övervägs ibland att istället applicera ett målningsbart spärrskikt direkt på betongen efter att den gamla ytbeläggningen avlägs-

nats. Denna lösning används ibland även när det inte går att montera ett ventilerat övergolv på grund av dess bygghöjd. Ett målningsbart spärrskikt bygger som mest endast någon 1/10-dels mm.

Erfarenheter och referenser för emissionsspärrar

Erfarenheter av målade emissionsspärrar är mycket blandade. Ingen vet säkert om de verkligen kan avhjälpa hälsoproblem av typen SBS när problemet antas vara emissioner från golvkonstruktioner. Tillverkare och leverantörer av dessa produkter har inte tillgång till adekvat information om sina egna produkters funktion och egenskaper. I bästa fall har de rapporter från referensobjekt där något problem uppges ha upphört sedan preparatet applicerats på golvet. Men ibland beskriver dessa rapporter inte ens vilken typ av problem som avses samt omfattningen av problemet som avhjälpas.

Samtliga av dessa rapporter är skrivna på sådant sätt att det inte med säkerhet går att avgöra om spärrskiktet haft en avgörande inverkan på problemets lösning. Bland annat beror denna osäkerhet på att undersökningarna har gjorts utan ordentliga referensobjekt. Ofta har man dessutom vidtagit flera åtgärder samtidigt, exempelvis bytt golvbeläggning och vädrat undergolvet en tid. Det går då inte att särskilja inverkan av dessa extra åtgärder från spärrskiktets. Slutligen är uppföljningarna av åtgärder som presenteras bristfälligt utförda. Ofta är de dessutom gjorda efter mycket kort tid, 1 månad – 1 år. Inte i något enda fall har en ordentlig uppföljning av det ursprungliga problemet utförts efter lång tid, dvs 2 – 10 år.

Vad är skillnaden mellan olika emissionsspärrar?

Uppmätta egenskaper

Det har visat sig i en studie på Chalmers av Sjöberg (2001b) att det går att sänka emissionen av n-butanol och 2-etyl-1-hexanol från en betongyta genom att applicera ett målningsbart spärrskikt. Emissionen av enskilda kemiska ämnen minskar markant med rätt emissionspärr, men ingen undersökning har hittills visat att en emissionspärr helt kan spärra alla emissioner från en betongyta.

Chalmers undersökning visade att det var stora skillnader mellan olika typer av emissionspärrar. Nedanstående tabell är en sammanställning av uppgifter från Sjöberg (2001a & 2001b). Samtliga värden på spärrskikt är

framtagna med spärrskikten applicerade på 20 mm tjocka betongskivor av två olika kvaliteter. Betongskivornas inverkan är subtraherad från de värden för spärrskiktens som redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Genomgångsmotstånd hos spärrskikt och andra golvbeläggningar, [$\cdot 10^3$ s/m].

	Betong, vct 0,66			Betong, vct 0,39		
	H ₂ O	BuOH	EtHx	H ₂ O	BuOH	EtHx
Epoxi*	410	3'200	150	210	1'600	230
Silan*	57	0	12	95	600	23
Vattenglas*	4	4	12	0	0	23
Creom*	0	16	12	0	180	23
Penetron*	0	31	30	0	160	23
Betong, 20 mm	15	180	88	37	260	120
Linoleum	400	2'900	90	–	–	–
PVC-matta	2'000	3'700	380	–	–	–
Platon Golv (blå)	11'000	10'400	2'400	–	–	–

* värdena är uppmätta med skiktet applicerat på 20 mm betongskiva, vars täthet sedan subtraherats.

Nedanstående beskrivningar av spärrskikten är en sammanställning av uppgifter ur Sjöberg (2001b) samt information lämnad av leverantörer och användare av spärrskikten.

Epoxi

Detta preparat är en tvåkomponent härdplast som uppges fungera som fukt-, alkali- samt emissionsspärr. Generellt sett gäller att de två komponenterna, ”bas” och ”härdare”, levereras arbetsplatsen separerade. Efter att komponenterna blandats stryks preparatet ut på betongytan där det härdar till ett hårt skyddande skikt.

Det härdade epoxiskiktet fungerar som emissionsspärr eller snarare ”emissionsbroms” genom att reducerar emissionen av mätbara nedbrytningsprodukter från betongytan. Vid nyproduktion av betonggolv fungerar det härdade epoxiskiktet som ett effektivt skydd som förhindrar alkalisk nedbrytning av golvljmet.

Erfarenheten av renovering av emissionsskadade golv är god för denna produkt. Författaren känner för tillfället inte till några objekt där renovering av torra men emissionsskadade golv misslyckats.

Silan

Detta preparat är en polär monomer som tränger ned någon cm i betongen efter applicering och binder på porväggarna. Preparatet uppges vara kapillärbrytande och diffusionsöppet samt emissionspärrande. Med monomer menas en liten molekyl som kan byggas ihop med andra, ungefär som länkarna i en kedja. Överblivna silan-monomerer kan reagera med varandra, polymerisera, t.ex. med en monomer som redan bundit på porväggen.

När polymeriseringen ägt rum i betongen har silanen kemiskt bundit till OH-grupper på porväggarna. Detta får, enligt uppgift, till följd att inget vatten kan bindas i porsystemet och betongskiktet som impregnerats blir hydrofob (vattenavvisande). I det hydrofoberade område kan inte vatten, nedbrytningsprodukter eller andra ämnen fästa. De nedbrytningsprodukter som tidigare deponerats och finns bundna i detta område tvingas att bli flyktiga.

Betongytor som impregnerats med silan har endast begränsat emissionspärrande egenskaper. Detta beror på att dessa ytor fortfarande är diffusionsöppna och kan utan motstånd släppa genom nedbrytningsprodukter. Den reducerande effekt som ses i tabell 1 härrör sannolikt från att nedbrytningsprodukterna inte kan binda till porväggarna i det impregnerade området. Vid nyproduktion av betonggolv har hydrofoberingen uppvisat hinderande inverkan på alkalisk nedbrytning av golvljmmet.

Erfarenheten av renovering av emissionsskadade golv är blandad för denna produkt. Författaren känner till ett antal objekt där renovering av torra men emissionsskadade golv misslyckats och behövts göras om med annan lösning efter ett antal år.

Vattenglas

Detta preparat tränger vid applicering ned i betong mellan 1 – 3 cm och härdar till svårlösliga kiselföreningar. Kiseldioxiden reagerar huvudsakligen med kalciumsalter, t.ex. kalciumklorid och kalciumhydroxid, och bildar kalciumsilikat som sätter sig på porväggar och förstärker strukturen. Preparaten uppges fungera som fukt- och alkalispärr. I bland uppges en impregnering sänka pH värdet med 2-3 enheter och fuktnivån till under 85 % RF. Denna effekt samt dess inverkan på golvsystemet finns dock inte dokumenterad i någon rapport.

Vattenglas är en klar vätska med något högre viskositet än vatten. Vätskan består av kiseldioxid löst i basisk lösning, vanligtvis natriumhydroxid (NaOH) eller kaliumhydroxid (KOH) och vatten. Vattenglas har fått sitt namn då den kvarvarande ”massan” efter vattnet dunstat bort liknar glas.

Betongytor som behandlats med vattenglas har knappt inga emissions-spärrande egenskaper. Den svaga effekt som ses i tabell 1 härrör sannolikt från att porsystemets tvärsnittsarea minskar något när vattenglas binder till strukturen. Vid nyproduktion av betonggolvet har dock vattenglas uppvisat hindrande inverkan på alkalisk nedbrytning av golvljmet.

Erfarenheten av reovering av emissions-skadade golvet är blandad även för denna produkt. Författaren känner till ett antal objekt där reovering av torra men emissions-skadade golvet misslyckats och behövt göras om med annan lösning efter ett antal år.

Creom

Detta preparat är en termoplast som uppges fungera som fukt- och alkalispärr men ibland även används som emissions-spärr. Preparatet är en halvtransparent emulsion i vätskeform som består av alifatisk polyeten, copolymerharts samt akrylatpolyme och är helt vattenbaserat utan lösningsmedel.

Efter att preparatet applicerats på en betongyta, uppges det tränga in 2 –10 mm och härda. Efter härdning bryts betongens kapillärsugande förmåga, samt nötningsbeständighet ökar.

Betongytor som behandlats med Creom har knappt inga emissions-spärrande egenskaper. Den svaga effekt som ses i tabell 1 härrör sannolikt från att porsystemets tvärsnittsarea minskar något när preparatet binder till strukturen. Vid nyproduktion av betonggolvet har dock Creom uppvisat hindrande inverkan på alkalisk nedbrytning av golvljmet.

Erfarenheten av reovering av emissions-skadade golvet är blandad även för denna produkt. Författaren känner till ett antal objekt där reovering av torra men emissions-skadade golvet misslyckats och behövt göras om med annan lösning efter ett antal år.

Penetron

Detta preparat är cementbaserat och uppges vara en kapillär vattentätning för betong som även kan användas för att påskynda uttorkning och spärra emissioner. Preparatet är ett pulver som består av cement, fin kvartssand samt tillsatsmedel i form av naturidentiska aktiverare.

Preparatet slipas vanligtvis ned i betongen där det sedan uppges tränga vidare in i betongen med hjälp av ”osmotiskt tryck”. Preparatet reagerar därefter med betongens cementdel och bildar kristaller, som enligt uppgift tätar defekter i strukturen och ”driver ut” fukt. I Sjöberg (2001b) blandades preparatet till en slamma, av tillverkaren, som sedan ströks på betongytan.

Betongytor som behandlats med Penetron har knappt inga emissions-spärrande egenskaper. Den svaga effekt som ses i tabell 1 härrör sannolikt från att porsystemets tvärsnittsarea minskar något när preparatet binder till strukturen. Vid nyproduktion av betonggolv har Penetron inte uppvisat någon som helst hindrande inverkan på alkalisk nedbrytning av golvlimet, snarare tvärt om.

Författaren saknar erfarenheter av renovering av emissions-skadade golv saknas för denna produkt.

Referenser

- Sjöberg A. Sekundära emissioner från betonggolv med limmade golvmaterial –effekter av alkalisk hydrolys och deponerade nedbrytningsprodukter. Institutionen för byggnadsmaterial, Chalmers, Göteborg P-01:4. 188 sidor. Svensk översättning av doktorsavhandling. www.bm.chalmers.se/research/publika/p014.htm
- Sjöberg A. Egenskaper och funktion hos fukt- och alkalispärrar på betong Institutionen för byggnadsmaterial, Chalmers, Göteborg 2001. P-01:5. (42) sidor. www.bm.chalmers.se/research/publika/p015.htm