Hans Gustafsson

Golvmaterial på olika typer av fuktiga betongunderlag

- Översikt och kommentarer till undersökningar med inriktning på kemisk nedbrytning och emission

SP
Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
Kemisk Analys
SP RAPPORT 1996:25

SBUF

BYGGFORSKNINGSRÅDET

SP PROVNING FORSKNING

Abstract

Moisture Induced Chemical Degradation and Emission from Flooring Materials on Damp Concrete

A critical review of a number of investigations concerning the effects of damp concrete on various flooring materials has been carried out.

Flooring materials can affect the air quality in buildings due to emissions of chemical substances. In several cases, especially in Scandinavia, enhanced emissions have been caused by moisture induced degradation of adhesives and vinyl floor coverings on concrete floorings. The chemical degradation of the plasticizer in vinyl flooring covering by ester hydrolysis is accelerated by presence of alkali in the concrete. Even dispersion-based adhesives based on acrylate copolymers can be hydrolysed by damp concrete, giving rise to emission of e.g. 2-etylhexanol and butanol. Hydrolysis of the the adhesive to a sticky mass means that its bonding performance is degraded.

The effects of damp concrete on various floring materials have also been noticed in laboratory investigations. The review is focused on five investigations, performed at different laboratories, with test pieces of concrete in various combinations with smoothing compound, dispersion-based adhesive and vinyl floor covering. Concretes with different water-cement ratios and types of cement were cast in cups. The concretes were left to dry for varying periods of time in order to obtain different moisture content. The emission measurements were performed with Field and Laboratory Emission Cell, FLEC. Generally the studies show that several factors, beside high moisture content in the concrete, can affect the decomposition of flooring materials and thus the emission of chemical compounds. The decomposition of materials also occured on concrete with lower cement-water ratio (self-desiccation concrete) even with relatively low moisture content. This is probably due to the higher content of alkali in the concrete composition. However, it is difficult to compare the investigations with respect on moisture content since the moisture contents have been measured with different techniques.

The composition of the adhesives affect the types of the emitted compounds. The emission of 2-etylhexanol from plasticizer in vinyl flooring covering was low compared with the amount emitted from degradated adhesive. Different types of barriers, as smoothing compound, intended for application on concrete before the application of adhesive and laying of vinyl floor coverings, may prevent the decomposition. The investigations also show that emission can occur 2-4 months after the flooring materials have been laid on the test specimen and even can be present after 2 years. The review contains 30 references, mainly in Swedish.

Key words: concrete, moisture induced degradation, chemical emission, dispersion-based adhesives, vinyl flooring covering, FLEC, indoor air quality

Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
SP Rapport 1996:25
ISBN 91-7848-629-7
ISSN 0284-5172

Swedish National Testing and Research Institute
SP Report 1996:25

Postal Adress:
Box 857, S501 15 BORÅS,
Sweden
Telephone + 46 33 16 50 00
Telex 36252 Testing S
Telefax + 46 33 13 55 02

Innehållsförteckning

Abstract		**2**
Innehållsförteckning		**3**
Förord		**4**
Sammanfattning		**5**
1.	**Bakgrund**	**6**
1.1	Syftet med rapporten	6
1.2	Varför uppstår mattsläpp, blåsbildning och luktande kemiska ämnen?	6
1.3	Förebyggande åtgärder	7
2.	**Laboratorieundersökningar**	**8**
2.1	Sammanfattning av fem laboratorieundersökningar med inriktning på syfte, material och metodik	8
2.1.1	Beskrivning av de fem studierna	9
2.1.1.1	Undersökning vid FoA 1991	9
2.1.1.2	Undersökning av Alexanderson 1994	9
2.1.1.3	Undersökning av GBR 1995	9
2.1.1.4	Undersökning av Alexanderson 1995	10
2.1.1.5	Undersökning vid CTH 1995	10
3.	**Resultat från undersökningarna**	**11**
3.1	Resultat som är gemensamma för de fem undersökningarna	11
3.2	Detaljreferat av resultat för olika materialkombinationer	11
3.2.1	Limmad golvbeläggning på traditionell husbyggnadsbetong	12
3.2.2	Olimmad golvbeläggning på traditionell husbyggnadsbetong	13
3.2.3	Limmad golvbeläggning på avjämningsmassa och underlag av traditionell husbyggnadsbetong	13
3.2.4	Limmad golvbeläggning på byggfuktfri betong	13
3.2.5	Limmad golvbeläggning på avjämningsmassa och underlag av byggfuktfri betong	14
3.3	Sammanställning av emissionsnivåer för limmad matta på betong med olika RF och vattencementtal	14
4.	**Kommentarer**	**15**
4.1	Allmänt	15
4.2	Inverkan av betongkvalitet	16
4.3	Inverkan av spärrskikt	17
4.3.1	Ytbehandlings- och impregneringsmedel	18
4.3.1.1	Referat av examensarbete om tre olika typer av spärrskikt	18
4.3.1.2	Referat av rapport om "målade fuktspärrar"	19
4.3.2	Avjämningsmassa	20
4.4	Golvlim	21
4.5	Golvbeläggningar	22
5.	**Litteraturreferenser**	**24**
6.	**Bibliografi**	**27**

Förord

Betong som inte fått torka ut ordentligt kan skada golvbeläggning och mellanliggande material som t ex lim. Ibland kan även emission av luktande kemiska ämnen till rumsluften uppkomma. Åtgärder för att sanera objekt med denna typ av skador har i vissa fall uppgått till flera miljoner kronor.

Under senare år har flera laboratorieundersökningar genomförts i syfte att klara ut t ex vid vilka fuktförhållanden dessa problem kan uppkomma. Det finns därför skäl att sammanhållet presentera resultat från undersökningar som omfattat olika materialkombinationer med underlag av traditionell husbyggnadsbetong resp. modern byggfuktfri betong. Rapporten har fokuserats på fem svenska undersökningar som har publicerats i producentoberoende tidskrifter eller i rapportform med detaljerad beskrivning av metodik.

Undersökningarna har delvis genomförts med olika metodik och resultaten är därför inte helt jämförbara. Efter viss tvekan har en del av resultaten sammanfattats i tabellform. Flera faktorer påverkar uppkomsten av kemisk nedbrytning och emission. Rapporten har därför försetts med relativt omfattande och i vissa fall kritiska kommentarer, baserade på erfarenheter från mätningar vid bl a SP.

För att kunna jämföra resultat av framtida undersökningar bör dessa genomföras under strikt kontrollerade laboratorieförhållanden. För att i någon mån motsvara verkliga förhållanden bör metodiken även ge utrymme för emissions- och fuktmätningar efter relativt lång tid.

Sådana metoder bör också ansluta till det pågående europeiska standardiseringsarbetet inom CEN TC 264 / WG 7 "Indoor Air Quality - Emission of Chemical Substances from Building Materials". Nyligen har en generell metod för emissionsmätning av byggmaterial godkänts av NORDTEST. Denna laboratoriemetod, NT BUILD 438 "Emission of Volatile Compounds - FLEC", ligger i linje med CEN-arbetet. En motsvarande metod för undersökning av emission från material på plats i byggnader har ingående diskuterats vid ett seminarium arrangerat av Nordiska Emissionsgruppen och kommer att publiceras inom den närmaste tiden.

Rapporten riktar sig främst sig till projektörer, inköpare, byggarbetsledare, kvalitetsansvariga samt konsulter som arbetar med byggskadeutredningar. De olika avsnitten skall kunna läsas relativt fristående, varför något mindre textavsnitt ibland har upprepats.

Arbetet med rapporten har finansierats av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF), Byggforskningrådet och SP inom ramen för projektet "Emission i byggnader - information till byggare". Andra delar av projektet har rapporterats som SBUF-meddelanden av K Allan Andersson vid Skanska Teknik AB.

Borås i oktober 1996

Hans Gustafsson

Sammanfattning

Rapporten presenterar ett antal undersökningar som visar hur olika golvmaterial påverkas av betongfukt. Sammanställningen har fokuserats på fem svenska laboratorieundersökningar där golvsystemen har bestått av betong som gemensam faktor, i olika kombinationer med avjämningsmassa, vattendispergerat lim och vinylmatta. Traditionell husbyggnadsbetong respektive betong med lågt vattencementtal, s k byggfuktfri betong har gjutits i små formar och i regel utsatts för ensidig uttorkning. I samtliga fem undersökningar har ingått minst en vinylmatta. Att lim eller mjukgörare i golvbeläggning sönderdelas har konstaterats genom mätning av de kemiska ämnen som avges från provet. De ämnen som emitteras är främst butanol och etylhexanol. I samband med skadefall som förorsakats av fukt i undergolv, kan ofta det obehagligt luktande ämnet etylhexanol påvisas i rumsluften.

Samtliga fem undersökningar visar att:

- Golvläggning på fuktiga underlag, framför allt fuktig betong, medför risk för kemisk nedbrytning av limskikt och matta.

- Hög RF i underlaget ökar generellt risken för förhöjd samt förändrad emission.

- Underlag av lågalkalisk avjämningsmassa ger generellt lägre emission från golvkonstruktionen än motsvarande prover med enbart betong. Denna skillnad är tydligast vid höga fuktnivåer.

- Emissionen utgörs huvudsakligen av nedbrytningsprodukter från golvlimmet.

Resultaten från undersökningarna visar att flera faktorer avgör om ett golvsystem påverkas av kemisk nedbrytning. Limmets sammansättning har betydelse för vilka ämnen som emitteras. De höga emissionsnivåer som har uppmätts i några av undersökningarna kan delvis förklaras av limningsteknik och mängd påfört lim.

Emission kan även uppkomma vid nedbrytning av ftalatmjukgörare som finns i den vanligaste typen av vinylmattor. Avgivningen av etylhexanol från mjukgörare var dock låg i förhållande till vad som uppkom vid nedbrytning av lim.

Undersökningarna visar att kemisk sönderdelning huvudsakligen, men inte enbart, beror på hög fuktnivå i betongunderlaget. Nedbrytningen i golvsystem med betong med lågt vattencementtal, som sker även vid relativt låga fuktnivåer, antas bero på att alkalihalten är hög i denna typ av betong. Det är dock svårt att direkt jämföra fuktvärden som uppmätts i de olika undersökningarna, eftersom RF har mätts på olika djup i proven.

Undersökningarna visar också att i de fall då kemisk nedbrytning och åtföljande förhöjd emission uppkommer, sker detta 2-4 månader efter mattläggning. De flesta studierna har genomförts på vinylmattor, men även lim under linoleummattor har visat tecken på nedbrytning och emission.

Rapporten innehåller även relativt omfattande kommentarer till hur kemisk nedbrytning och emission uppstår och kan förebyggas. I rapporten ges därför också en närmare beskrivning av olika material som byggfuktfri betong, avjämningsmassa, golvlim, golvbeläggningsmaterial samt fukt- och alkalispärrar. Rapporten innehåller 30 litteraturreferenser.

1 Bakgrund

1.1 Syftet med rapporten

Denna rapport är ett försök att sammanfatta och värdera vad som nyligen skrivits om hur betongfukt påverkar kemisk emission och nedbrytning av olika material, där utgångspunkten främst är laboratoriemätningar. Rapporten vill också peka på möjligheter och svårigheter när det gäller att genomföra, utvärdera och tolka resultat från sådana mätningar.

1.2 Varför uppstår mattsläpp, blåsbildning och luktande kemiska ämnen ?

Golvbeläggningar som läggs på betong som inte fått torka ut ordentligt kan ge krympning, mattsläpp, blåsbildning (skålning), kantresning vid mattskarvar och i vissa fall avgivning (emission) av luktande kemiska ämnen.

Dessa problem orsakas huvudsakligen av den s k betongalkaliteten. Fukt fungerar som en bärare av alkalitet, s k hydroxidjoner. I mycket höga koncentrationer kan hydroxidjoner sönderdela både golvlim och mjukgörare i vinylmattor. Både nedbrytningsprodukter från mjukgörare och lim kan ge upphov till ämnen som luktar under lång tid. Betongens alkalitet är dock inte enbart av ondo utan skyddar t ex armeringsjärn mot korrosion.

Problem som mattsläpp och blåsbildning är kända sedan länge. Under senare år har intresset förskjutits till avgivning av luktande kemiska ämnen, s k kemisk emission. En internationell sammanställning har visat att material i kombination med betong kan ge upphov till långvarig emission (**16**). Detta har särskilt inträffat i Sverige, där säkerhetsmarginalerna till kritiska fukttillstånd i betongen ofta tycks vara små.

Detta har ofta berott på att man:
- inte fuktdimensionerat konstruktioner
- inte skyddat betong mot nederbörd
- inte låtit betongen torka ut innan mattläggningen

Åtgärder för att sanera objekt med denna typ av skador har i vissa fall uppgått till flera miljoner kronor.

Det kan nämnas att de flesta byggnadsmaterial kan avge kemiska ämnen även utan inverkan av fukt, s k egenemission. Egenemissionen minskar med tiden och för t ex nyproducerad golvbeläggning har den i allmänhet minskat med cirka 2/3 efter sex månader (**21**). Genom intensiv produktutveckling under senare år har dock egenemissionen minskat för många svensktillverkade material. Bl a har Golvbranschens Riksorganisation etablerat branschstandarder för mätning av emission från golvbeläggningar resp avjämningsmassor. Det finns därmed möjlighet att jämföra egenemission för olika produkter.

Den emission som uppkommer under inverkan av alkalisk fukt är dock betydligt högre än egenemissionen. Vid denna typ av skadefall bör golvbeläggning och lim avlägsnas. Undergolvet skall torkas ut och slipas innan ny mattläggning utförs (**19**).

1.3 Förebyggande åtgärder

För att förebygga skador och luktproblem är det viktigt att betongfukten är låg, innan golvbeläggningen läggs på. Som ett led i kvalitetssäkringen bör betongfukten alltså uppmätas innan underarbetet med avjämning m m påbörjas. Sedan början av 1980-talet finns rekommendationer om fuktvärden (RF) i undergolvet som inte bör överskridas vid läggning av golvmaterial (25).

När betongplattan är tjock som vid platta på mark med voter eller när betongbjälklaget består av en kvarsittande form av plåt, tar det lång tid för betongen att torka till en låg RF. Fuktighet i betong anges (enligt SS 01 61 56) som den relativa luftfuktighet som står i jämvikt med betongens egen fuktighet. I efterföljande text används uttrycken fuktnivå och fuktvärde synonymt med RF.

Låg betongfukt kan åstadkommas antingen genom långa uttorkningstider eller användning av s k "byggfuktfri betong" (30), som har ett högre cementinnehåll än traditionell husbyggnadsbetong. Den större cementinblandningen i byggfuktfri betong gör dock att alkaliteten är förhållandevis hög. Frågan om fukt och alkalitet har blivit aktuell, särskilt då användningen av byggfuktfri betong ökar. Om en betong skall betraktas som byggfuktfri bestäms av hur mycket vatten som tillförs vid betongblandningen i förhållande till mängden cement, det s k vattencementtalet (vct). Traditionell husbyggnadsbetong har ett vattencementtal på 0,7 eller lägre.

Byggfuktfri betong kan indelas i självtorkande torkande resp snabbtorkande betong. Enligt Sv. Betongföreningens och Sv. Fabriksbetongföreningens defintioner har snabbtorkande betong ett vattencementtal lägre än 0,38 men högre än 0,32. Självtorkande betong har ett vattencementtal under 0,32. För att få god bearbetbarhet måste dock dessa betongtyper innehålla en något högre dosering av flyttillsatser än traditionell betong.

Lathund för Betong torkning

Multiplicera samman *Faktor 1–5* så får du fram minimi-uttorkningstiden för ditt bjälklag

SBUF
SVENSKA BYGGBRANSCHENS UTVECKLINGSFOND

• Vilket **vct** har den använda betongen och vilken RF skall den torkas ut till under **standarduttorkningstiden** (dygn)?

Faktor 1	**vct**			
RF	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**
85 %	50	90	135	180
90 %	20	45	65	95

• Hur stor är **konstruktionstjockleken**?

Faktor 2	**vct**			
Tjocklek	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**
10 cm	0,4	0,4	0,4	0,4
15 cm	0,8	0,8	0,8	0,7
18 cm	1,0	1,0	1,0	1,0
20 cm	1,1	1,1	1,1	1,2
25 cm	1,3	1,4	1,5	1,8

SBUF:s lathund i plånboksstorlek är till för att beräkna minimitorktid från det att konstruktionen är tät. Lathunden utgår från ett standardbjälklag och är baserad på betongens vattencemental (vct) och inte på K-värdet. Observera att endast lathundens ena sida avbildats.

2 Laboratorieundersökningar

I det följande presenteras fem nyligen genomförda svenska laboratorieundersökningar som visar hur olika golvmaterial påverkas av betongfukt. En fördel med undersökningar i laboratorium, jämfört med mätningar i byggnader, är att man bättre kan styra och mäta fuktförhållanden m m. Man kan därmed säkrare värdera inverkan av de olika faktorer som påverkar kemisk nedbrytning m m.

2.1 Sammanfattning av fem laboratorieundersökningar med inriktning på syfte, material och metodik

I fem laboratorieundersökningar som publicerats under de senaste åren (**1, 2, 10, 32, 36**) har kemisk emission av s k flyktiga organiska ämnen uppmätts från olika golvsystem. Golvsystemen har i samtliga fall bestått av betong som gemensam faktor i olika kombinationer med avjämningsmassa, lim och vinylmatta. Undersökningarna har i olika grad syftat till att klarlägga hur lim och golvbeläggningar påverkas av underlag av olika alkalitet och RF.

Betong har gjutits i små formar och i regel utsatts för ensidig uttorkning varefter matta har pålagts över underlagets hela yta. I samtliga undersökningar har ingått minst en vinylmatta med mjukgörare av ftalattyp. Denna typ av matta har varit och är mycket vanlig i Nordeuropa.

I tre undersökningar har enbart traditionell husbyggnadsbetong använts och i de övriga två undersökningarna har man även använt underlag med lågt vattencementtal, som av författarna (ibland något oegentligt) betecknats som självtorkande eller snabbtorkande betong. När en betong med lågt vattencementtal har använts är detta uttryckligen angivet i referattexten. Som alternativbeteckning har begreppet byggfuktfri betong använts, dock med angivande av aktuellt vattencementtal.

Det är svårt att direkt jämföra fuktvärden som uppmätts i de olika undersökningarna eftersom RF har mätts på olika djup i provet. I tre undersökningar (2.1.1.1 - 2 och 2.1.1.4) har man t ex mätt RF på underlagets yta. I en annan undersökning (2.1.1.5) har RF uppmätts på 40 % av betongprovets djup. Denna fuktmätningsteknik på s k karakteristiskt djup (40 % av betongplattans tjocklek vid ensidig uttorkning) anges som norm vid fuktmätningar i platta på mark (**26**).

Avjämningsmassor kan vara baserade på portlandscement eller lågalkaliskt aluminatcement eller utgöra blandningar därav. Med lågalkalisk avjämningsmassa avses i det följande, om inte annat anges, aluminatcementbaserad massa utan inblandning av portlandscement. I undersökningarna har avjämningsmassa pålagts i ett skikt om antingen 10 mm (2.1.1.1 och 2.1.1.2) eller 5 mm. I två av undersökningarna (2.1.1.3 och 2.1.1.4) har skiktet på 5 mm torkat en vecka innan mattan limmats på, vilket överenstämmmer med de uttorkningstider som förutsätts för typgodkända avjämningsmassor.

Man har i flera av undersökningarna eftersträvat att lagra prover och genomföra mätningar vid den internationella standardtemperaturen 23°C. Kemisk emission och kemiska reaktioner som kan leda till sönderdelning av lim m m är dock beroende av temperaturen, varför uppmätta emissionsvärden från laboratoriemätningar inte utan vidare kan överföras till förhållanden i byggnader (22).

Emissionen har i fyra av undersökningarna mätts med FLEC (20, 23, 29, 38) som utgörs av en liten mätcell som placeras på provytan. En luftström leds över provet och passerar sedan en adsorbent där de lättflyktiga ämnen som avgivits från provets yta samlas upp. Utrustningen används även vid mätningar på plats i byggnader.

2.1.1 Beskrivningar av de fem studierna

2.1.1.1 Undersökning vid FoA 1991

I undersökningen (32) ingick två olika typer av nytillverkade vinylmattor. Den ena mattan innehöll ftalatmjukgörare och den andra innehöll en annan mjukgörare av typ sulfonsyraester. Huvuddelen av mätningarna genomfördes på prover där resp. matta limmats på underlag som antingen bestod av enbart betong eller samma betong avjämnad med 10 mm lågalkalisk avjämningsmassa. Betongen (K25) hade tillsats av luftporbildare. Mattorna limmades på underlagen vid tre olika RF i betongen (cirka 50 %, 80 % och resp. 90 % RF) direkt under mattan. Emissionsmätningar genomfördes under 8 månader från det att mattorna limmats på underlaget.

2.1.1.2 Undersökning av Alexanderson 1994

I denna undersökning (1) studerades inverkan av fukt och underlag på emission från enbart limmad golvbeläggning. En s k homogen vinylmatta limmades på betong och på avjämnad betong vid olika RF. Betongkvaliteten var K25 och utan tillsatsmedel. Tjockleken på avjämningsmassan var 10 mm. Emissionsmätningarna utfördes 2-2 ½ år efter provkroppamas tillverkning, varefter mattan avlägsnades och fuktnivån uppmättes på betongytan.

2.1.1.3 Undersökning av GBR 1995

I undersökningen (10) studerades emissionsegenskaperna för olika kombinationer av golvmaterial vid flera RF i underlaget. Underlaget befuktades med vattenånga från saltlösningar, vilket dock inte visade sig ge avsedda stationära RF-värden. I studien ingick betongunderlag utan grov ballast eller tillsatsmedel (vct 0,7) och tre olika avjämningsmassor. Två av avjämningsmassorna var baserade på aluminatcement (med respektive utan kasein) och en var baserad på portlandcement. Tjockleken på resp. avjämningsmassa var 5 mm. Undersökningen var främst inriktad på att undersöka olika typer av limmade och olimmade golvbeläggningar. Limmet applicerades på underlaget med tandad spackel (4 m^2/ L lim) och fick torka i 10 minuter innan mattan lades på.

De undersökta golvbeläggningarna var linoleum och tre olika vinylmattor. Två av vinylmattorna innehöll ftalatmjukgörare, Den ena mattan var homogen och den andra var av bostadskvalitet (s k cushion vinyl), med skummad baksida. Den tredje vinylmattan innehöll mjukgörare av typ sulfonsyraester. Emissionsmätningarna utfördes 4 och 6 månader efter pålimning av matta. För några av proverna undersöktes även emissionen från baksidorna av mattorna.

2.1.1.4 Undersökning av Alexanderson 1995

I denna undersökning (2) studerades effekten av 5 mm lågalkalisk avjämningsmassa vid högre RF i betongunderlaget (vct 0,7) än i den undersökning som författaren publicerade 1994. Utöver traditionell betong utan tillsatsmedel undersöktes även byggfuktfri betong (vct 0,35). För att åstadkomma en förhöjd fuktighet i en del av proverna med byggfuktfri betong vattenlagrades dessa. Betongen fick torka innan vinylmattan limmades på provkropparna. Ett likadant lim och matta användes som i den tidigare undersökningen (2.1.1.2). Betongen med vct 0,7 hade samma sammansättning som i GBR-undersökningen. Liksom vid den tidigare undersökningen uppmättes fuktnivån på betongytan, efter det att emissionsmätningarna slutförts och mattan avlägsnats.

2.1.1.5 Undersökning vid CTH 1995

Denna studie (36) var inriktad på att undersöka hur RF och alkalitet i betongen under lim och en vinylmatta inverkade på emissionen. I undersökningen användes bl a traditionell betong med vct 0,66 och betong med lågt vattencementtal (vct 0,42) som i studien betecknats som snabbtorkande betong. Betongen med lågt vattencementtal hade tillsats av melaminhartsbaserat flytmedel.

På en del av provkropparna påfördes 5 mm lågalkalisk avjämningsmassa. Fukttillståndet bestämdes genom att mäta RF i betongen vid 40 % av betongprovets djup (26). Fuktmätningarna utfördes i samband med pålimning av matta och vid de efterföljande emissionsmätningarna. De första emissionsmätningarna utfördes ungefär sex veckor efter pålimning av matta och de avslutande emissionsmätningarna efter drygt ett år.

I studien undersöktes även vandring av fria hydroxidjoner i betong och lågalkalisk avjämningsmassa.

3 Resultat från undersökningarna

3.1 Resultat som är gemensamma för de fem undersökningarna

- Golvläggning på fuktiga underlag, framför allt fuktig betong, medför risk för kemisk nedbrytning av limskikt och mjukgörare i matta.

- Hög RF i underlaget ökar generellt risken för förhöjd samt förändrad emission.

- Underlag av enbart fuktig betong ger högst emission jämfört med andra underlag.

- Underlag av lågalkalisk avjämningsmassa ger generellt lägre emission från golvkonstruktionen än motsvarande prover med enbart betong. Denna skillnad är mest tydlig vid höga RF.

- Emissionen utgörs huvudsakligen av nedbrytningsprodukter från golvlimmet.

Resultaten visar också att risken för nedbrytning i golvsystem kan minimeras främst genom god fuktsäkerhet och i viss utsträckning även genom val av material.

En sammanställning av ett begränsat antal emissionsmätningar för limmad golvbeläggning på betong med olika fukttillstånd finns i avsnitt 3.3.

3.2 Detaljreferat av resultat för olika materialkombinationer

Utgångspunkter

Referaten har begränsats till resultat som har principiell betydelse genom att de visat på sönderdelning av komponenter i golvsystemet eller indikerar RF då nedbrytning har eller inte har inträffat. Sålunda återges t ex inga resultat som inbegriper den i regel låga egenemissionen från olika golvmaterial.

Med förhöjd emission eller nedbrytning menas i efterföljande text avgivning av flyktiga sönderdelningsprodukter, dvs 2-etylhexanol och/eller 1-butanol. För enkelhetens skull betecknas dessa ämnen fortsättningvis etylhexanol och butanol. I de enstaka fall då sönderdelning av mjukgöraren i mattan har inträffat är detta uttryckligen angivet. Om inget annat anges har en vinylmatta av något slag, med ftalatmjukgörare, ingått i undersökningarna.

I de olika undersökningarna har emissionsnivåer uppmätts vid skilda tidpunkter. Emissionsnivåerna varierar bl a därför starkt mellan de olika undersökningarna. Uppgifter om emissionsnivåer har därför begränsats till relativa jämförelser inom samma undersökning.

Undersökningarna har omfattat ett begränsat antal kombinationer av RF och material. Angivna RF vid vilka sönderdelning har inträffat får därför under inga omständigheter uppfattas som gällande för andra kombinationer av material än de som ingått i undersökningarna. Det är dessutom svårt att direkt jämföra fuktvärden eftersom dessa har mätts på olika sätt. *Fuktnivåer som uppmätts på betongens yta anges med kursiv stil.* RF-värden som uppmätts enligt avsnitt 2.1.1.3 har inte beaktats eftersom stationära fukttillstånd inte etablerats.

I sammanställningen ges endast allmänna hänvisningar till orginalpublikationerna. Uppgifterna i undersökningarna har kompletterats genom diskussion med resp. författare. Namn på enskilda produkter eller producenter återges inte, även om detta i begränsad omfattning har skett i orginalpublikationerna.

Undersökningarna har enbart refererats med avseende på kemisk emission och/eller nedbrytning. I några fall har fördjupade undersökningar genomförts inom angränsande områden. Dessa undersökningar behandlas i viss utsträckning under avsnittet "4 Kommentarer".

De använda betongkvaliteterna har i refereraten betecknats som traditionell husbyggnadsbetong resp. byggfuktfri betong, i regel med angivande av vattencementtal. Det bör dock noteras att i någon av orginalpublikationerna (undersökningen i avsnitt 2.1.1.5) överensstämmer inte den tillverkade "snabbtorkande betongen" med branschnomenklatur. Det faktum att denna betong hade ett högre vattencementtal än egentlig snabbtorkande betong, kan ha ökat nedbrytningsprocesserna jämfört med egentlig snabbtorkande betong.

I följande avsnitt (3.2.1-3.2.5) har resultaten från undersökningarna ställts samman för olika typfall där limmad resp. olimmad ("löslagd") matta lagts på traditionell betong resp. byggfuktfri betong, med och utan avjämningsmassa.

3.2.1 Limmad golvbeläggning på traditionell husbyggnadsbetong

Samtliga undersökningar visade på förhöjd emission för vinylmattor som limmats direkt på betong vid höga RF. I den undersökning som pågick längst (1) kunde emitterande nedbrytningsprodukter påvisas efter 2 ½ år.

I de olika undersökningarna har två olika typer av golvlimmer med baserade på akrylatdispersioner med låg lösningsmedelshalt använts. Oberoende av limtyp visade det sig den ökande emissionen komma från nedbrytning av limmet.

Sammansättningen av den förhöjda emissionen var beroende på vilken typ av lim som använts. Lim baserat på sampolymer med butylakrylat och 2-etylhexylakrylat ger emission av etylhexanol och butanol vid nedbrytning, medan lim baserat på sampolymer med 2-etylhexylakrylat enbart avger etylhexanol.

För att bekräfta att limmet var orsak till den påtagliga emissionen av etylhexanol genomförde FoA kompletterande undersökningar med vinylmatta med sulfonsyraestermjukgörare. Denna typ av mjukgörare kan inte sönderdelas till etylhexanol. Det visade sig att även i detta fall kunde en förhöjd emission av etylhexanol uppmätas. Det får alltså anses klarlagt att emissionen av etylhexanol kom från det 2-etylhexylakrylatbaserade limmet.

Även lim baserat på butylakrylat har visats kunna sönderdelas av fuktig betong. I GBR-undersökningen limmades vinylmatta med sulfonsyraestermjukgörare direkt på betong. Från provet avgavs bl a butanol, något som inte kunde noteras för motsvarande olimmade prover. I samma undersökning visade det sig att även prover där vilka man limmat linoleummattor på betong avgav butanol. Butanol förekommer inte i linoleum, vilket ytterligare styrker att det är limmet som sönderdelats.

I några av undersökningarna har sönderdelning konstaterats vid definierade RF. CTH:s undersökning visade att emissionen ökade markant mellan 91 % RF och 95 % RF. I Alexandersons undersökning (1994) uppmättes förhöjd emission ner till den lägsta uppmätta fuktigheten som var *83 % RF*. Emissionen ökade kraftigt över *87 % RF*.

I FoA:s undersökning med två olika vinylmattor, skedde ingen märkbar nedbrytning vid cirka *80 % RF*, men vid cirka *90 % RF* visades en ökande emission med tiden för båda proverna.

3.2.2 Olimmad golvbeläggning på traditionell husbyggnadsbetong

I två av undersökningarna har vinylmattor lagts direkt på betong utan att limmas, s k lösläggning. Allmänt gäller att lösläggning ger lägre emission än för limmad matta, vilket förklaras av att huvuddelen av emissionen orsakas av nedbrytning av lim.

Av FoA:s undersökning framgår att de två löslagda mattproverna på fuktig betong, inte ens vid cirka *90 % RF* uppvisade tecken på nedbrytning av ftalatmjukgörare.

I GBR-undersökningen belastades dock löslagda mattor med vikter under hela lagringstiden, för att få mer verklighetsnära kontakt mot underlaget som var avjämningsmassa resp. betong. Den ena vinylmattan var homogen med ftalatmjukgörare och den andra innehöll mjukgörare med sulfonsyraester. Endast för vinylmattan med ftalatmjukgörare som lagts direkt på betong kunde låga halter av etylhexanol uppmätas. Det bör påpekas att den undersökta mattan inte var avsedd för lösläggning. Detta illustrerar att emission av etylhexanol även kan uppkomma vid nedbrytning av ftalatmjukgörare som finns i den vanligaste typen av vinylmattor. Avgivningen av etylhexanol var dock låg i förhållande till vad som kan uppkomma vid nedbrytning av lim.

3.2.3 Limmad golvbeläggning på avjämningsmassa och underlag av traditionell husbyggnadsbetong

I Alexandersons undersökning (1995) där lågalkalisk avjämningsmassa lagts på traditionell betong vid *95 % RF*, kunde varken butanol eller etylhexanol uppmätas sex månader efter pålimning av mattan.

När de två mattorna i FoA:s undersökning limmades på lågalkalisk avjämningsmassa vid cirka *90 % RF* skedde ingen nedbrytning av limmet under den 8 månader långa mätperioden. Att lågalkalisk avjämningsmassa kan ge skydd mot kemisk nedbrytning under lång tid visades i Alexandersons undersökning (1994) där nedbrytningsemission inte uppträdde ens 2 ½ år efter mattpålimningen då RF uppmättes till *89 %*.

GBR-undersökningen visade att lågalkalisk avjämningsmassa ger lägre emission för limmade prover med s k homogen vinylmatta (med ftalatmjukgörare) än motsvarande prov med portlandscementbaserad avjämningsmassa.

3.2.4 Limmad golvbeläggning på byggfuktfri betong

I CTH-undersökningen där en matta limmats mot betongunderlag med vct 0,42 skedde en kemisk nedbrytning av limmet då RF i underlaget var 85 %. Nedbrytningen av limmet antogs bl a bero på hög alkalihalt i betongen. RF uppmättes i denna undersökning vid karakteristiskt djup, dvs på motsvarande sätt som görs vid mätningar i byggnader (26).

I Alexandersons undersökning (1995) fick två olika prover som torkats i en vecka före limning mot underlag av byggfuktfri betong lagras i sex månader till en slutlig fuktnivå på *70 resp. 84 % RF*. Vid samma tidpunkt genomfördes emissionsmätningarna som visade att limmet trots dessa låga RF bröts ned, med emission av etylhexanol och butanol som följd. Det bör noteras att RF i denna undersökning uppmättes som ytfukt, vilket inte behöver avspegla RF vid karakteristiskt djup.

3.2.5 Limmad golvbeläggning på avjämningsmassa och underlag av byggfuktfri betong

För de prov i Alexandersons undersökning (1995) som belagts med avjämningsmassa på byggfuktfri betong uppvisade provet med *84 % RF* ingen avgivning alls av etylhexanol. Emissionen av butanol var mindre än en tiondel än för provet med samma RF som var limmat direkt på byggfuktfri betong. Provet med *77 % RF* uppvisade inga nedbrytningsprodukter överhuvudtaget.

Även undersökningen vid CTH tyder på att avjämningsmassa i underlaget minskar nedbrytningen. När underlaget bestod av betong med lågt vattencementtal (0,42) och lågalkalisk avjämningsmassa förhindrades nedbrytning. Emissionen av butanol och etylhexanol var då låg eller ej påvisbar när uppmätt RF var 83 %.

3.3 Sammanställning av emissionsnivåer för limmad matta på betong med olika RF och vattencementtal

Nedanstående tabell bygger på avsnitt 3.2 men upptar endast golvbeläggning som limmats på betong med definierat vattencementtal. Låg emission har betecknats med **e** och hög emission med **E**. Tomma rutor betecknar att emissionsmätning inte har genomförts.

Tabellen omfattar enstaka materialkombinationer och därför får de fuktnivåer vid vilka emission har uppträtt **inte uppfattas som gällande för alla materialkombinationer.** Det är dessutom svårt att direkt jämföra fuktnivåer som uppmätts i de olika undersökningarna eftersom RF har mätts på olika djup, något som framgår av avsnitt 2.1. Tabellen bör därför inte återges skild från sitt sammanhang.

Tabell 1. Emission från laboratorieprover där golvbeläggning limmats direkt mot betong med definierade vattencementtal (vct).

	RF	*70 %*	*84 %*	*85 %*	91 %	95 %	**Avsnitt**
vct							
0,35		e	e				2.1.1.4 + 3.2.4
0,42				e			2.1.1.4 + 3.2.4
0,66					e*	E*	2.1.1.5 + 3.2.1

Tabellen visar att en kombination av hög RF och högt vct kan ge förhöjd emission.
* Asterisk betecknar att RF uppmätts på karakteristiskt djup. Övriga värden har uppmätts som ytfukt.

4 Kommentarer

I detta avsnitt kommenteras främst de olika undersökningarna som presenterats i föregående avsnitt. Kommentarerna baseras även på andra undersökningar som berör området kemisk sönderdelning och emission. Avsnittet har i huvudsak delats upp efter materialtyper. I några fall har underavsnitt har tagits i anspråk för att referera en viss undersökning.

4.1 Allmänt

Resultaten från de fem undersökningar (**1, 2, 10, 32, 36**) som presenterats i tidigare avsnitt visar att flera faktorer avgör om ett golvsystem påverkas av kemisk nedbrytning. Resultaten visar också att risken för nedbrytning i golvsystem kan minimeras genom god fuktsäkerhet, något som ytterst är en projekteringsfråga.

Att betongunderlagets relativa fuktighet är av betydelse för nedbrytning av lim m m är känt sedan tidigare, inte minst genom olika skadefall där man haft problem med lukt och annan emission.

Undersökningarna har givetvis endast omfattat ett begränsat antal kombinationer av RF och material, där materialbeskrivningarna ofta är vaga. Angivna RF vid vilka sönderdelning av t ex lim har inträffat får därför inte uppfattas som gällande för andra eller rent av alla kombinationer av betong, lim och golvbeläggning. Det är dessutom svårt att direkt jämföra fuktvärden som uppmätts i de olika undersökningarna eftersom RF har mätts vid olika tidpunkter eller på olika djup i provet. Det är självklart svårt att med stöd av enstaka mätpunkter dra slutsatser om fördelning av RF i provkroppen. Fördelningen av fukt förändras dessutom över tiden.

En översikt av fuktprofiler och uttorkningsförlopp för olika typer av betong har publicerats (**31**). Fuktfördelningen i betong beror bl a på vattencementtalet. Betong bör torka ut på ytan före limning och mattläggning. För byggfuktfri betong tar detta någon månad, beroende på torkklimat.

De kravvärden som anges i fukttabellen i Hus AMA 83 (**26**) baseras på mätningar vid karakteristiskt djup och kan inte alltid användas för att bedöma om ytan på en betong är tillräckligt torr för att mattläggning kan ske. Betydelsen av en torr betongyta framgår av avsnitt "4.4 Golvlim".

I en av undersökningarna mättes RF med inmonterad givare. I tre undersökningar har RF mätts som ytfukt. Noggrannheten i de RF-värden som uppmätts torde i bästa fall vara cirka $\pm$ 1 % RF. Allmänt torde RF-värden som uppmäts på byggplatsen dock uppvisa ännu större osäkerhet bl a på grund av temperaturvariationer (**24**).

Undersökningarna visar att kemisk nedbrytning av lim och åtföljande emission kan uppträda 2-4 månader efter mattläggning (**10, 32, 36**) och även kan påvisas efter 2 ½ år (**1**). De flesta studierna har genomförts på vinylmattor men även lim under linoleummattor har visat tecken på nedbrytning (**10**).

Vad gäller de undersökta materialen utgör de naturligtvis endast en begränsad del av sortimentet på marknaden. Sedan undersökningarna genomfördes har produktutveckling troligen lett fram till lim (3) och vinylmattor med större alkaliresistens. Bl a annat har vinylmattor med filtbaksida kommit i mer allmänt bruk. Även plastgolv baserade på polyolefin (som inte innehåller klor eller ftalatmjukgörare) har introducerats (4). Vanliga limburkar är ett annat exempel på en produkt tillverkad av polyolefin. Vid limning av polyolefingolv krävs speciella limmer och limningsteknik för att limmet skall fästa. T ex är våtlimning nödvändigt, vilket i sin tur medför att underlaget skall vara sugande (se även avsnitt "4.4 Golvlim"). Polyolefingolv har endast funnits under kort tid varför det är svårt att räkna med att alla egenskaper är likvärdiga med dagens vinylmattor. Reptåligheten är t ex något sämre och polyolefingolv kan också vara svåra att vika. Av dessa skäl rekommenderas begränsningar i användningen av polyolefingolv t ex i våtrum och lokaler med stort slitage (5).

Betongytans struktur antas ha betydelse för kontakten mellan lim och matta. Om limningen görs mot den yta som legat an mot gjutformen (såsom var fallet för ospacklade underlag enligt avsnitt 2.1.1.5) blir ytan ytterligt slät. En sådan anliggningsyta, med tätare kontakt mot limmad matta än vad verkligt betongunderlag har, skulle kunna tänkas öka nedbrytningen.

Som framgått av undersökningarna är nedbrytningen av golvmaterial är beroende både av RF och av alkaliteten i undergolvet. Denna kemiska process påskyndas av hydroxidjoner (med den kemiska beteckningen OH^-). Koncentrationen av hydroxidjoner är det egentliga måttet på alkaliteten.

Cement innehåller bl a natriumhydroxid (NaOH) och kaliumhydroxid (KOH) som vid betonggjutningen löses i porvattnet. Porvattnet kommer därför att innehålla natrium- och kaliumjoner samt hydroxidjoner som höjer alkaliteten, dvs pH. När betongen torkar transporteras hydroxidjonerna med porvattnet till betongens fria yta och i vissa fall även upp till ovanpå liggande material. I denna transportprocess följs de olika jonerna åt.

Av flera skäl är det dock svårt att studera transport av hydroxidjoner genom en direkt analys. Koncentrationen av hydroxidjoner uppmätts därför ofta indirekt genom att analysera s k motjoner av alkalimetallen kalium.

En undersökning av vandring av kaliumjoner i olika materialkombinationer (9) har visat att bl a golvlim kan innehålla kalium. Det kan alltså vara svårt att tolka resultat beträffande alkalivandring i golvkonstruktioner där även andra material än betongen innehåller kalium.

4.2 Inverkan av betongkvalitet

För all betong gäller att då betongen separerar vid gjutning kan cementen anrikas i bjälklagets översta skikt. CTH-studien (36) visar dessutom att kaliumjoner transporteras med porvätskan fram till betongytan när betongen torkar, framför allt i traditionell betong med standardcement. Även hydroxidjoner transporteras vilket resulterar i en ökning av pH-värdet i betongytan.

Till skillnad mot traditionell betong torkar byggfuktfri betong genom att allt eller praktiskt taget allt vatten binds kemiskt eller fysikaliskt när cementen härdar. Byggfuktfri betong får alltså redan under torkningen en förhållandevis rak fuktprofil. I betong med lågt vatten-cementtal blir transporten av fukt och därmed också av joner i kapillärporsystemet låg. Den förhöjda alkalitet som CTH-studien konstaterade i ytan på en traditionell betong visar porvattnets betydelse för transporten av alkali.

Undersökningar som omfattat både traditionell betong och betong med låga vattencementtal (2, 36) visar att kemisk sönderdelning inte enbart följer av hög relativ fuktighet i betongens inre (t ex vid karakteristiskt mätdjup). Det är sannolikt så att fuktnivån vid själva betongytan har större betydelse för kemisk nedbrytning av ovanpå liggande material än fuktnivån inuti själva betongen.

Det är möjligt att tillverka betong med relativt låg alkalitet genom att välja anläggningscement istället för standardcement och/eller genom att tillsätta silikastoft. Silikastoft, som binder kalciumhydroxid, förkortar dessutom torktiden för betongen.

CTH-undersökningen visar att när underlaget utgörs av traditionell betong med anläggningscement (92% RF) eller traditionell betong (89 % RF) med tillsats av silika (10 % av cementvikten) är avgivningen av butanol och etylhexanol låg eller ej påvisbar för den undersökta kombinationen av lim och matta. CTH-undersökningen visar vidare att förhöjd emission från ett golvsystem kan undvikas, exempelvis i ett golvsystem med betong med lågt vattencementtal och en lågalkalisk avjämningsmassa. I detta system är fuktbelastningen på betongen liten, kombinerat med att alkalihalten i underlaget är låg.

En jämförelse av två undersökningar (2, 3) där endast vattencementtalen (vct) i underlagen skiljer, visar att prover med vct 0,5 har en lägre emission än motsvarande prover med vct 0,7, när betongunderlaget torkat lika länge innan golvbeläggningen har limmats på underlaget.

Byggfuktfri betong har använts bl a i bostadsområdet Söderberga Gård i Stockholm. Området uppfördes 1992 och omfattande emissionsmätningar som utfördes i kontrollsyfte har visat att inga problem uppstod med sönderdelning i golvsystem med t ex vinylmatta och vattenbaserat lim på underlag av byggfuktfri betong. I SBUF:s regi genomförs under 1996 en omfattande utvärdering av ett nytt bostadsområde där stora delar av betongunderlaget utgörs av byggfuktfri betong.

4.3 Inverkan av spärrskikt

Golvytor av betong kan behandlas med olika förseglingar, beläggningar och impregneringsmedel. Under senare år har denna typ av preparat även börjat användas som spärrskikt mellan undergolv av betong och limmad golvbeläggning. Stora krav ställs på hur spärrskiktet skall läggas på och att betongunderlaget är fritt från föroreningar som damm och olja.

Spärrskiktets egenskaper är beroende av dess kemiska sammansättning. Tunna ytskikt är ofta polymerbaserade. I tjockare skikt ingår ofta någon typ av filler eller ballastmaterial. I vissa produkter, som avjämningsmassor ingår även cement. Utländska erfarenheter visar att spärrar som innehåller stenkolstjära (kreosot) kan ge långvarig emission av starkt luktande ämnen till rumsluften (15).

I följande avsnitt har olika typer av spärrskikt främst betecknats med utgångspunkt från rapporten "Ytskydd för betong" (27), som även ger en ingående beskrivning av egenskaper för olika typer av preparat.

Vad gäller begreppen fuktspärr resp. ångspärr så anger Tekniska Nomenklaturcentralen (35) att fuktspärr är ett materialskikt som försvårar diffusion och konvektion av vattenånga samt kapillärsugning. Ångspärr är ett materialskikt som försvårar ångdiffusion och ångkonvektion. Inom golvbranschen har man även definierat begreppen alkalispärr resp. fuktisolering (12).

För att på ett rättvisande sätt kunna jämföra effekten av olika spärrskikt bör långtidsundersökningar under strikt kontrollerade laboratorieförhållanden vara av värde. Sådana undersökningar har dock endast redovisats i ringa utsträckning. Leverantörerna kan emellertid ofta hänvisa till erfarenheter från referensobjekt.

4.3.1 Ytbehandlings- och impregneringsmedel

4.3.1.1 Referat av examensarbete om tre olika typer av spärrskikt

Effekten av bl a olika typer ytbehandlings- och impregneringsmedel på fuktig betong har studerats genom att mäta emissionen av etylhexanol och butanol (7). Denna andra undersökning vid CTH har genomförts på ett liknande sätt som tidigare (36). I båda studierna har använts lim och betong med samma sammansättning (vct 0,66 resp. 0,42).

Med utgångpunkt från tillverkarinformation kan de tre olika medlen (med de bokstavsbeteckningar som använts i originalrapporten) översiktligt beskrivas på följande sätt. Preparat **C** utgörs av en vattenbaserad emulsion av polyeten, copolymerharts och akrylcopolymer. Lösningen tränger ner i betongen och bildar en film på porväggarna som härigenom blir vattenavvisande. Preparat **D** är baserat på praktiskt taget lösningsmedelsfritt epoxiharts, som till skillnad från impregneringsprodukterna, är relativt diffusionstätt. Denna typ av ytskydd brukar benämnas beläggning. Epoximassan består av en bas och en härdare som under noga specificerade förhållanden blandas och därefter rakas ut på betongytan. Då funktionen bygger på att skiktet är helt tätt är det viktigt att inga synliga porer bildas i beläggningen. Preparat **E** är en vattenbaserad lösning av natriumsilikater (vattenglas) som bildar en glasliknande förening när den tränger ner i betongens kapillärer och porer. Denna typ av impregnering kan betecknas som helt eller delvis filmbildande.

I undersökningen applicerades preparaten enligt vad som rekommenderas i leverantörernas instruktioner. Betongen var dock mycket fuktig vid appliceringen. Därefter applicerades lim. För att efterlikna effekten av mattläggning, där limmet hindras att torka ut direkt, täcktes provytan över med byggplast. I samband med övertäckningen uppskattades de 7 provkropparna av traditionell betong ha en RF på cirka 96 %. För de två provkroppar som tillverkats av betong med vct 0,42 uppskattades RF till cirka 87 %.

Emissionsmätningarna genomfördes 1-2 månader efter applicering av lim och spärrskikt och efter att byggplasten avlägsnats. Eftersom mätningarna genomfördes vid olika tidpunkter och till viss del med olika analysteknik är det svårt att göra en direkt jämförelse av i vilken utsträckning de olika preparaten bidrar till att reducera emissionen.

Undersökningen kan beskrivas som orienterande och vid värderingen av resultaten bör beaktas att mätningarna inte genomförts som dubbelprov. Allmänt visar dock undersökningen att den sammanlagda emissionen av etylhexanol och butanol kan uppskattas till cirka en tredjedel eller lägre för de behandlade proverna, jämfört med de obehandlade betongproven.

Två av de sju proverna (traditionell betong resp. betong med vct 0,42) behandlades inte med något ytskikt. För dessa två prover genomfördes emissionsmätningarna med samma teknik och efter samma torktid efter limning. Provkroppen med traditionell betong (0,66) hade cirka tre gånger högre sammanlagd emission av butanol och etylhexanol, än motsvarande prov med betong där vct var 0,42.

4.3.1.2 Referat av rapport om "målade fuktspärrar"

I en rapport från SP (28) redovisas påverkan av fukt och alkali på vinylmattor som limmats på traditionell betong (K25), där två typer av "målade" fuktspärrar har använts. Undersökningarna genomfördes både på golv i tre olika byggnader och i laboratorium.

Laboratoriemätningarna syftade bl a till att undersöka vilken fuktnivå som uppkom i limskiktet vid maximal belastning av fukt eller vattenånga i underlaget. En sensor placerades därför mellan spärrskiktet och den pålimmade mattan. Proverna fuktbelastades kontinuerligt på olika två sätt. I den ena serien sögs vatten kapillärt upp genom provet vilket ger 100 % RF i betongunderlaget. I den andra provserien fuktades proven via en luftspalt, vilket enbart gav diffusion av vattenånga genom betongen.

Den ena spärren var en beläggning av epoxiharts med varierande skikttjocklekar som kan beräknas till mellan ungefär 220 - 500 µm. Den andra beläggningen var av typen filmbildande försegling baserad på polyvinylidenklorid (PVDC) och butylakrylat-copolymer som ströks ut med pensel till skikttjocklekar som kan beräknas till mellan 110 - 120 µm. Med två strykningar, enligt fabrikantens anvisningar, uppnås en skikttjocklek på cirka 130 µm.

Kontinuerlig fuktmätning mellan spärrskikt och pålimmad matta visade att efter cirka ett år förelåg relativt stabila fuktnivåer i respektive prov. Fuktvärdena i de olika proven varierade mellan cirka 80 - 90 % RF. Inga större skillnader i RF mellan proverna med de två olika typerna av spärrskikt kunde noteras. Både beläggningen av epoxiharts och den filmbildande förseglingen baserad på PVDC och akrylatpolymer gav alltså en viss minskning av RF i limskiktet, jämfört med betongunderlaget.

Efter ca 1 ½ år avlägsnades mattorna och konditionen på spärrskikt, lim och matta bedömdes visuellt. På provet där matta limmats direkt på betong utan spärrskikt var limmet helt nedbrutet och kunde närmast beskrivas som ett pulver. En kemisk analys (GPC) av mattan visade att mattans ursprungliga mjukgörarhalt (DOP) minskat med cirka 15 %. En lukt av etylhexanol kunde förnimmas, vilket tydde på att DOP-mjukgöraren i mattan hade sönderdelats.

I de prov som belagts med någon av de två typerna av spärrskikt kunde inte samma stora minskning av DOP-mjukgöraren i matta uppmätas. I limskiktet kunde dock uppmätas en viss ökning av DOP-mjukgörare, som troligen vandrat (migrerat) från mattan.

Resultatet visade också att de olika typerna av fuktspärrar påverkades av betongalkaliteten i olika grad. Den filmbildande förseglingen bröts ner och blev spröd. Detta innebar i sin tur att även limmet och mjukgöraren i mattan sönderdelades med påföljande lukt av etylhexanol. Nedbrytningseffekten var större för de prov som hade 100 % RF i underlaget (kapillärt suget vatten) än för de som utsatts för enbart vattenånga genom betongen. Denna skillnad kan förklaras med att alkali transporteras i ett sammanhängande vattenfyllt porsystem (se även 4.3.2 Avjämningsmassa).

Den påtagliga nedbrytningen av själva fuktspärren kan dock ha påverkats av att betongunderlaget inte avjämnats med cementbaserat golvspackel, något som dock föreskrivs i tillverkarens produktblad. Dessutom anges i både i äldre och nyare produktblad (6) att preparatet är avsett för isolering mot byggfukt enligt Hus AMA. Denna hänvisning syftar på byggfukt i betongunderlag som **inte** utsätts för tillskjutande fukt. Provningen av preparatet utfördes dock vid maximal fuktbelastning, vilket inte motsvarar preparatets avsedda användningsområde.

Beläggningen av epoxiharts bröts dock inte ner i något av fallen, vilket också ledde till att lim och matta förblev opåverkade utom i ett fall, där limmet sannolikt inte tillåtits torka tillräckligt innan mattan lades på. Detta antyder att även om epoxibeläggningar skyddar mot betongfukt så förutsätter dylika beläggningar att s k våtlimning inte används (se även avsnitt "4.4 Golvlim").

Den negativa effekten av våtlimning konstaterades även i den efterföljande fältundersökningen, där man applicerat beläggning av epoxiharts innan mattlimning. I en byggnad där man våtlimmat matta på betongplatta på mark blev följden att RF över den täta epoxibeläggningen (cirka 200 µm) blev något högre än i den underliggande betongplattan. Detta antas vara orsaken till att limmet sönderdelades. Limskiktet var fortfarande fuktigt när mattan avlägsnades tre månader efter läggningen.

Rapportens slutsatser om betydelsen av spärrskiktets tjocklek har återgivits i flera andra sammanhang. Även om man kan anta att spärrskiktets tjocklek har betydelse för förmågan att hindra genomträngning av fukt eller vattenånga, så redovisas i rapporten inte det underlag som visar att så skulle vara fallet.

4.3.2 Avjämningsmassa

I Sverige introducerades avjämningsmassor som en snabb metod att avjämna betongbjälklag i slutet av 1970-talet. Flera fabrikat av det som då benämndes "flytspackel" var baserade på portlandscement, som är relativt högalkaliskt och knappast skiljer sig från betongunderlagets alkalitet. Vissa av dessa portlandscementbaserade "flytspackel" innehöll kasein som flytmedel. Kaseinet kunde i ogynnsamma fall sönderdelas till illaluktande ämnen och ammoniak (17).

Flera moderna avjämningsmassor är baserade på ett mer lågalkaliskt aluminatcement. Några av dessa avjämningsmassor innehåller dessutom kasein. GBR-undersökningen visar att kaseintillsats i avjämningsmassa baserad på aluminatcement inte påverkar nedbrytning av lim, jämfört med avjämningsmassa baserad på aluminatcement med annan flyttillsats. Det finns heller inte några dokumenterade skadefall där **aluminatcementbaserat** flytspackel med kasein har varit orsak till sönderdelningsproblem eller lukt.

Flera undersökningar (**1, 2, 10, 32, 36**) visar att prover som belagts med lågalkalisk avjämningsmassa generellt ger lägre emission från golvkonstruktionen än motsvarande prover med enbart betong. Denna skillnad är mest tydlig vid de högsta uppmätta RF. Detta kan förklaras av att avjämningsmassa dels är ett mer poröst och adsorberande material (se "avsnitt 4.4 Golvlim") och dels är mindre alkalisk än betong. Avjämningsmassa baserat på enbart aluminatcement ger pH på ca 11,5 och betong ger pH på ca 13.

Att betongens alkalitet inte tycks tränga upp i avjämningsmassan beror sannolikt på att alkalitet inte kan transporteras med avdunstande vattenånga, utan fordrar ett sammanhängande vattenfyllt porsystem. Detta bekräftas av CTH:s undersökning av kaliumjonvandring (36) som bl a utfördes på lågalkalisk avjämningsmassa belagd på traditionell betong resp. betong med vct 0,42. Inte för någon av betongtyperna har kaliumjoner trängt upp i avjämningsmassan. Självklart bör rekommenderade uttorkningstider för betong följas även om avjämningsmassa har lagts på.

4.4 Golvlim

Fram till 1970-talet användes vanligen lösningsmedelsbaserat lim vid mattläggning. Dessa s k kontaktlimmer kunde innehålla upp till 80 % lösningsmedel. Bl a kunde det skadliga lösningsmedlet toluen avges i höga halter framförallt vid mattläggningen, men även flera månader därefter (14). Denna typ av lim förekommer dock knappast numera i de nordiska länderna. Moderna vattendispergerade limmer innehåller endast en ringa halt av organiska lösningsmedel och det finns även golvlim som är fria från organiska lösningsmedel (33).

I olika undersökningar (1, 2, 10, 32, 36) har använts en eller två olika typer av moderna golvlimmer med låg lösningsmedelshalt. Oberoende av limtyp visade det sig att den större delen av den ökande emissionen kom från nedbrytning av limmet. Sammansättningen av den förhöjda emissionen var enbart beroende på vilken typ av lim som använts. Lim baserat på sampolymer med 2-etylhexylakrylat ger enbart etylhexanol vid nedbrytning, medan lim baserat på sampolymer med butylakrylat och 2-etylhexylakrylat ger emission av etylhexanol och butanol. Butanol är ett vanligt lösningsmedel som kan avges bl a från färg som torkar.

Olika typer av underlag kräver olika teknik vid limningen. Dessa tekniker och andra facktermer vid golvläggning definieras i Golvtekniska pärmen (13). Bl a vid golvlimning brukar man skilja på våtlimning och häftlimning. Häftlimning innebär man låter limmet torka på underlaget tills det får en tejpliknade karaktär, innan mattan läggs på.

Vid våtlimning läggs mattan på underlaget efter en relativt kort tid efter limningen. Tiden mellan påstrykning av limmet och nedläggning av mattan brukar kallas öppentid. Eftersom allt vattnet inte har avdunstat vid limningen ger våtlimning ger en bättre övervätning till golvbeläggningen och ger därmed starkare limfogar. Våtlimning kräver ofta ett adsorberande underlag. Insugningen av lim underlättas av om underlaget inte är kallt. Våtlimning underlättas av om golvbeläggningen har filtbaksida.

Våtlimning med dispersionslim på betong innebär med nödvändighet att man tillför fukt till betongskiktet närmast ytan. Detta innebär troligen att risken för påverkan av alkali blir större vid våtlimning än vid häftlimning. Detta torde särskilt gälla byggfuktfri betong som har en tät yta och ett porsystem som relativt långsamt och i ringa grad adsorberar fukt som tillförs utifrån. Den ringa adsorptionsförmågan torde i viss mån kunna kompenseras genom att belägga betongytan med avjämningsmassa.

De höga emissionsnivåer som har uppmätts i några av undersökningarna kan troligen delvis förklaras av limningsteknik och mängd påfört lim, samt av att betongens yta inte tillåtits torka ut. Våtlimning med konventionella dispersionslim kan definitivt inte rekommenderas på underlag av byggfuktfri betong vars yta inte fått torka ut. Som framgått av avsnitt 4.1 och 4.2 är RF-värden uppmätta på karakteristiskt djup inte alltid ett helt relevant mått för att bedöma RF i ytskiktet på byggfuktfri betong.

Effekten av att limma mot ett icke adsorberande underlag har undersökts (**37**). Efter att en vinylmatta häftlimmats mot rostfri stålplåt kunde vid tre mättillfällen under sex månader uppmätas en totalemission ("TVOC") som var 10 - 100 gånger högre än vinylmattans egenemission. De emitterande ämnena utgjordes bl a av butanol och etylhexanol. Även i en annan undersökning där rostfri stålplåt användes som underlag för applicerat lim kunde dessa ämnen påvisas (**8**). I detta fall genomfördes emissionsmätningen enbart på lim och direkt efter appliceringen. Undersökningen visar alltså att butanol och etylhexanol i viss utsträckning kan avges från lim, utan att detta sönderdelats av alkalisk fukt. Limning mot stålplåt kan t ex förekomma i flyttbara verkstadskontor och i husvagnar.

I skadefall som orsakats av fuktig betong har limmet ofta bildat en klibbig massa genom s k förtvålning. Förtvålningen innebär att de s k abietinsyrahartser som används i vattenbaserade limmer i ungefär 10 % av dispersionsvikten hydrolyseras genom påverkan av alkali. Hydrolysen av limkomponenterna innebär att limmets vidhäftning försämras. Om mattan svällt genom upptagning av fukt kan luftblåsor uppkomma. Hydrolyserade hartser luktar svagt av såpa när mattan tas bort.

4.5 Golvbeläggningar

Undersökningarna har inriktats på olika slag av vinylmattor, bl a därför att det är en mycket vanlig typ av golvbeläggning. Vinylmattor består bl a av polyvinylklorid (PVC) och mjukgörare. Ren PVC är hård och spröd och därför tillsätts mjukgörare med upp till 30 % av mattans vikt. Mattan blir då böjlig och läggningen underlättas.

I de undersökningar (**1, 2, 10, 32, 36**) som återgivits i avsnitt 2 och 3 har ingått minst en vinylmatta med mjukgörare av ftalattyp [Di (2-etylhexyl)-ftalat DEHP - även benämnd DOP]. Om vinylmatta med mjukgörare av ftalattyp läggs på fuktigt betongunderlag finns risk för att mjukgöraren sönderdelas.

Kemisk analys av vinylmatta har visat att mjukgörarens viktsandel i mattan minskar som en följd av sönderdelningen (se avsnitt 4.3.1.2). Detta förklarar varför vinylmattor kan krympa, vilket tydligast syns i skarvar och vid anliggning mot väggar.

När DOP-mjukgörare sönderdelas avges etylhexanol. Detta ämne kan dock även avspaltas från vinylmattor som inte utsatts för fuktig alkalisk nedbrytning (s k egenemission), eftersom det kan bildas från s k metallorganiska stabilisatorer i mattan. Ftalatmjukgörare kan dessutom innehålla små mänger av etylhexanol som en rest från tillverkningen. FoA:s undersökning visade att löslagda mattor även på torrt underlag (cirka 50% RF) avspaltade ytterligt låga halter av etylhexanol.

Som framgått av undersökningarna (**1, 2, 10, 32, 36**) kan etylhexanol även avspaltas från vattendispergerade limmer. Resultaten från mätningarna av de olika materialkombinationerna visar att etylhexanol i huvudsak härrör från nedbrytning av lim som utsatts för hög fuktighet.

Förekomst av etylhexanol i rumsluft skall främst ses som en teknisk indikation på nedbrytning av material som ligger på fuktig betong och att det finns risk för mattsläpp, blåsbildning och ibland luktproblem. 2-etylhexanol kan förnimmas i så låga halter som 30 mikrogram per kubikmeter (**34**). Lukten, som är sötaktig, kan upplevas som besvärande om man stadigvarande utsätts för den.

I lokaler där man har särskilda krav på brandsäkerhet används ofta vinylmattor med fosfat-mjukgörare. Även denna typ av mjukgörare kan sönderdelas om mattan läggs på betong-golv som inte fått torka ut. Sönderdelningsprodukter är bl a illaluktande ämnen som fenol och kresol. Kresol förekommer även i hästurin, vilket kan förklara den egenartade stallukt som uppträtt i samband med skadefall (**18**).

Givetvis har även mattans täthet betydelse för golvkonstruktionens emission till rumsluften. Nedbrytningsprodukter från skiktet underlag - lim - matta kan spärras eller bromsas i olika utsträckning av mattan. GBR-undersökningen visade att för limmade prover med vinyl-matta (med mjukgörare av typen sulfonsyraester) har nedbrytningsprocesser i limskiktet pågått i likhet med andra limmade prover, dock har detta inte fullt ut kunnat uppmärk-sammas i emissionen från provets ovansida (**11**). Detta beror sannolikt på att mattor med olikartad uppbyggnad och sammansättning också har olika genomsläpplighet för emitterande ämnen. T ex torde linoleum ha en högre permeabilitet (genomsläpplighet för t ex vattenånga) än vinylmattor.

5 Litteraturreferenser

1. Alexanderson, J; Långtidsinverkan av fukt på limmade golvbeläggningar av olika alkalitet, AMA-nytt. Informationsdel AF Mark - Hus, 1994, nr. 2, sid. 23-25

2. Alexanderson, J; Avjämningsmassa som alkalispärr, AMA-nytt Informationsdel AF Mark - Hus, 1995, nr. 2, sid. 33-34

3. Alexanderson, J; Alkalisk nedbrytning i golv, Golv till Tak, 1996, nr. 5, sid. 32-36

4. AMA-nytt; Golvbeläggningar av polyolefiner, AMA-nytt Informationsdel AF Mark - Hus, 1995, nr. 1, sid. 11

5. AMA-nytt Hus; Q3 72, Vattentäta beläggningar av plastmattor, AMA-nytt, Beskrivningsdel AF Mark - Hus, 1996, nr. 1, sid. 97

6. Bostik AB, Produktblad för Bostik 7000, 00120-94-03 resp. aug. 1976, rev. jan. 1979

7. Fritsche, M.; Kemisk emission från golvlim på betong - effekt av olika fukt- och alkalispärrar, Examensarbete E-96:1, arb nr 581, Institutionen för byggnadsmaterial, CTH, juni 1996

8. Fritsche, M.; Kemisk emission från golvlim på betong - effekt av olika fukt- och alkalispärrar, Examensarbete E-96:1, arb nr 581, Institutionen för byggnadsmaterial, CTH, juni 1996, **sid. 24 - 26**

9. Fritsche, M.; Kemisk emission från golvlim på betong - effekt av olika fukt- och alkalispärrar, Examensarbete E-96:1, arb nr 581, Institutionen för byggnadsmaterial, CTH, juni 1996, **avsnitt 7.4.1 och 7.6**

10. GBR; System för information om kemisk emission från golvmaterial och golvkonstruktioner, Slutrapport, BFR-projekt 910147-8 och Arbetsmiljöfonden projekt 910601, Golvbranschens Riksorganisation, 1995

11. GBR; System för information om kemisk emission från golvmaterial och golvkonstruktioner, Slutrapport, BFR-projekt 910147-8 och Arbetsmiljöfonden projekt 910601, Golvbranschens Riksorganisation, 1995, Avsnitt **4.3.6** Mätning av mattors baksidor

12. GBR; Alkalispärrar och fuktspärrar, TK-råd 112, 1994-11-02, Meddelande från Tekniska Kommittén, Golvbranschens Riksorganisation, Golvtekniska pärmen, flik **18**

13. GBR; Olika typer av lim, 21 sid., 1989-04-05, Golvbranschens Riksorganisation, Golvtekniska pärmen, flik **4**

14. Gustafsson, H.; Kemisk emission från byggnadsmaterial - beskrivning av skadefall, mätteknik och åtgärder, SP rapport 1990:25 (Skadefall nr **1**)

15. Gustafsson, H.; Kemisk emission från byggnadsmaterial - beskrivning av skadefall, mätteknik och åtgärder, SP rapport 1990:25 (Skadefall nr **12**)

16. Gustafsson, H.; Kemisk emission från byggnadsmaterial - beskrivning av skadefall, mätteknik och åtgärder, SP rapport 1990:25 (Skadefall nr. **13** och avsnitt **3.2.5** Betong och flytspackel)

17. Gustafsson, H.; Kemisk emission från byggnadsmaterial - beskrivning av skadefall, mätteknik och åtgärder, SP rapport 1990:25 (Skadefall nr. **14** och avsnitt **3.2.5** Betong och flytspackel)

18. Gustafsson, H.; Kemisk emission från byggnadsmaterial - beskrivning av skadefall, mätteknik och åtgärder, SP rapport 1990:25 (Skadefall nr **17**)

19. Gustafsson, H.; Kemisk emission från byggnadsmaterial - beskrivning av skadefall, mätteknik och åtgärder, SP rapport 1990:25 (avsnitt **3.5** Åtgärder vid skada)

20. Gustafsson, H. & Jonsson, B.; Review of Small-scale Devices for Measuring Chemical Emission from Materials, SP report 1991:25

21. Gustafsson, H. & Jonsson, B.; Trade standards for Testing Chemical Emission from Buildings Materials, Part 1: Measurements of Flooring Materials, Proc. Indoor Air, Vol. 2, p. 437-442, Helsinki 1993

22. Gustafsson, H. & Rosell, L.; Kemisk emission från golvmaterial - undersökning av i vilken utsträckning golvmaterial avger kemiska ämnen på plats i byggnader och under laboratorieförhållanden, SP AR 1995:29, Kemisk Analys, SP, 1995

23. Gustafsson, H et al.; Chemical Emission from Paints and Other Surface Materials - Measurements with Field and Laboratory Cell (FLEC) and Other Climate Chambers, Chapter 8 in "Emissionen aus Beschichtungsstoffen", S. 95-105, Expert Verlag, 1995

24. Hedenblad, G; Uttorkning av byggfukt i betong, T 12: 1995, SBUF och Byggforskningsrådet

25. Hus AMA 83, Allmän material- och arbetsbeskrivning för husbyggnadsarbeten AB Svensk Byggtjänst, Solna, 1989, Tabell **Q/2**

26. Hus AMA 83, Allmän material- och arbetsbeskrivning för husbyggnadsarbeten AB Svensk Byggtjänst, Solna, 1989, Tabell **Q/3**

27. Johansson, L.: Ytskydd för betong - en litteraturstudie, CBI-rapport 1:92, Cement och Betong Institutet, ISSN 0346-8240

28. Linde, S; Målande fuktspärrar i golvkonstruktioner, SP Rapport 1989:07

29. Nordtest metod; Building Materials: Emission of Volatile Organic Compounds Field and Laboratory Emission Cell (FLEC), NT BUILD 438

30. Novak, C.: Snabbtorkande betong - kunskapssammanställning, Sv. Fabriksbetongföreningen, 1995

31. Persson, B.; Uttorkning av ytfukt i byggfuktfri betong, AMA-nytt Informationsdel AF Mark Hus, nr.1, 1996, s. 20-23

32. Rittfeldt, L.; Analys av organiska ämnen som emitteras från plastgolv, FoA rapport C 40288-4.5, 1991, ISSN 0347-2124

33. Schrewelius, K.; Vad är ett lösningsmedelsfritt lim ?, Golv till Tak, 1995, nr. 5, sid. VI

34. Stridh, G. Presentation vid seminarium om byggfukt och kemisk emission, JM Bygg och Skanska Teknik, Solna, 1995-09-01

35. TNC; Plan och byggtermer, TNC 89, Tekniska Nomenklaturcentralen, 1989

36. Wengholt Johnsson, H.; Kemisk emission från golvsystem - effekt av olika betongkvalitet och fuktbelastning, P 95-4, Arb nr 576, Institutionen för byggnadsmaterial, CTH, 1995

37. Wengholt Johnsson, H.; Kemisk emission från golvsystem - effekt av olika betongkvalitet och fuktbelastning, P 95-4, Arb nr 576, Institutionen för byggnadsmaterial, CTH, 1995, **sid. 18-23**

38. Wolkoff, P. et al.; Field and Laboratory Emission Cell - FLEC, Proc. Healthy Buildings, p. 160-165, Washington D.C., 1991

6 Bibliografi

Litteraturen inom områden som betong, fuktsäkerhet och kemisk emission är omfattande varför endast ett begränsat urval av publikationer anges.

Betong

Betonghandbok, Material, utgåva 2, AB Sv. Byggtjänst, 1994, ISBN 91-7332-709-3

Betong för sunda hus: -fuktdimensionering -materialval -produktion
Sv. Betongföreningen, planerad utgivning under 1996

Fuktsäkerhet

Harderup, E.: Fuktsäkerhet i byggnader, BFR R 32:1993

Golv på mark, BFR T 17:93

Torktider för betong efter vattenskada, BFR T 27:93

Generell metod för fuktdimensionering av byggnader, BFR T 32:93

Nevander, L-E & Elmarsson, B.: Fukthandbok, Sv. Byggtjänst, 1994

Produktionsanpassad information om byggfukt i betong, BELAB, Byggergolab AB, 1995. Skrift finansierad av SBUF och entreprenadföretag.

Uttorkning av fukt i betonggolv, SBUF 95:14

Kort information om fukt och fuktmätning i betonggolv, Golvtekniska pärmen, Golvbranschens Riksorganisation, 1996

Ytmaterial och kemisk emission

Produktutveckling av lågemitterande byggmaterial - branschstandarder, internationell harmonisering och forskningsinsatser, SP Info 1995:11