



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R193:1984

**Skador i golv på underlag av  
flytspacklad betong under tiden  
1977—1983**

**Hans Ericsson  
Björn Hellström**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	ser

R  
ANL

Bygghforskningsrådet

R193:1984

SKADOR I GOLV PÅ UNDERLAG AV FLYTSPACKLAD  
BETONG UNDER TIDEN 1977-1983

Hans Ericsson  
Björn Hellström

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
821190-1 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Hepa Byggkonsulter AB, Vällingby.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter slutsatser och resultat.

R193:1984

ISBN 91-540-4293-3  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984



## INNEHÅLL

BILAGEFÖRTECKNING	4
FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	6
1 BAKGRUND, UPPDRAG OCH ARBETETS BEDRIVANDE	10
1.1 Riksdagsfrågor	10
1.2 Uppdrag från BFR	11
1.3 Arbetets bedrivande	11
2 PROBLEMSTÄLLNINGEN OCH OLÄGENHETERNAS NATUR	14
2.1 Tekniska olägenheter	14
2.2 Hygieniska olägenheter	14
2.3 Medicinska effekter	14
2.4 Användning av flytspackel	14
2.5 Till utredningen framförda hypoteser	15
3 OLÄGENHETERNAS FÖREKOMST OCH OMFATTNING	16
3.1 Riktad enkät	16
3.2 Observationer	16
3.3 Utländska erfarenheter	17
4 MEDICINSKA SKADEVERKNINGAR	20
4.1 Allmänna iakttagelser	20
4.2 Infektionsproblem	20
4.3 Överkänslighetsreaktioner	20
4.4 Miljömedicinska utredningar	21
4.5 Medicinska slutsatser	23
5 TEKNISKA STUDIER	24
5.1 Luktanalyser	24
5.2 Modellförsök i laboratorium	25
5.3 Fältundersökningar	26
5.4 Mikrobiologiska studier	27
5.5 Kemiska och fysikaliska analyser	29
6 STUDIER RÖRANDE ANDRA I GOLV INGÅENDE MATERIAL	32
6.1 Golvbeläggningar	32
6.2 Lim	33
6.3 Produkter för fuktisolering	33
7 FUKTFRÅGOR	34
7.1 Allmänt	34
7.2 Konventionella fuktskador	35
7.3 Fukt och flytspackel	40
8 SLUTSATSER	44
8.1 Huvudlinjen	44
8.2 Andra inverkanse faktorer	45
9 REKOMMENDATIONER	47
SLUTORD	49
Ordförklaringar	51
Referenser till avsnitt 7 och bilaga 3	52
Handlingsförteckning	53
BILAGOR	59

## BILAGOR

1. Sammansättning av referensgrupp 1 - 5	59
2. Enequist, R, Inventering av skador i golv på underlag av betong (H77)	61
3. Hellström, B, Flytspackel - sammansättning, undersökningar och krav	73
4. Laurell, G, Lundholm, M, Mikroorganismers betydelse vid uppkomst av skador i byggnader med flytspackel (H110)	119
5. Hellström, B, Mykologiska studier	143
6. Stridh, G, Sammanställning av mätresultat från försök inom ramen för BFR-projektet "Skador i golv" (H111)	145
7. Risholm-Sundman, M, Analys av lukt från spackel (H117)	179
8a Canbäck, G, Sammansättning av plastmaterial i mattor och lim samt polymera tillsatser till betong och spackel	191
8b Bjurvald, M, Golvlim och medel för fuktisolering	197
9. Strömberg, S, Betydelsen av ammoniak och aminer vid mörkfärgning av ekträ och kork från korkekens bark (H69)	201
10. Dahlgren, L, Kommunalhuset i Gällivare (H98)	207
11. Erwall, E, Minnesanteckningar från sammanträde om inomhusklimatet i nybyggda barnstugor (H97)	213
12. Nilsson, L-O, Fukt i betongkonstruktioner. Orsaker och åtgärder	225

## FÖRORD

Här föreliggande rapport utgör slutrapport för BFR-projekt 821190-1 Golvspackelmassor - Skadeorsaker, som med hänsyn till det i maj 1982 vidgade uppdraget benämns BFR-projektet Skador i golv. Utredningen behandlar de olägenheter i form av missfärgningar, blåsbildning och elak lukt som, enligt en inventering per nov 1982, observerats i någon eller några procent av de på flytspackel lagda golven på betongunderlag sedan 1977, totalt 10 - 15 milj m<sup>2</sup>.

Rapporten är grundad på det skriftliga material som inkommit till utredningen och på muntliga förhandlingar inom de till projektet bildade fyra referensgrupperna samt på överläggningar med sakkunniga inom olika berörda kompetensområden.

Rapporten har skrivits av oss i samråd med utredningsmännen. Den har i en utgåva 1984-06-30 sänts till referensgrupp 4, som svarat för informationsfrågor.

De i rapporten dragna slutsatserna svarar vi för. Tillhörande bilagor svarar respektive författare för.

Utredningen har haft förmånen av ett samarbete med ett stort antal vetenskapsmän och tekniker förutan vars medverkan det komplicerade och omstridda ämnesområdet icke hade kunnat penetreras. Till alla dem som medverkat står utredningen i stor tacksamhetsskuld. Ett särskilt tack riktar vi till utredningsmännen och bilageförfattarna som engagerat och förtjänstfullt bidragit till utredningens genomförande.

Huvuddelen av olägenheterna, 80 - 90 %, har kunnat ges en vetenskaplig och teknisk förklaring genom förekomst av fuktig, alkalisk miljö. Vissa cementbaserade flytspackel med tillsats av protein avger ammoniak under vanligt förekommande fuktnivåer i betongbärlag. Ammoniak missfärgar ekparkett och korkplattor. Hög fuktbelastning och hög alkalitet förklarar olägenheter i form av blåsbildning och lukt av nedbruten mjukgörare från belägningsmaterial innehållande mjukgjord PVC. Användningen av flytspackel har av allt att döma i vissa fall inneburit en ökning av fuktbelastningen. Återstoden av olägenheterna består av en icke identifierad, rå, unken lukt. Dess natur och uppkomstsätt studeras vidare inom projekt 5 - Åtgärder för att undanröja olägenheter.

Trots att sålunda utredningen inte kan anses vara helt fullbordad har vi, med hänsyn till byggnadsindustrins önskemål samt det stora intresse resultatet av utredningen har för berörda parter och andra, valt att publicera utredningen i föreliggande form.

Stockholm i oktober 1984

Hans Ericsson  
Prof em, Klinisk bakteriologi  
Projektledare

Björn Hellström  
Civ ing SVR  
Projektsammanhållande

## SAMMANFATTNING

Med anledning av en enkel fråga i Riksdagen 1982 uppdrog dåvarande statsrådet Friggebo åt Statens planverk och Byggforskningsrådet (BFR) att låta utreda de olägenheter som iakttagits inom byggnadsindustrin i form av missfärgningar och blåsbildningar i golv och elak lukt samt olika symptom hos människor som vistas i miljön. BFR uppdrog i maj 1982 åt prof em Hans Ericsson att vara projektledare och åt civ ing Björn Hellström att vara projektsammanhållande. Arbetet har sedan dess bedrivits i fyra projekt ledda av utredningsmän och med referensgrupper bestående av sakkunniga, berörda myndigheter och byggnadsindustri.

I den allmänna diskussionen har flytspackel tillskrivits den största betydelsen för uppkomsten av ovanstående olägenheter. Ca 90 % av betongbärlagen i nyproduktionen avjämnas med flytspackel varav någon eller några procent av den totala produktionen, 10 - 15 milj m<sup>2</sup>, enligt en inventering per nov 1982 har olägenheter av olika slag. Missfärgningarna dominerar. Olägenheterna förekommer oftast på mellanbläcklag. Skadebilden är inte entydig. Olägenheterna skiljer sig i natur, omfattning och förekomst från dem, som vanligen tidigare betecknades som fuktskador.

Utredningen har blivit omfattande och tidsödande. Den har försvärats av att flytspacklens sammansättningar till stor del är okända.

Utredningen har visat att användningen av flytspackel med proteiner i miljö med hög fuktighet medför risk för elak lukt och andra olägenheter, jfr Svensk Byggnorm 1980 32:31. Utredningen konstaterar att tillräckligt hög fuktighet i flytspackel kan förekomma i golv på betongbärlag för att olägenheter skall kunna uppträda i större omfattning än vad som förekommer normalt.

Utredningen har visat att vissa vanliga flytspackel saluförda på den svenska marknaden mellan 1977 och sommaren 1983 avger ammoniak under lång tid vid påverkan av fukt. Tillsatser till vissa flytspackel i form av proteiner såsom kasein kan brytas ned under de kemiska förhållanden som råder i dessa flytspackel när

fuktigheten när över ett kritiskt värde. Detta värde är i området  $75 \leq RF_{krit} \leq 85$  % relativ fuktighet. Den avgivna mängden ammoniak är beroende av såväl fuktnivån som av det enskilda flytspacklets sammansättning.

I en rapport från KTH och i den allmänna debatten har det påståtts att olägenheterna orsakas av påvisade mikroorganismer i flytspackel. Omfattande mikrobiologiska studier har gjorts inom projektet liksom en ingående granskning av KTH-rapporten. Inte i något fall har så många mikroorganismer (bakterier eller svampar) återfunnits i eller på flytspackel, i lim eller beläggningar att de på ett vetenskapligt sätt kan förklara olägenheterna eller stödja påståendet.

Utredningen har konstaterat att kasein och andra kväveinnehållande ämnen har använts i decennier i byggnadsmaterial. Sådana ämnen förekommer i lim, primers, fuktisoleringar, spackel- och avjämningsmassor samt i jute, ofta i samband med en fungicid i syfte att minska risken för angrepp av svampar under förvaring och efter applicering. Utredningen har konstaterat att flera spackel- och avjämningsmassor samt vanliga lim kan avge ammoniak, lim endast under extrema förhållanden. Mängden kvävehaltiga ämnen liksom byggfukten per m<sup>2</sup> golvyta ökades när flytspackel introducerades på den svenska marknaden 1977 på grund av att flytspacklen ofta får större tjocklekar än de som övriga nämnda material normalt har. I enstaka fall har olägenheter i form av missfärgningar och lukt rapporterats från objekt med tjock avjämningsmassa/spackel (okända fabrikat).

Utredningen har visat att fuktig ammoniak mörkfärgar material innehållande garvsyror, t ex beläggningar av ekparkett och korrek.

Utredningen har visat att i plastmaterial ingående mjukgörare, t ex DOP, kan sönderdelas under bildning av en alkohol, 2-etylhexanol. Denna alkohol frigörs till luften och i tillräcklig mängd ger den upphov till en sötaktig, något stickande lukt som kan förnimmas i lokaler med beläggning av plastmaterial. Denna lukt utgör en av de väsentliga olägenheterna. Starkt alkalisk fuktig miljö, så som den kan vara i flytspackel, har visats kunna



bryta ned mjukgörare under bildning av den nämnda alkoholen. Ett reaktionsförlopp med ammoniak som sönderdelande ämne har teoretiskt visats men med svårighet framkallats på laboratorium. Förloppet är mindre sannolikt eftersom de restprodukter som borde erhållas inte påvisats. Förekomsten av ammoniak under en tät beläggning kan emellertid bidra till den alkaliska miljön.

Utredningen har kunnat isolera men, trots stora ansträngningar, inte kunnat identifiera den lukt som betecknats såsom rå och unken. Den är ofta så diffus att endast känsliga personer kan uppfatta lukten. Beskriven lukt av denna art förekommer som regel vid objekt med platta på mark, undantagsvis vid mellanbjälklag. Lukten förekommer i objekt med olika typer av beläggningar. Samvariation mellan lukt och missfärgning av ekparkett på två cementbaserade, kaseinhaltiga flytspackel har styrkts liksom frånvaron av olägenheter vid ekparkett på gipsbaserat, kaseinfritt flytspackel. Den råa, unka lukts natur och uppkomst-sätt studeras vidare inom projekt 5 - Åtgärder för att undanröja olägenheter.

Utredningen finner att 80 - 90 % av olägenheterna kan ges en tillfredsställande vetenskaplig förklaring med kemiska processer utan närvaro av mikroorganismer.

Utredningen konstaterar att bildningen av ammoniak under förhållanden som kan råda i golv är tecken på att också andra ämnen kan bildas vars verkningar på material och, om de är flyktiga, på människor kan vara svåra att förutsäga. Utredningen avråder därför från användningen av tillsatser till golvspackel, som efter ytbeläggningen avger ämnen, t ex ammoniak. Ämnen får inte heller avgå om materialet senare utsätts för uppfuktning.

Miljömedicinska utredningar har gjorts på initiativ av dels utredningen, dels myndigheter. De hittills funna ämnena i luften vid objekt med olägenheter är inte av den natur, som ger upphov till allergiska reaktioner i egentlig mening. Däremot är det klart att människor, som tvingas vistas stadigvarande i miljöer med irriterande gaser utsätts för stress. De vanliga symptom som beskrivits är typiska s k hyperreaktiva symptom. Allt tal om fortskridande och bestående infektionssjukdomar kan bestämt avvisas.



Utredningen konstaterar att nya flytspackel har introducerats på den svenska marknaden som inte avger ammoniak på samma sätt och i samma omfattning som vissa cementbaserade flytspackel med tillsats av protein. Detta är tillfredsställande eftersom användningen av flytspackel bl a är arbetsbesparande.

Utredningen konstaterar att planverket i enlighet med utredningens tidigare givna rekommendation har utarbetat interiörmestiska typgodkännanderegler för flytspackel, som bl a förutsätter att flytspackelns innehåll skall deklarerats samt att användningsområde, hanterings- och lägningsanvisningar skall anges.

Utredningen anser att flytspackel och liknande produkter skall tåla byggfukt och annan fukt.

Utredningen rekommenderar i avvaktan på resultat från projekt 5 - Åtgärder för att undanröja olägenheter - att man tills vidare avvaktar med åtgärder om inte miljön av myndighet bedömts som sanitär olägenhet. Då måste erforderliga åtgärder bedömas i det enskilda fallet.

Utredningen konstaterar slutligen att fukten har en central roll inte bara för de ifrågavarande olägenheterna utan även för de än mer omfattande fukt- och mögelskadorna i byggnader. Utredningen anser att man måste ta ett samlat grepp om hela fuktproblemet. Såväl planområdet som konstruktion och material samt utförandet av byggandet (inte minst uttorkningen) måste ses över. Det är uppenbart att säkerheten mot skador på byggnadsmaterial och andra olägenheter orsakade av fukt har varit och är otillfredsställande med hänsyn till de förhållanden som ofta råder på en byggnadsplats och till svårigheterna att åtgärda de uppkomna olägenheterna samt de ekonomiska och sociala konsekvenserna för husägare.

## 1 BAKGRUND, UPPDRAG OCH ARBETETS BEDRIVANDE

Ord betecknade med \* förklaras på sid 51. (H + nr) hänvisar till handlingsförteckningen.

### 1.1 Riksdagsfrågor

I februari 1982 riktade riksdagsmannen herr Häll i Malmerget en enkel fråga till dåvarande statsrådet Friggebo angående skador i golv som uppträtt i nybyggda hus, se 2.1 - 2.3. Frågan föranleddes främst av att personalen i den år 1980 nybyggda förvaltningsbyggnaden i Gällivare under 1981 hade anmält besvär i form av trötthet, torrhet i mun och svalg, huvudvärk, ögonirritation o d. Frågan gällde om statsrådet ville "medverka att användningen av vissa sorters golvspackel\* stoppas till dess full klarhet vunnits om dess eventuella skadliga verkningar". I annat sammanhang har man krävt att kasein\* i flytspackel\* skall förbjudas. Med anledning av frågan uppdrog statsrådet åt Statens planverk och Byggforskningsrådet (BFR) att låta utreda skadornas natur och uppkomstmekanism.

1983-11-11 besvarade statsrådet Hans Gustafson en interpellation av Karl-Erik Häll som ställt följande frågor:

1. Kommer regeringen, med anledning av de informationer som i dag föreligger om den potentiella risk som kaseinet utgör, att verka för ett förbud mot flytspackel i enlighet med vad som stadgas i SBN 32:31?

2. Vilka rekommendationer kan regeringen lämna alla enskilda personer, familjer, kommuner, landsting, och andra byggherrar som råkat ut för kaseinspackelskador?

Statsrådet konstaterade att riksdagen hade avslagit Hälls motion om förbud mot kasein i flytspackel. Byggforskningsrådet och Statens planverk hade sedan i februari 1982 i uppdrag att utreda frågan. Utredningen hade blivit omfattande och försvårats och försenats genom att flytspackeltillverkarna varit ovilliga att

lämna uppgifter om produkternas sammansättningar, en information som hade varit nödvändig för utredningen.

Statsrådet förutsatte att planverket och byggforskningsrådet skulle i samarbete utforma regler för godkännande av flytspackel och ta fram lämpliga åtgärder för att undanröja de olägenheter som uppkommit. I avvaktan på definitiva åtgärder förutsatte statsrådet att temporära åtgärder skulle rekommenderas.

### 1.2 Uppdrag från BFR

BFR uppdrog i april 1982 åt prof Hans Ericsson att sammanställa då föreliggande skriftliga utredningar, att planera nödvändiga utredningar och att redovisa de slutsatser som redan av det då föreliggande materialet kunde dras. Uppdraget redovisades i en rapport till BFR 1982-05-24.

Ett informationsmöte hölls på BFR i maj 1982 med företrädare för myndigheter, sakkunniga och berörda parter. I samband därmed uppdrogs åt prof Ericsson att vara projektansvarig för det fortsatta arbetet och åt civ ing Björn Hellström att vara projektsammanhållande. Uppdraget avsåg endast skador i golv på betongbärlag och av dessa orsakade tekniska och sanitära olägenheter. Samtliga i golven ingående skikt skulle därvid förutsättningslöst prövas. Utredningen har inte befattat sig med mögelskador eftersom utredningar om sådana pågår inom andra BFR-projekt. Vidare har utredningen försökt undvika att behandla konventionella skador av för hög fuktbelastning av golvmaterial.

### 1.3 Arbetets bedrivande

Arbetet har sedan maj 1982 huvudsakligen bedrivits i tre projekt ledda av utredningsmän och med referensgrupper bestående av sakkunniga, i regel från två olika institutioner för varje grupp av frågor, och med representanter för berörda myndigheter och byggnadsindustri. I maj 1983 bildades en fjärde referensgrupp, som närmast svarat för informationen om projektet och för slutrapporten. Gruppen har bestått av representanter för myndigheterna och av utredningsmännen. De fyra referensgruppernas sammansättningar anges i bilaga 1.

Redan vid utredningens början stod det klart att skador i golv förekom i mycket stor omfattning. Man kunde också konstatera att mängden involverade golvmaterial var mycket stor. Detta innebar med nödvändighet att utredningen har måst koncentrera sig på typiska fall, som belyser vanliga mekanismer för skadornas uppkomst. Däremot har det inte varit möjligt att i varje enskilt fall analysera samtliga förekommande faktorer och deras betydelse för skadorna.

Utredningen konstaterade tidigt i sitt arbete att skador i golv av observerade slag och omfattning medför svåra tekniska, sanitära, ekonomiska och sociala konsekvenser. Utredningen har försökt lösa sin uppgift genom att i första hand identifiera de elaka lukterna och studera de processer som ger upphov till dessa. Även processer som ger upphov till bl a missfärgningar av ekparkett och korkplattor har studerats.

Utredningen har blivit omfattande på grund av det stora antalet förekommande skikt i golven och mångfalden av material, som används inom golvindustrin. Som exempel kan nämnas att golvet i ett normalt bostadsrum kan innehålla fem olika lager ovanför betongbärlaget. För varje lager kan ett stort antal fabrikat förekomma. Såväl inhemskt tillverkade som importerade produkter förekommer.

Utredningen har också blivit tidsödande på grund av att de processer som misstänks orsaka lukterna tar mycket lång tid att framkalla såväl i praktiken som vid laboratorieförsök. Elak lukt har i vissa fall uppmärksammats först 1,5 - 3 år efter golvens färdigställande.

Redan i debatten i riksdagen 1983-11-11 framhöll statsrådet de svårigheter, som framkallats av flytspackelindustrins ovillighet att lämna varudeklaration för sina produkter till utredningen.

Ovilligheten har berett utredningen stora svårigheter och medfört allvarliga förseningar genom att man inte lämnar ut produkternas sammansättningar ens till de offentliga tjänstemän inom utredningen, som svarat för de kemiska analyserna, trots

att sekretesskydd garanterats. En flytspackeltillverkare har dock våren 1983 informerat om flytspacklets huvudbeståndsdelar. Informationen om tillsatserna var inte sådan att den bidragit till utredningen. En annan flytspackeltillverkare har hösten 1983 ställt sin nya sammansättning till förfogande, vilket avsevärt förenklat tolkningen av resultaten från provningen av produkten. Det gäller även i viss mån de av tillverkaren tidigare saluförda proteininnehållande produkterna.

Inom många tillverkningsindustrier, t ex livsmedels- och läkemedelsindustrierna skulle fullständiga varudeklarationer vara självklara eller genom lagstiftning föreskrivna. Med hänsyn till de mycket omfattande olägenheter som uppkommit och de allvarliga förluster, som drabbat husägare genom flytspackel som använts 1977 - 1983, är det anmärkningsvärt att tillverkningsindustrins och vissa forskares samarbetsvillighet varit så begränsad. Efter som en fri diskussion och ett givande utbyte av erfarenheter icke varit möjlig är det nödvändigt att en förändring kommer till stånd inom alla berörda områden så att man framledes får möjlighet att förebygga liknande olägenheter.

Utredningen konstaterar att resultat, både från offentliga forskningsinstitutioner och från industrilaboratorier, undanhållits utredningen på ett sätt som starkt försvårat och försenat dess arbete. Forskare och utredare utanför projektet har inte varit villiga att fritt diskutera resultat och hypoteser på det öppna sätt som genomgående präglat utredningens arbete. Öppenhet har i stället utnyttjats på ett sätt som icke främjat utredningens framåtskridande.

Under sitt arbete har utredningen presenterat fem olika lägesrapporter, som sammanfattat de framsteg som gjorts under arbetets gång och de slutsatser som dragits av gjorda iakttagelser och utförda laboratorieundersökningar. Lägesrapporterna är daterade 1982-12-15, 1983-02-15, 1983-05-29, 1983-08-30 och 1984-06-30. Rapporternas innehåll ingår i den föreliggande slutrapporten.

I december 1983 bildades en femte referensgrupp med uppgift att utreda och föreslå möjliga åtgärder för åtgärdandet av olägenheterna. Referensgruppens nuvarande sammansättning anges i bilaga 1.



## 2 PROBLEMSTÄLLNINGEN OCH OLÄGENHETERNAS NATUR

### 2.1 Tekniska olägenheter

De tekniska olägenheterna har bestått i missfärgning av golvbeläggningar av ekparkett och korkplattor. Vid andra typer av golvbeläggningar har även missfärgning och blåsbildning förekommit. Vidare har det konstaterats en viss, icke synlig nedbrytning av komponenter ingående i golvmaterial där mjukgjord PVC ingår. I extrema fall har även en nedbrytning av korkmaterial kunnat iaktas i missfärgade delar.

### 2.2 Hygieniska olägenheter

De hygieniska olägenheterna har bestått i lukt som av hälsovårdsnämnder enligt gällande hälsovårdsstadga ansetts vara sanitär olägenhet. Lukten har av en hälsovårdsnämnd betecknats som elak, en i Svensk byggnorm (SBN) kap 32:31 använd beteckning för icke godtagbar lukt.

### 2.3 Medicinska effekter

De medicinska effekterna har förutom de sanitära olägenheterna av lukterna angivits bestå av olika symptom från ögon och från andningsvägarna. Se vidare avsnitt 4.

### 2.4 Användning av flytspackel

Tekniken att avjämna betongbärlag med flytspackel är tids- och arbetsbesparande. Metoden har varit så attraktiv att den kort tid efter introduktionen 1977 nådde stora marknadsandelar, ca 90 % i nybyggnationen. Totalt uppskattas att man under åren 1977 - 1983 lagt ca 15 - 20 milj m<sup>2</sup> flytspackel på betongbärlag. I dag används metoden fortfarande i ungefär samma omfattning. Sedan utredningen riktat uppmärksamhet på olägenheterna av proteintillsats används nu i huvudsak modifierade, enligt tillverkarnas uppgifter kaseinfria, flytspackel.



## 2.5 Till utredningen framförda hypoteser

I den allmänna diskussionen har flytspacklet, vilket närmast kommer i kontakt med lim och golvbeläggning, tillskrivits den största betydelsen. Utredningen delar den uppfattningen varför rapporten huvudsakligen behandlar flytspackel och de olägenheter som kan uppkomma därav. Utredningen her emellertid även beaktat möjligheten av olägenheter från andra material ingående i golv.

Förekomst av bakterier i flytspacklet har ansetts kunna orsaka både skador på golvbeläggningarna och dålig lukt, särskilt vid kaseinhaltigt flytspackel. Anrikning av kasein till flytspacklets överyta genom sedimentering av de tyngre partiklarna har ansetts ha betydelse liksom materialets höga porositet.

Vidare har det framförts att missfärgningar av ekparkett och korkplattor skulle orsakas av ammoniak från flytspackel. Man har också framfört att luktande ämnen, med eller utan inverkan av ammoniak, kan komma från plastmaterial. Flera andra tänkbara förklaringar till de tekniska olägenheterna och lukterna har framförts till utredningen och prövats men befunnits vara mindre sannolika som generell förklaring till de iakttagna olägenheterna. I enskilda fall kan förklaringar som avviker från utredningens huvudlinjer förekomma.

### 3 OLÄGENHETERNAS FÖREKOMST OCH OMFATTNING

#### 3.1 Riktad enkät

Enligt en enkät har olägenheterna förekommit i ett stort antal hus i olika delar av landet. Enkäten riktades till fastighetsförvaltare/entreprenörer m fl ansvariga för objekt med kända skador. Denna enkät visar på en hög skadeomfattning i dessa objekt. På basis av samma enkät och andra undersökningar uppskattades vid årsskiftet 82/83 att skadefrekvensen var av någon eller några procent av de sedan 1977 på flytspackel lagda golven. Sedan enkäten gjordes har ytterligare ett stort antal skadefall, ca 70 st, anmälts till utredningen eller på annat sätt kommit till dess kännedom.

Enligt enkäten förekommer skadorna vid beläggningar på betongbärlag som avjämnats med flytspackel men har i några fall också konstaterats på betong med konventionell spackel-/avjämningsmassa\*. Missfärgningar av ekparkett och korkplattor dominerar. Av de sju enligt enkätsvaren använda flytspacklen innehåller sex fabrikat kasein och av dessa uppvisar ett inga skador. Det gör heller inte det kaseinfria flytspacklet, som dock har utgått från marknaden av olika skäl. Resterande fem fabrikat förekommer vid olägenheter av olika slag. Se vidare bilaga 2.

#### 3.2 Observationer

Utredningen har kunnat bekräfta förekomsten av de rapporterade olägenheterna i golv, där proteinhaltiga flytspackel har använts. Olägenheterna har dock observerats även från golv där flytspackel inte ingår. I ett fall med lukt ingår en kaseinhaltig avjämningsmassa i golvet, i ett fall ett tunt avjämnings-skikt av obekant ursprung. Missfärgningar av korkplattor har konstaterats vid ett objekt där golvspackel saknas men där mycket hög fuktighet konstaterats och andra speciella omständigheter noterats. Kasein-innehållande konventionella spackel och avjämningsmassor samt lim har använts i decennier i betydande omfattning utan nämnvärda olägenheter. Skadebilden är således inte entydig att hänföra till material innehållande kasein. Det statistiska sambandet mellan verklig skadeomfattning och golvspacklens skade- samt marknads-

andel kan inte bestämmas med sådan noggrannhet att man kan utpeka enskilda golvspackel med potentiell risk för tekniska eller sanitära olägenheter.

Utredningen konstaterar att erfarenheterna från nuvarande skador skiljer sig i natur, omfattning och förekomst från dem som vanligen tidigare betraktades som fuktskador. Olägenheterna förekommer på golv på mark men i flertalet fall på mellanbjälklag, som enligt gängse uppfattning borde vara "torra". Skador har uppkommit där fukt uppmätts även i lägre fuktnivåer än de som idag tillämpas för beläggingsmaterial och lim.

### 3.3 Utländska erfarenheter

Byggdoc har på utredningens uppdrag gjort två litteratursökningar, en sommaren 1982 och en vintern 1984, båda rörande nordisk-, engelsk-, tysk- och franskspråkig litteratur. Den första sökningen resulterade inte i några användbara referenser rörande den aktuella frågeställningen. Sökningen 1984, då internationella databaser utvidgats, gav fem artiklar som alla behandlar missfärgning av ekparkett.

En artikel av Sell och Kühne, 1967 (H112), är av stort intresse. Missfärgning av ekparkett överensstämmer med den som iakttagits av BFR-utredningen och förklaras med förekomsten av ammoniak och aminer under parketten. Något speciellt skikt anklagas inte. Författarna redovisar resultat av undersökningar av 52 tillsattsmedel till betong och bruk. Medlen utvaldes bland 109 tillsattsmedel saluförda i Schweiz. Tillsattsmedlen var av följande typer: plastificerande, luftindragande, kombinationer därav, bindningsaccelerande och retarderande samt fryspunktnedsättande. Alla utom 16 medel avgav ammoniak och aminer i högre eller mindre halter. Prov av bruk med fryspunktnedsättande tillsattsmedel missfärgade ekträ. Förekomsten av ammoniak kunde spåras genom att placera ett glas-kärl med mynningen tätt mot underlaget och hänga ett fuktat lackmuspapper i kärlet fritt från provytan. Om pappret visar att pH = 7,2 inom tre timmar är det tecken på att alkaliteten är för hög. Alternativt kan man sätta in en skål med Nestlers reagens i i kärlet. Amoniakhalt som kan missfärga ek anges vara av storleksordningen 5 mg/m<sup>3</sup> luft.

Slutligen avrådes från användningen av tillsatsmedel såsom urea samt varnas för förekomst av salmiak (ammoniumklorid) på ytan under parkett. Salmiak används av målare för att bleka trä.

Med referens till Sell/Kühnes artikel avråder man i en österrikisk artikel (H113) från användningen av ammoniak/aminavgivande tillsatsmedel när man avser att använda parkett av träslag som kan missfärgas därav.

Utöver missfärgningar av garvsyrahaltiga träslag rapporteras inga skador av den aktuella arten i den studerade litteraturen.

Det har hävdats att det i Storbritannien skulle finnas ett förbud mot användning av avjämningsmassor innehållande kasein. Utredningen har försökt ta reda på fakta och skrivit till Departement of Health and Social Security. Av korrespondensen (H114) framgår att man avråder från användningen av sådana massor enär man har dålig erfarenhet av deras mekaniska egenskaper. Några skador orsakade av bakterier rapporteras inte. Däremot rekommenderas att massorna bl a bör ha sådana egenskaper att de kan läggas utomhus, dvs de skall tåla hög fuktighet. Man omtalar i ett brev att man har varit i kontakt med industrirepresentanter, som har påpekat risk för mikrobiell aktivitet i denna typ av massor. Liknande påpekande har gjorts av Nair Chemicals Ltd, som uppger att laboratorieförsök har visat på sådan risk. Provningsrapporten har emellertid inte kunnat återfinnas i arkivet varför den inte har kunnat ställas till utredningens förfogande för bedömning. En sådan industrirapport har tidigare rapporterats (H3) och refererats av Ericsson (H1). Denna ger dock inte tillräckligt belägg för bedömning av möjligheten för mikrobiell aktivitet i flytspackel.

I Norge har man rapporterat dålig lukt från golv orsakade av mögelväxt i juteväv på undersidan av mattor (H93). Sedan flytspackel infördes på den norska marknaden uppges att man inte har den typen av problem. Det är dock känt via svenska golvmaterialtillverkare att enstaka fall av missfärgningar har förekommit i Norge.

Även i Danmark, Finland och Västtyskland används kaseinhaltiga flytspackel. I dessa länder förekommer enligt svenska golvmaterialtillverkare missfärgade golvbeläggningar innehållande ekmaterial, dock inte såvitt man vet i svensk omfattning.

Utredningen har inte studerat andra länders sätt att bygga hus. Uppgifter från flera personer med erfarenheter av utländsk byggnadsverksamhet tyder på att man där är mer försiktig med fukt, särskilt från mark, än vad vi är i vårt land.

Utredningen är medveten om att de aktuella skadorna är av den art man inte gärna skriver om i internationell fackpress. Det kan vara en förklaring till att så få erfarenheter finns rapporterade. Det påpekas också (H114) att man i Storbritannien antagligen är mer tolerant mot lukt än man är i Sverige.

## 4 MEDICINSKA SKADEVERKNINGAR

### 4.1 Allmänna iakttagelser

Förutom de tekniska skadorna och hygieniska effekterna enligt 2.1 och 2.2 har även konstaterats rent medicinska problem. Dit hör elak lukt samt en rad diffusa medicinska symptom. Allmänheten samt press och andra massmedia har ofta uppfattat detta som ett distinkt sjukdomssyndrom som gått under benämningar som Dalensjukan, flytspackelsjukan m m. Det har också framhållits att den företer likheter med den s k dagissjukan, kontorssjukan samt sick building syndrome.

### 4.2 Infektionsproblem

I ett tidigt stadium av utredningen föreföll det som om man föreställde sig att bakterier, framför allt klostridier, skulle kunna orsaka fortskridande infektionssjukdom, varmed man då troligen i värsta fall avsåg gasbrand. Denna uppfattning kan dock avföras från diskussionen. Den i detta sammanhang vanligaste bakterien, *Clostridium sporogenes*, saknar förmåga att, utan föregående svår skada, ge upphov till sjukdom hos människan. Vissa andra från aktuell miljö isolerade klostridier kan göra det men i samband med de skador som iakttagits föreligger ingen medicinsk relevant exposition. Clostridiuminfektioner med anknytning till här aktuella miljöer finns inte heller rapporterade. Huvudsakligen i samband med svåra skador såsom trafik- och krigsskador förekommer infektioner med klostridier. Bakterierna är kända för att kunna ge upphov till högmolekylära proteiner, som genom sina toxiska effekter främst påverkar muskelvävnad. Det har inte hävdats att sådan effekt skulle föreligga.

### 4.3 Överkänslighetsreaktioner

Många olika subjektiva besvär har beskrivits av boende och de som arbetar i miljöer där det förekommit tekniska olägenheter och elak lukt. Som exempel kan nämnas ögonirritation, halsirritation, huvudvärk, utslag, trötthet, nästäppa, hosta och andningsbesvär, illamående m m.



De besvärande symptomen har av dem som bott eller arbetat i hus med dessa olägenheter uppfattats som allergi, utlöst av ämnen från flytspackel. Ur medicinsk synpunkt kan de iakttagna symptomen, främst med hänsyn till de ifrågavarande ämnernas låga molekylvikt, inte i egentlig mening betraktas som allergiska, d v s utlösta av immunologiska processer i kroppen. Sådana kan möjligen uppträda som sekundära fenomen genom bildning av lågmolekulära substanser till kroppens äggviteämnen. De observerade symptomen bör i stället hänföras till s k hyperreaktivitet hos de personer som uppvisar symptom. Hyperreaktivitet är enligt en definition ospecifik överkänslighet speciellt lokaliserad i bronkerna för fysikaliska eller kemiska retningar. Hos de flesta människor utlöses inga symptom men hos de hyperreaktiva ger retningarna upphov till hösnuveliknande symptom från de övre luftvägarna och från ögonen samt astmaliknande symptom från bronkerna.

Graden av hyperreaktivitet kan variera starkt mellan olika individer. Så kan en familjemedlem vara starkt besvärad av miljön medan andra väl kan observera lukt, t ex när de kommer hem från arbetet, men ej ha några symptom.

#### 4.4 Miljömedicinska utredningar

Två mer kompletta utredningar har gjorts för att klarlägga tillförlitligheten i dessa påståenden. Den ena i samband med olägenheter som uppstod i den då nybyggda förvaltningsbyggnaden i Gällivare (H44, H98 = bilaga 10), den andra (H51, H52) inom bostadsområdet Dalen, en förort till Stockholm.

"Gällivareutredningen" har redovisats av företagsläkaren vid Gällivare företagshälsocentrum, Gunnar Steineck, som grundar sin rapport på de anställdas subjektiva besvär. Sammanlagt 63 personer, som arbetat inom byggnaden, har utfrågats om eventuella besvär. Nio av de utfrågade hade varit helt besvärslösa. De återstående 57 personerna uppvisade i olika antal sju olika symptom. Eftersom vissa patienter haft mer än ett symptom har symptom rapporterats sammanlagt 118 gånger. Enligt uppgift från yrkeshygieniska kliniken i Umeå är samtliga symptom utom ett kända från den arbetsmiljö, som är karakteristisk för moderna lokalers klimatologiska förhållanden, särskilt vintertid och i kallt klimat. Tidigare icke i sådana sammanhang observerade symptom utgörs i två fall av periorbitalt eksem (eksem runt ögonen), ett i annat sammanhang bland hudläkare känt symptom.

"Dalenutredningen" verkställdes av 1:e stadsläkaren Jan Hermansson i Stockholm i nära samarbete med docent Carl-Johan Göthe vid yrkesmedicinska kliniken på Södersjukhuset. De besvär som förekom var till stor del av samma karaktär som i Gällivare. Här gällde det dock ett stort bostadsområde och kom därför också att handla om allmänna klagomål beträffande boendemiljön som sådan, brister i ventilation med läckage av os, matos, röklukt etc.

I Dalenutredningen behandlas också allergifrågan. Enligt medicinsk definition krävs för diagnosen allergi en förändrad reaktivitet hos individen mot ett antigen, dvs ett ämne med förmågan att framkalla en motreaktion i kroppen kännetecknad av nybildningen av ett specifikt "motgift" (antikropp) som på ett speciellt sätt reagerar med antigenet. Under vissa förhållanden kan det ske överslag i denna reaktion och man får då s k allergiska symptom.

Enligt mer folkliga traditioner får allergier en annan dimension och täcker besvär som kan vara av psykosomatiskt innehåll. Detta är emellertid ett allergibegrepp, som helt skiljer sig från det medicinska begreppet allergi och som inte får förväxlas med detta.

Påvisade nedbrytningsprodukter från flytspackel har en sådan molekylvikt att risken för allergiutveckling måste bedömas som osannolik. Några specifika allergier mot dylika ämnen eller förekomsten av symptom, som kunde väcka misstanke om dylik allergi, kunde heller inte påvisas.

Enligt Dalenutredningen kunde konstateras att Dalensjukan inte var något stringent medicinskt begrepp. I sammanfattningen av denna utredning framhåller man att då den inleddes, var utgångshypotesen att det skulle föreligga ett samband mellan uppgivna symptom och den kemiska och fysikaliska boendemiljön. Hypotesen måste emellertid enligt utredarna förkastas.

Utredningens medicinska kontroller har begränsats eftersom de tillhör andra myndigheters ansvarsområden. Två fall har emellertid bedömts vara av sådant intresse att de på utredningens initiativ undersökts av läkare. I båda fallen hade det rapporterats att två boende i två orter hade utslag, som försvann när de flyttade från boendemiljön. Den ena patienten bodde i en lägenhet med elak lukt och med flytspackel på alla golv. Den andra patienten bodde i en lägenhet utan kännbar lukt för alla med undantag för patienten och med flytspackel endast i det ekparkettbelagda vardagsrumsgolvet. Parketten hade inga missfärgningar och flytspacklet innehöll kasein samt var av det fabrikat, som då bedömdes vara i stort sett skadefritt. Patienterna undersöktes på yrkesmedicinska klinikerna vid Södersjukhuset respektive Örebro lassarett. Ingen patient hade utslag. Däremot hade

de andra symptom liknande de som rapporterats i Gällivare- och Dalen-undersökningarna. Patienten, som undersökts i Örebro, kan avföras från diskussionen enär symptomen med all sannolikhet orsakas av andra medicinska förhållanden. Den på Södersjukhuset undersökta patienten har haft symptom i form av hög, långvarig feber och symptom från nedre luftvägarna, som den utförda miljöutredningen inte kunnat knyta till boendemiljön. Denna har emellertid förändrats och patienten förbättrats efter ändring av ventilationssystemet. Man kan därför inte utesluta att den tidigare miljön kan ha inverkat. Patienten kommer att följas upp av läkaren.

#### 4.5 Medicinska slutsatser

Utredningens slutsatser är desamma som man dragit i Gällivare- och Dalenutredningarna: Det finns idag inga nedbrytningsprodukter påvisade i flytspackel eller i andra golvmaterial, som kan knytas till något specifikt sjukdomsbegrepp.

Antydningar om de påvisade bakteriernas sjukdomsalstrande förmåga och de i luften påvisade ämnas toxicitet eller misstänkta kancerogena effekt är felaktiga eller starkt överdrivna och, vad gäller misstänkt kancerogenitet, avfärdade av Statens Miljömedicinska Laboratorium (H116), som utrett frågan på Socialstyrelsens begäran efter utredningens initiativ.

## 5 TEKNISKA STUDIER

### 5.1 Luktanalyser

Det kan konstateras att sammansättningen av de ämnen som orsakar de olika lukterna ännu inte entydigt har kunnat fastslås, trots användandet av ytterst avancerade provtagnings- och analysmetoder.

Utredningen har kunnat konstatera att lukterna skiljer sig till grad och natur. En karakteristisk lukt är sötaktig, något stickande och identifierad, se bilaga 6. En annan lukt är svår att beskriva och har obestämt betecknats som rå, unken. Båda lukterna upplevs vara besvärande för människor i olika hög grad. Många personer kan inte känna dem, särskilt inte den råa, unka lukten. Den liknas ibland vid lukt från fuktig betong, ibland vid lukt som finns i bostäder eller potatiskällare.

I föregående lägesrapporter har den identifierade lukten av alkoholen 2-etylhexanol nämnts. Detta har uppfattats så att ämnet ensamt svarar för lukten. Så är inte fallet utan ämnet har använts som typssubstans för att spåra lukter och för att få en kvantitativ uppfattning om halten av luktande ämnen i luften.

Genomförda fältundersökningar, se bilaga 6, visar att luftens sammansättning över golv i objekt med tekniska olägenheter eller lukt avviker från problemfria objekt i följande avseenden:

- ammoniak förekommer i halter upp till 1 ppm\*
- en eller flera högre alkoholer (t ex 2-etylhexanol) förekommer i halter högre än vad som är vanligt där beläggingsmaterial med mjukgjord PVC ingår
- andra luktande ämnen förekommer, ännu oidentifierade.

Ammoniak har alltid kunnat påvisas i luften i objekt med elak lukt i de fall ämnet har analyserats. Det är anmärkningsvärt att halten aldrig varit så hög att ammoniaklukten har känts av dem, som vistas i miljön.

Rapporter har inkommit som visat förekomst i luften av såväl korta som långa aminer\* och bekräftat tidigare påvisad förekomst av ammoniak (H72, H78, H84, H88). Rapporterade halter av aminer är mycket låga och ligger nära provningsmetodens nedre gräns för avläsbarhet. Aminer är kända illaluktande substanser från nedbrutet protein såsom kasein (H115).

Uppgifterna i litteraturen angående lukttröskeln\* är ofullständiga. Uppmätta halter i luften ovan golvbeläggningarna har varit så låga att det inte har varit möjligt att alltid analysera de ämnen som ingår i grupperna långa respektive korta aminer. Subjektivt förnimbar lukt har icke direkt kunnat relateras till objektivet påvisbart ämne. I de fåtal fall, där korta aminer påvisats i låga halter har inga klagomål på dålig lukt förekommit. Å andra sidan har halten aminer i luften påvisats vara något högre i objekt med dålig lukt än i referensobjekt.

Vid analys med gaskromatograf uppträder ett ämne med viss retentionstid, som ligger bland aminernas (H87). Ämnet kan påvisas med en sniffer, en anordning som medger att man kan känna lukten av ett ämne samtidigt som gaskromatografen registrerar retentionstiden. Ämnet har dock icke direkt kunnat jämföras med kända ämnen och icke isoleras i sådana mängder att det kunnat närmare analyseras. Det är sannolikt att detta eller liknande ämnen är en dominerande orsak till den lukt som betecknats som rå, unken.

Det sålunda icke identifierade ämnet är sannolikt icke den enda illaluktande substansen som kan avgå från proteinhaltiga flytspackel. I experimentella undersökningar har kasein visat sig avge valeraldehyd och, troligen, metylmerkaptan i alkalisk miljö (H82). Utländska studier över illaluktande ämnen som uppstår vid förvaring av kasein har påvisat ett tjugofemtal olika ämnen av vilka endast några få kunnat identifieras (H115).

## 5.2 Modellförsök i laboratorium

Utredningen har kunnat konstatera, se bilaga 6, att en del kvävehaltiga ämnen i golvspackel (t ex proteiner såsom kasein)



under betingelser normalt förekommande i golv på betong kan brytas ned under bildning av ammoniak. Processerna kan pågå under lång tid. Steriliserat flytspackel beter sig i detta avseende på liknande sätt som icke steriliserat flytspackel. Det har konstaterats att även enligt uppgift kaseinfria flytspackel kan avge ammoniak. Flera av de konventionella spackel-/avjämningsmassorna avger också ammoniak. Bildningen av ammoniak är en god indikation på att även andra ämnen kan bildas, vars verkningar är svåra att förutsäga.

Utredningen har kunnat konstatera att ett på marknaden nu förekommande proteinfritt flytspackel under extrema laboratorieförhållanden kan avge påtagliga mängder ammoniak (H87). Under normala förhållanden har det hittills inte observerats att så sker vid laboratorieförsöken.

Vidare har man funnit att de i PVC-mattor vanligast förekommande mjukgörarna i alkalisk miljö under mycket fuktiga förhållanden kan delvis brytas ned till sina ursprungliga beståndsdelar. En av dem, 2-etylhexanol, har på många skadeobjekt identifierats som den dominant luktande gasen. Även fuktig ammoniak har efter åtta månader visats kunna bryta ned mjukgörare vid laboratorieförsök.

Utredningen har teoretiskt och experimentellt bekräftat att ammoniak missfärgar ekparkett och korkmaterial genom inverkan på de i materialen ingående garvsyror.

### 5.3 Fältundersökningar

På utredningens uppdrag har SP undersökt ett stort antal objekt med skador av aktuella slag. Andra SPs uppdragsgivare har ställt provningsresultat till utredningens förfogande. Erfarenheterna av dessa undersökningar har sammanställts i bilaga 6.

Erfarenheterna bekräftar huvudlinjen i BFR-utredningen: man observerar förekomsten av ammoniak under golvbeläggningarna i högre halter i objekt med skador än i oskadade objekt. Tre undantag finns, bl a ett omtalat fall i Skurup. Där förekom ingen ammoniak under de starkt missfärgade korkplattorna eller under betongplattan på mark. Däremot påvisades mycket hög fuktighet i betongen samt, av plattillverkaren, salmiak under korkplattors kanter. Vidare konstaterades att man hade i flera år använt ett ammoniakhaltigt rengöringsmedel. Se vidare bilaga 6.

#### 5.4 Mikrobiologiska studier

Omfattande studier på olika institutioner har redovisat låga halter av mikroorganismer i flytspackel från både skadade och oskadade golv. Främst vissa arter av klostridier, varav en art ansetts vara unik för flytspackel, har tillskrivits betydelse. Ingen institution har emellertid på sedvanligt sätt kunnat påvisa förekomsten av mikroorganismer i sådan mängd som på ett vetenskapligt sätt kan förklara skadorna. Se vidare bilaga 4.

Klostridiernas förmåga att överleva och tillväxa i hårdnat flytspackel sedan detta infekterats med stora mängder bakterier har studerats i en serie försök. Försöken kan sammanfattas så att det initialt sker en kraftig reduktion av antalet bakterier från ca  $10^{exp6}$  till ca  $10^{exp2}$ . Under det fortsatta förloppet uppvisar bakterierna i hittills utförda försök icke högre halter än ca  $10^{exp3}$ .

Det har hävdats att påvisade mängder av bakterier skulle vara tillräckliga för att genom sin halt av enzymer nedbryta proteiner på sådant sätt att de uppkomna olägenheterna skulle kunna förklaras. De uppkomna ämnena skulle vara karakteristiska för mikrobiologisk aktivitet och icke kunna förklaras genom andra typer av kemisk aktivitet.

För att skaffa bindande bevis för den mikrobiologiska orsaken till kaseinets sönderfall har en forskargrupp vid KTH lagt ned ett omfattande, ambitiöst och i vissa avseenden värdefullt arbete.

Framställningen i rapporten (H102) är sådan att den inte kan bedömas eller utvärderas på gängse vetenskapliga grunder. Ingen av gruppens medlemmar har varit villig eller kapabel att genom mera ingående muntliga diskussioner klarlägga försöksbetingelserna eller tolka resultatens innebörd. De experimentella arbetsmetoderna och de slutsatser som dragits är icke tillräckligt väl genomförda respektive stringent uppställda för att stödja slutsatsen att mikrobiologiska processer är de enda eller ens den dominerande förklaringen till den iakttagna nedbrytningen av protein. Det höga pH-värdet och det osmotiska trycket gör den fysikalisk-kemiska miljön föga lämpad för tillväxt av bakterier.

Inte heller fukthalten har påvisats regelmässigt vara så hög att den underlättar bakterietillväxt.

Rapportens (H102) slutsatser baseras på fyra väsentliga iakttagelser på vilka följande viktiga synpunkter kan framläggas:

- a) I en central punkt av äggvitekemin, kaseinets sönderfall i alkalisk miljö, citeras Carpenter (1926) på ett felaktigt sätt. Carpenters åberopade arbete visar att kasein bryts ned till aminosyror i alkalisk miljö.
- b) Det s k Kochs postulat tillämpas när man avser att påvisa sammanhanget mellan en viss sjukdomsbild och den mikroorganism som förmodas orsaka den. Av postulatets fyra delar är emellertid endast två visade. Man borde också på sterilt spackel med de anklagade bakterierna tillförda visa att samma "sjukdomsbild" uppkommer som för spackel från objekt med olägenheter.
- c) Användningen av API-systemet för identifiering av anaeroba bakterier har icke följt tillverkarens anvisningar. De mycket svaga reaktioner som iakttagits kan icke anses som positiva och hela detta analytiska arbete saknar signifikans.
- d) En rad ämnen anses vara påträffade i flytspackel. De anses visa på en "omisstaglig biokemisk enzymkemisk härstamning". Alla de ämnen som säkert identifierats kan i samtliga fall utgöra nedbrytningsprodukter av polymerer i beläggningar, av tillsatser i flytspackel och i lim, diverse lösningsmedel o d.

Mykologiska studier på olika institutioner har redovisat låga halter av mögelsporer under golvbeläggningar. Ingen institution har på sedvanligt sätt kunnat påvisa mögelsporer i sådan mängd som på ett vetenskapligt sätt kan förklara skadorna.

Vana mykologer anser att den lukt, som betecknats rå och unken, icke är av den art som anses vara mögellukt. Kontrollprover har inte någon gång visat tecken på mögelbildning under mattor eller på och i flytspackel. De aktuella skadorna har heller inte hänförs till mögel, som så många gånger görs i andra liknande sammanhang. Se vidare bilaga 5.

## 5.5 Kemiska och fysikaliska analyser

Under den aktuella perioden 1977 - 1983 då skador i golv observerats har i stor utsträckning använts flytspackel, som fått sina tekniskt fördelaktiga egenskaper att lätt spridas i ett jämnt lager horisontalt över ett obehandlat betongunderlag genom tillsats av kasein eller andra äggviteämnen med motsvarande egenskaper. Den uppgivna halten har varit 0,5 - 1,0 % av vikten flytspackelpulver.

Kasein är ett äggviteämne, som framställs genom utfällning ur mjölk med syra eller löpe. Liknande ämnen med samma fysikaliska effekt på flytspackel och andra liknande produkter kan framställas även ur växtriket (ärter, bönor eller soyabönor). Även slakteriavfall kan tänkas användas efter föregående behandling.

Kasein framställs för livsmedels- och industriändamål. Enligt EG-regler gäller för livsmedelskasein att antalet mikroorganismer skall understiga 30000 per gram för kvalitet A (Extra) 100000 per gram för kvalitet B (Standard). Motsvarande begränsning finns inte för kasein avsett för industriell användning. Den högsta rapporterade halten bakterier i kasein avsett för flytspackel uppgår till 70000 per gram (H102), dvs inte väsentligt högre än vad som godtas för livsmedelskasein av kvalitet A.

Kemiska analyser av fem kaseinhaltiga flytspackel visar att fyra st innehåller kväve, som motsvarar uppgivna halter kasein. Det femte innehåller sju gånger så mycket kväve, se bilaga 6. Andra kemiska analyser visar också att flytspacklen kan innehålla högre kvävemängder än de som svarar mot uppgivna halter kasein.

Flytspacklens huvudbeståndsdelar utgörs av cement av olika typer, torkad ballast, i vissa fall flygaska och gips, se bilaga 3.

Förutom de för flytegenskaperna väsentliga ämnena ingår i flytspackel ett antal tillsatser såsom polymerer, förtjockare och tensider för att önskade egenskaper skall erhållas. Dessa medels verkningssätt, sammansättning och kemiska stabilitet är inte helt kända av utredningen.

Kasein, liksom sannolikt även andra tillsatser, har använts i decennier i konventionella spackel-/avjämningsmassor, utan att motsvarande skador har rapporterats. Massorna tillsattes ofta en fungicid i syfte att minska risken för angrepp av svampar under förvaring och efter applicering. Tillverkningen av flytspackel har bl a möjliggjorts genom att flygaska numera kan ingå i produkterna. Härigenom har det bl a blivit möjligt att ge avjämningsmassa flytande konsistens och samtidigt väsentligt sänka vattenhalten. Enligt tillverkarnas uppgifter ingår inte fungicider i de aktuella flytspacklen.

Eftersom flytspackeltillverkarna icke är villiga att lämna ut den fullständiga sammansättningen är det inte för utredningen känt i vad mån ämnen, som kan uppfattas som ersättningsämnen för kasein, kommit till användning. Inte heller känd är betydelsen av flygaska eller betydelsen av de olika tillsatserna för de aktuella olägenheterna.

Samtliga kända provningsresultat visar att de hårdnade kaseinhaltiga flytspacklens pH är 10 eller högre. Porvatten på ca 3 mån gammalt flytspackel har haft pH = 12, ett förväntat värde med hänsyn till förekomsten av cement. På ytan av flytspackel kan man förvänta lägre värden dels på grund av anrikning av kasein till ytan genom sedimentation av tyngre partiklar, dels genom inverkan av luftens kolsyra under den tid flytspacklet ligger obelaggt, s k karbonatisering. Denna berör dock endast det allra ytligaste spackelskiktet. pH-värdet i ytan bestämt med indikatorpapper har rapporterats vara så lågt som pH = 8.

Det är känt att kasein under inverkan av stark alkalisk miljö spjälkas i sina beståndsdelar, först i form av polypeptider, som utgör äggviteämnens byggstenar, senare i enskilda aminosyror, ammoniak och aminer med längre eller kortare kolkedjor.

Flytspacklens porositet har undersökts, se bilaga 3. Den uppgår till 30 - 40 % i de provade flytspacklen. Huvuddelen (ca 75 - 90 %) av porvolymen är vattenfylld i de för spacklen normalt förekommande miljöerna (80 - 90 % relativ fuktighet under lång tid).



De vattenfyllda porernas storlek är ca 1  $\mu\text{m}$  eller mindre. Eftersom de anklagade bakterierna har minst 3  $\mu\text{m}$  diameter och kan vara upp till 20  $\mu\text{m}$  långa har de inte plats att tillväxa i dessa porer utan att spränga strukturen i flytspacklet. Så har aldrig observerats. I de större porerna däremot finns plats men normalt inte fritt vatten.

Porositeten har betydelse för flytspacklens förmåga att kvarhålla vatten och är därför av väsentlig betydelse för uppkomsten av de kemiska reaktionerna.

Anrikning av kväveinnehållet till flytspackelytor har konstaterats. Avskrap från flytspackelytor, färdigställda för beläggning, har innehållit 5 - 10 gånger mer kväve än vad som uppgivits.

Orsaken härtill är sannolikt den sedimentation som alltid uppkommer i partikelsuspensioner. Misstänkta fall av sedimentation har undersökts inom BFR-utredningen och därvid funnits vara begränsad till den översta millimetern, som synes vara anrikad av polymert material. Omfattande sedimentering har dock rapporterats från tidiga skadefall, då produkten var relativt ny på marknaden. Det är troligt att man då inte var medveten om de problem, t ex av mekanisk art, som kan uppkomma vid för riklig vattentillsats och tjockare skikt än vad som rekommenderas, normalt ca 15 mm.

Man kan förvänta att uppenbarligen svaga ytskikt normalt har slipats bort före limning av en ytbeläggning eftersom man annars riskerar att limfogen blir dålig och mattan lossnar. I några skadefall har man dock observerat att spackelytan har varit dammande i högre grad än vad man ansett vara normalt.

## 6 STUDIER RÖRANDE ANDRA I GOLV INGÅENDE MATERIAL

### 6.1 Golvbeläggningar

Kemiska undersökningar har gjorts inom projektet av PVC-beläggningar och korkplattor (H37, H48, H49, H53, H56, H57, H60, H62, H63) samt på plastmatta med jutefiltbaksida (H107).

Undersökningarna har stött utredningens huvudlinje vad gäller förekomst av ammoniak och mjukgörarnedbrytning. Vidare har laboratorieprov gjorts som visar att mjukgörare relativt enkelt kan sönderdelas av alkalisk fukt men även genom långvarig påverkan av fuktig ammoniakgas. Huruvida en samtidig påverkan av alkalisk fukt och ammoniak förenklar nedbrytningen av mjukgörare har inte särskilt studerats men det kan inte uteslutas att så är fallet.

Undersökningen av plastfiltmattan (H107) visade att juten avgav ammoniak. Mattan hade legat i ett objekt med rå, unken lukt. Det är känt att jute kan ha sådan lukt i fuktig miljö. Försöket upprepades ca 3/4 år efter det att provet tagits ut. Även då avgav provet ammoniak efter vätning. Tillverkaren av mattan uppger, efter att också ha påvisat förekomsten av ammoniak från provet, att kväveföreningen måste ha kommit utifrån, t ex från flytspacklet. Detta har påvisats avge ammoniak. Förklaringen är rimlig men kan ifrågasättas. Så kan man ibland i samband med bearbetningen av jute tillsätta urea för att nå önskade egenskaper. Obegagnade mattprover av samma fabrikat har inte avgett ammoniak vid vätning eller behandling med natronlut, ej heller flera så behandlade prover av linoleum med jutevävbaksida.

Några ingående kemiska analyser av mattors beståndsdelar har inte gjorts eftersom tillverkarna har uppgivit innehållet för ansvariga utredningsmän med motiveringen att det är så lätt att analysera innehållet. Mångfalden av mattor har ävenledes bidragit till att begränsa undersökningarna till kontroller av att utredningens huvudlinje stämmer.

Vad gäller vanliga beläggningsmaterials uppbyggnad och egenskaper samt de krav man bör ställa på dem hänvisas till Teknisk översikt, Byggekatalogen Häfte 11 (halvhårda beläggningar. Kork, linoleum, gummi, plast) samt produktblad i samma häfte.

I bilaga 8a ges en redovisning av vanliga ämnen i plastmattor.

Mikrobiologiska kontroller har gjorts på undersidan av plastmattor med och utan jutebaksida samt i korkplattor (H27, H66, H70, H101, H107 samt bilaga 4). Inte i något fall har man kunnat påvisa mikroorganismer i sådan mängd som på ett vetenskapligt sätt kan förklara de uppkomna olägenheterna även om det har påvisats att material såsom kork och jute kan ge grogrund för mikroorganismer (H93, H109).

## 6.2 Lim

Tre vanligt använda lim från två tillverkare har av en flytspackeltillverkare påvisats kunna avge ammoniak under starkt alkaliska förhållanden (5 M NaOH-lösning). Vid lägre alkalitet (0,1 M NaOH-lösning) har tre vanligt använda lim från en tillverkare påvisats vara stabila (H63). Lim kan innehålla ämnen som kan avspjälka ammoniak, se bilaga 8a. En beskrivning av lim ges i bilaga 8b.

Några ingående analyser av lim har inte gjorts av samma skäl som anges vad gäller beläggningar, se 6.1.

## 6.3 Produkter för fuktisolering

Fuktisolering erfordras i vissa fall, se 7.2, tabell 2. Utöver papp, vars fuktisolerande förmåga är begränsad, används polyetenfolie och dispersioner av polyvinylden.

Polyetenfolie har inte satts ifråga och har därför inte närmare studerats.

I bilaga 8b ges den redovisning som kunnat erhållas vad gäller dispersion av polyvinylden.

## 7 FUKTFRÅGOR

### 7.1 Allmänt

Fuktens centrala roll i problemkomplexet skador i golv är klar. Det är också klart att en stor del av de hus som uppvisar skador har byggts på sådant sätt och så snabbt att risken för fuktskador är påtaglig.

Vid all användning av cement som bindemedel i material förekommer ett överskott av vatten, som inte binds kemiskt. Detta överskott benämns byggfukt och förekommer såväl i betong som i flytspackel. Ett stort vattenöverskott i utgångsblandningen medför hög inneboende fukthalt. Ett sådant material kommer att avge överskottsfukten långsamt till dess jämvikt inträder med omgivningen.

Flera resultat erhållna inom utredningen samt andra resultat och iakttagelser tyder på att plattor på mark med täta beläggningar haft högre än 90 % relativ fuktighet under lång tid. Många av de studerade objekten med olägenheter har varit belägna på tidigare vattensjuk mark. I ett enstaka fall finns anledning att ifrågasätta grus/stenmateriallets kapillärbrytande förmåga. I övriga fall med 90 % r f eller högre i betongen beror den höga fuktigheten sannolikt på kvarvarande byggfukt.

Fukthalter motsvarande 80 - 90 % relativ fuktighet i betong-golv på mark kan förväntas i det stationära tillståndet. En sänkning av lufttemperaturen, t ex i samband med avstängning av värmen, kan leda till att relativa fuktigheten under beläggningen tillfälligt ökar så att kondens kan inträffa. Det har rapporterats i flera fall att lukt uppkommer periodvis, vanligen vår och höst.

Även vid mellanbjälklag har liknande fuktvärden rapporterats. Värdena har dock inte varit högre än att man efter provning har bedömt att fuktvärdet kan godtas enligt gängse regler i HusAMA 72 och RA 78. Man har ifrågasatt fuktvärden med anledning av att det är svårt att noggrant bestämma fuktigheten på ett korrekt sätt. Vidare har man ifrågasatt om fuktisolering enligt RA 78 har utförts i några skadade objekt. Erhållen dokumentation från byggnadstiden är ofta inte sådan att man i efterhand kan därav

bedöma om fuktisolering har utförts. Synliga bevis härpå är svåra att få eftersom rester av lim och mattor efter bortrivning av mattor ofta omöjliggör bedömning utom i de fall färgad fuktisolering har använts.

Vid täta beläggningar på mellanbjälklag kan befintlig byggfukt drivas mot tätskiktet genom att golvtemperaturen ofta är något lägre än den i taket.

Efter att skador har uppkommit har man många gånger uppmätt fuktvärden i mellanbjälklag som är högre än många väntat med hänsyn till den tid som gått sedan inflyttningen. I andra fall åter har "normala" värden uppmätts i skadade objekt. Det enda man säkert kan säga i dessa fall är att fukten härrör från byggfukt och att fuktigheten tidigare har varit högre. Det torde endast i undantagsfall vara möjligt att bedöma hur hög fuktigheten var vid beläggningstillfället och den närmaste tiden därefter i flytspacklet, eventuellt i lim och i beläggning. Alltför många osäkra faktorer finns, såsom nedfuktning under byggnadstiden, torkningsförhållanden, materialegenskaper, m m.

## 7.2 Konventionella fuktskador

Fuktskador på golv på underlag av betong har förekommit tidigare. Omfattande utredningar av sådana skador har gjorts på LTH av bl a L-O Nilsson och på CBI av bl a G Fagerlund. Omfattande forskning om fukt i porösa material har bedrivits sedan mitten av 1960-talet, främst av L-O Nilsson vid LTH. I bilaga 12 sammanfattas det nuvarande vetandet om fukt i betongkonstruktioner. I referenserna /1/ - /6/ redovisas mer om fukt i betong och fuktproblem vid betonggolv.

I tabell 1, hämtad från bilaga 12, redovisas några skador, som förekommit under 1960- och 1970-talen i samband med olika golvmaterial.

Av tabell 1 framgår att olägenheterna var av liknande slag som förekommer under den nu aktuella perioden.



FÖRSLAG TILL KRITISKA FUKTTILLSTÄND (i samband med golv)			
Material	Skadetyper	Skadeorsak	RF <sub>KRIT</sub> (%)
Plastbaserade material	Svällning, blåsbildning	fuktrörelser	95-100
	krympning	mjukgörarvandring+ nedbrytning av lim	jfr golvlim
Golvlim	nedbrytning, vidhäftningsförlust	förtvålning, ofullständig torkning	90-95
Träbaserade material	svällning	fuktrörelser	>75
	röta	svampangrepp	~ 80
Organiska material (inkl trä)	dålig lukt	mögelsvampangrepp	~ 75
De kritiska fukttillstånden beror i vissa fall på materialkvaliteter samt i andra på materialens funktion i konstruktionen.			

Tabell 1. Förekommande skador och förslag till kritiska fukttillstånd för några golvmaterial enligt bilaga 12 och /1/.

Utöver olägenheterna i tabell 1 hänförs följande skadetyper till kategorin konventionella fuktskador:

- mörkfärgning av parkett genom långvarig påverkan av vatten, t ex vid droppande radiatorer,
- mörkfärgning av korkplattor utan baksida av PVC-folie vid långvarig påverkan av hög betongfuktighet. Av bl a detta skäl beläggs korkplattor med PVC-folebaksida sedan början 1970-talet (H77),
- missfärgning av linoleum och plastmattor genom felaktig rengöring.

L-0 Nilsson har i /1/ närmare redovisat hur några av olägenheterna uppkommer:

Blåsbildning uppkommer när golvmaterialiet sväller genom fuktbelastningen samtidigt som limmet försvagas därav. Det är visat att PVC-matta kan svälla 0,5 - 1 % vid hög fuktbelastning (90 - 100 % r f). Det är ävenledes visat att vidhäftnings-

hållfastheten hos lim i hög grad kan nedsättas eller förloras vid hög och långvarig fuktbelastning (>90 % r f i 1 - 3 veckor). Olika lim är olika fuktkänsliga. Följande slutsatser dras vad gäller lims fuktbeständighet:

- A. Beständigheten hos golvlim av olika typ och fabrikat är mycket varierande.
- B. De flesta golvlim bör kunna klara en fuktbelastning av 90 % r f under lång tid.

Krympning hos plastmattor orsakas dels av att PVC-mattor ibland får inbyggda spänningar från tillverkningen, dels av mjukgörarvandring. Den senare beror på kemiska förhållanden. Mjukgöraren lämnar mattan till undervarande material och till luften, i vissa fall i sådan halt att man kan känna lukten.

Förtvålning av golvlim kan när nedbrytningsprodukterna är vattenlösliga försämra limmets hållfasthet. I hög alkalisk fuktighet, t ex på betong med >90 % r f, kan estergruppen i akrylatbaserat lim och acetatgruppen i PVA-baserat lim reagera kemiskt med kalciumhydroxiden varigenom vattenlösliga bestånds-bildas. Denna process benämns förtvålning /1/.

Vid esterförtvålning bildas fria alkoholer, som kännetecknas av en speciell lukt, och kalciumsalt av en syra, vilket är vattenlösligt /1/. I bilaga 6 beskrivs kemisk nedbrytning av en vanligt förekommande mjukgörarester, dioktylfthalat (DOP).

PVA-förtvålning ger inte upphov till någon lukt eftersom det bildas vattenlöslig polyvinylalkohol och kalciumacetat /1/.

På grund av den stora floran av belägningsmaterial och lim är det inte möjligt att bestämma de olika materialens kritiska fukthalter. I avvaktan på sådan deklARATION från tillverkarna/leverantörerna är man hänvisad till att utgå från att materialen tål den fuktighet som anges i RA 78, se tabell 2. Tabellen tillkom sedan det övertygande visats att bestämning

Golveläggning	RF då fukt- isolering normalt inte är nöd- vändig	Erforderlig fuktisolering vid olika relativa fuktigheter i undergolv					RF då lagg- ning normalt inte kan ske
		1 strykn med 55 % asfaltlös- n + YL 400/ 400 eller YK 400/600 + fastgnid- ning 3)	1 skikt YAC700/ 200 med kork- smulor eller 1 skikt YAC 400/150 2)	2 skikt YAC 400/150 2)	Fuktisole- ring med diffusions- tätethet mot- svarande en strykning med epoxiplast 6)	0,15 mm 7) polyeten- folie	
*Parkett	<60	-	60-85	80-90	-	60-95	>95
*Lamellbräder på sand	<60	-	60-85	80-90	-	60-95	>95
Helsyntetiska textilmattor utan belagd baksida	<99	-	-	-	-	-	>99
Textilmattor med naturmaterial utan belagd baksida	<90	-	-	-	90-97	-	>97
Textilmattor med belagd baksida (gummi, PVC, strykning med gummilatex)	<90	-	-	-	90-97	-	>97
Korkplattor utan PVC-folie 1)	<85	-	-	-	85-95	-	>95
Korkplattor med PVC-folie	< 2)	-	-	-	85-90 2)	-	>90 2)
Linoleum	<90 3)	90-95	-	-	90-97	-	>97
Gummi	<85	-	-	-	85-95	-	>95
Vinylplasmattor med högst 50 % fyllmedel, vinylplasmattor utan bärare eller med bärare av juteväv eller vinylcellplast 3)	<85	-	-	-	85-97	-	>97
Vinylplasmattor med bärare av filt, vinylplastplattor med mer än 50% fyllmedel 3)	<90	-	-	-	90-98	-	>98
Vinylplasmattor med bärare eller bak- sidesbeläggning av mineralfiber och PVC eller glasfiber och PVC 4)	<85 4)	-	-	-	85-97 4)	-	>97
Plastmassor av typ polyester, akryl	<97	-	-	-	-	-	>97
Plastmassor av typ uretan	<90	-	-	-	90-97	-	>97
*Träfiberskivor, spånskivor på sand (kapitel O)	<60	-	60-85	80-90	-	60-95	>95

\*Samtliga värden för träbaserade material är beroende av att den relativa luftfuktigheten efter inläggning genom uppvärmning och ventilation, hålls under 60 %.

Tabellen avser golveläggning på underlag av betong (eller sand och undervarande betong) i hus med jämn temperaturför-  
delning genom betongen.

Tabellen gäller för byggfukt och inte för fuktillskott vid golv på mark, golv över pannrum, golv med golvvärme, över  
högtemperaturrör i golv o d.

I det enskilda fallet måste hänsyn tas till omständigheterna på platsen då arbetet skall utföras, t ex kvarvarande fukt i stomme,  
i innerväggar eller i väggputs. Denna fukt ger inte utslag på RF-mätaren, men kan inverka på behovet av fuktisolering i golvet.

Egenskaper hos aktuell golveläggning och fuktisolering bör kontrolleras med materialleverantören, vad gäller krav på  
fuktbeständighet och täthet.

#### Läggning av papp

Skarvar läggs kant i kant.

#### Limning av papp

Pappen limmas med asfaltskiktet nedåt mot undergolvet.

#### Läggning av folie

Skarvar läggs med minst 200 mm överlapp. 5)

Tabell 2. Förslag till fukttabell i RA 78 vid bestämning av  
betongens relativa fuktighet på mätdjupet 20 % av plattjockleken  
vid mellanbjälklag och 40 % vid golv på mark med underliggande  
isolering eller ångspärr.

Följande ändringar är gjorda i HusAMA 83, tabell Q/2 (entre-  
prenadföreskrift):

- Not 1. Materialet har utgått ur tabellen.
2. Nya värden: <90, 90-95, >95.
  3. Ny uppdelning. I princip oförändrade krav.
  4. Nya värden: <90, 90-97
  5. Ny text tillagd: Folie skall ligga under korksmulepappen.
  6. Ny text: ... motsvarande två strykningar med PVDC  
(polyvilylidenklorid).
  7. 0,20 mm i HusAMA 83.
  8. Nya benämningar på papp i HusAMA 83.

av relativa fuktigheten ger ett säkrare underlag för bedömning av betongens fukttillstånd än bestämning av fuktkvoten enligt HusAMA 72, tabell Q/9, med karbidmätare. Fuktkvotsvärdena i tabell Q/9 har av L-0 Nilsson översatts till relativa fuktigheter i undergolv i RA 78, se tabell 2. Denna tabell baseras således inte på senare underlag än det som låg till grund för tabell Q/9 i HusAMA 72.

Tabell 2 var ett förslag i RA 78 och således inte bindande. Avsikten var att under en övergångsperiod använda båda metoderna (bestämning av fuktkvot resp relativ fuktighet) parallellt för att vinna erfarenheter av de värden som anges i tabell 2. Under den aktuella perioden har båda metoderna tillämpats, se skadeinventeringen bilaga 2.

Enligt nu gällande HusAMA 83 skall man bestämma betongens relativa fuktighet. I tabell 2 har införts de ändringar från RA 78 som har gjorts i HusAMA 83. I den mån fuktvärden har ändrats har de justerats uppåt några enheter.

Visuellt observerades ovannämnda olägenheter på följande sätt:

Missfärgningar och blåsbildningar på självklara sätt. De var ofta förenade med förtvålrat lim under olägenheterna. L-0 Nilsson har funnit att förtvålrat lim alltid har varit förknippat med >90 % r f i underlaget /1/.

Krympning av mattor observeras vanligen vid fogar mellan våder, vid stor krympning även vid golvlister. Någon dokumentation om underlagets fuktighet eller limmets förtvålning har inte kunnat återfinnas i litteraturen.

"Knottrig" överyta på korkplattor när de betraktas i släpljus är ofta tecken på att de utsatts för hög fuktighet.

Lukt av mögel har observerats under täta beläggningar på betong, Hyppel et al /7/. I vissa fall kan mögelförekomsten under mattan observeras men ofta erfordras en mykologisk analys för att kunna bedöma anledningen till denna typ av lukt.

Annan lukt har rapporterats av Fagerlund, Tuutti /6/. Lukten beskrivs som besvärande, unken.

Golven bestod av plattor på mark med underliggande isolering av lättklinker. Betongytan var avjämnad med spackel/avjämningsmassa och belagd med plastfilt- och homogena plastmattor. Blåsor, kantresningar och förtvålrat lim observerades liksom hög fuktighet i betongen, i några fall 100 % r f.

Skillnader mellan konventionella fuktskador och de olägenheter som förekommit under den aktuella perioden är följande:

- olägenheterna förekommer i större omfattning än den man tidigare har varit van vid
- olägenheterna förekommer där betongunderlaget har lägre fuktvärden än tidigare
- de vanliga tecknen på fuktskador (blåsbildning, förtvålning o d) förekommer sällan där olägenheter rapporteras
- elak lukt förekommer oftare än förr
- lukten är vanligen inte av mögelkaraktär. Vid kontroller finner man inte tecken på mögelproblem.

### 7.3 Fukt och flytspackel

I bilaga 3 redovisas tillgängliga men ofullständiga uppgifter om flytspackels sammansättning, gjorda undersökningar och krav på sådana produkter som föranleds av gjorda erfarenheter. Undersökningarna har gjorts på åtta flytspackel, som fanns på den svenska marknaden i augusti 1982. Vidare redovisas preliminära resultat från studier vid LTH av kritiska fukttillstånd och fuktförhållanden hos spacklade betonggolv. Slutligen redovisas kända förhållanden rörande den råa, unka lukten, som inte kunnat identifieras.

Flytspackel innehåller vid blandningen ca 20 - 26 vikt-% vatten enligt tillverkarnas rekommendationer. I de gjorda undersökningarna användes 19 - 22 % vatten, se bilaga 3. I de åtta provblandningarna användes således storleksordningen 320 - 445 kg vatten per m<sup>3</sup>. I betong och bruk används vanligen 180 - 220 kg vatten per m<sup>3</sup>.



Fuktstudierna vid LTH har gett följande preliminära resultat:

- Kork missfärgas tydligt efter lång tid i kontakt med kaseinhaltigt flytspackel med 93 % relativ fuktighet eller högre. Detta är också fallet med kork i kontakt med kaseinfri avjämningsmassa med 100 % relativ fuktighet. Mindre tydlig missfärgning observeras vid 85 respektive 93 % relativ fuktighet.
- Kritisk relativ fuktighet,  $RF_{krit}$ , i kaseinhaltiga flytspackel för ammoniakbildning är i området  $75 \leq RF_{krit} \leq 85$  %. Mängden avgiven ammoniak beror såväl av fuktnivån som av det enskilda fabrikatet.
- De provade flytspacklen beter sig i fukthänseende som andra cementbundna material med aktuella cementshalter. De har dock olika benägenhet att binda blandningsvattnet. Erforderlig uttorkningstid kan därför förväntas vara olika för flytspacklen. De två provade flytspacklen, ett med och ett utan kasein, behöver torka ca en vecka i rumsklimat per 5 mm tjocklek för att fukten i ett primat betongunderlag skall nedgå till den fuktnivå som fanns före flytspacklingen. Primning inverkar gynnsamt på underlagets fuktighet:

Eftersom flytspacklens sammansättningar är så olika kan erfarenheterna av provningarna vid LTH utnyttjas endast för de provade materialen, åtminstone så länge sammansättningarna är okända.

Det har hävdats att de höga vattenhalterna i flytspacklen leder till höga porositeter och annan porfördelning än den som man har i betong. De provade flytspacklens porositeter är 30 - 35 volym-% (ett flytspackel med liten marknadsandel 40 %). Ett liknande cementbruk med vattencementtal 0,8 har ca 32 - 35 % porositet. Fuktstudierna vid LTH visar inga egendomligheter i detta avseende.

Det har hävdats att ett tätt skikt bildas på flytspackelytan, som skulle hindra eller försvåra vattenavgången. Så har inte observerats vara fallet vid fuktstudierna på LTH. Huruvida fältförhållanden kan påverka flytspacklens ytskikt på sådant sätt är inte undersökt.

Det har hävdats att flytspackel skulle vara väsentligt mer hygroskopiskt än betong genom ökning av mängden lösta salter i porvattnet. Teoretiskt är detta riktigt. Fuktstudierna vid LTH visar dock att hygroskopi iteten inte har ändrats så mycket att man observerar det vid de gjorda försöken.

De fuktmekniska studierna vid LTH fortsätter. Resultaten av dessa undersökningar bör vara av stort intresse för byggnadsbranschen. Det är angeläget att de rapporteras snarast möjligt.

Av utredningen framgår klart att ammoniakavgången från flytspackel upphör när relativa fuktigheten är  $\leq 75\%$ . Såväl de kemiska reaktionerna som eventuell mikrobiell aktivitet kräver nämligen tillgång till vatten. Enzymatisk aktivitet kan enligt H102 pågå vid så låg relativ fuktighet som 35 % medan bakterietillväxt vanligen fordrar 99 % relativ fuktighet. I vad mån dessa siffror, som är hämtade från livsmedelsindustrin, är tillämpliga inom byggnadstekniken är dock oklart.

Det torde i många fall vara svårt att komma ner till 75 % relativ fuktighet i ett betongunderlag, framför allt vid platta på mark med tät beläggning. Erfarenheterna från fuktstudierna vid LTH om kaseinhaltiga flytspackels olika benägenhet att avge ammoniak bör kunna utnyttjas inom projekt 5 vid utarbetandet av förslag till åtgärder för att undanröja olägenheter.

Flera likheter i sammansättningen av flytspackel samt spackel- och avjämningsmassor har konstaterats men också olikheter, se bilaga 3. Man har frågat sig varför olägenheter av ifrågavarande slag och omfattning har uppkommit efter flytspacklens introduktion 1977 när erfarenheterna av tidigare använda liknande produkter i stort var positiva.

Av skadeinventeringen framgår att omfattningen av olägenheterna uppskattas vara någon eller några procent av de på flytspackel i nyproduktionen lagda golven. Huvuddelen (ca 2/3) av olägenheterna består av missfärgningar på grund av att proteinhaltiga flytspackel avger ammoniak vid vanligt förekommande fuktvärden i betongunderlag.

Olägenheter av lukt från nedbruten mjukgörare i beläggningsmaterial har objektivt konstaterats på objekt där betongunderlagets relativa fuktighet var 87 % eller högre efter lukts uppkomst. Sannolikt har fuktigheten varit högre än den uppmätta under lång tid. Exakt var den kritiska fuktighetsgränsen går för alkalisk nedbrytning av vanligt använda mjukgörare är inte känt. Erhållna indikationer visar att den åtminstone ligger högre än 90 %. Huruvida ammoniak o d från proteinhaltigt flytspackel kan underlätta nedbrytningen är inte klarlagt. Klart är dock att ammoniak bidrar till alkaliteten genom att den förekommer i gasform under beläggningen.

Källan till den råa, lukten har inte kunnat spåras. Resultat av fuktmätningar antyder att även denna olägenhet sammanhänger med fukt.

Användningen av flytspackel har sannolikt i flera fall bidragit till förekomsten av högre fukthalter i betongunderlagen än tidigare. Tillskottet av fukt från flytspackel med rekommenderad skikt tjocklek är visserligen marginellt men tekniken har medgett betydligt snabbare byggtakt och generellt tjockare skikt än vid användningen av konventionella spackel- och avjämningsmassor. Den redan tidigare välfyllda fuktbägaren har i vissa fall runnit över.

## 8 SLUTSATSER

### 8.1 Huvudlinjen

Utredningen konstaterar att användningen av flytspackel innehållande proteiner och andra kväveavgivande ämnen i fuktig miljö medför risk för elak lukt och andra olägenheter, se Svensk Byggnorm 1980 32:31. Utredningen konstaterar att tillräckligt hög fuktighet i flytspackel kan förekomma i golv på betongbärlag för att olägenheter skall kunna uppträda i större omfattning än normalt. Uttalandet baseras på följande iakttagelser:

- olägenheter av ifrågavarande slag uppträder efter 1977, när proteinhaltiga flytspackel introducerades
- olägenheterna uppträder vid lägre fukthalter än de man tidigare accepterat enligt HusAMA 72 och RA 78
- olägenheterna har upphört när flytspackel tagits bort
- olägenheterna har ibland återkommit vid omläggning av golvbeläggningmaterial utan att flytspacklet tagits bort
- proteinhaltiga, cementbaserade flytspackel har påvisats avge ammoniak under lång tid vid inverkan av fukt. Kritisk relativ fuktighet är i området  $75 \leq RF_{krit} \leq 85 \%$
- ammoniak missfärgar ekparkett och korkplattor
- ammoniak samt nedbrytningsprodukter av mjukgörare hittas i luften i högre halter i objekt med elak lukt än där sådan lukt saknas
- ammoniak bidrar till den alkaliska miljön under täta beläggningar genom att den befinner sig i gasfas
- tillskottet av fukt från flytspackel med rekommenderad skikt-tjocklek är visserligen marginellt men tekniken har medgett betydligt snabbare byggtakt och generellt tjockare skikt än vid användningen av konventionella spackel- och avjämningsmassor.

Uppkomsten av ammoniak kan förklaras med kemiska processer. Mikrobiologiska processer kan inte uteslutas även om de är ytterst osannolika.

Huvuddelen av olägenheterna består av missfärgning av ekparkett och korkplattor. Missfärgningarna orsakas av att vissa cementbaserade flytspackel innehållande i miljön labila kväveföreningar avger ammoniak vid vanligt förekommande relativa fuktigheter i betongbärlag.

Hög fuktbelastning och hög alkalihalt i flytspackel kan på ett godtagbart sätt förklara olägenheter i form av blåsbildning och lukt av nedbruten mjukgörare från beläggingsmaterial innehållande mjukgjord PVC. Användningen av flytspackel har av allt att döma i vissa fall inneburit en ökning av fuktbelastningen.

Dessa olägenheter representerar 80 - 90 % av alla.

Återstoden av olägenheterna utgörs av en rå, unken lukt, som i potatiskällare. Denna lukt har isolerats men ännu icke kunnat identifieras. Samvariation mellan lukt och missfärgning av ekparkett på cementbaserat flytspackel innehållande kasein har styrkts liksom frånvaron av sådana olägenheter vid ekparkett på gipsbaserat kaseinfritt flytspackel. Det är inte visat att lukten bildas under ekparketten eftersom lukten kan ha spritts från utrymmen med andra beläggningar. Påvisad förekomst av luktsämnet i flytspackel bevisar inte att lukten bildas av ämnen ingående i flytspackel. Den råa, unkna luktsens natur och uppkomstsätt studeras vidare inom projekt 5 - Åtgärder för att undanröja olägenheter.

De på senare år introducerade melaminhartsbaserade flytspacklen har vid laboratorieförsök påvisats vara stabilare än proteinbaserade flytspackel. Några olägenheter av ifrågavarande slag har inte heller rapporterats till utredningen där melaminhartsbaserat flytspackel använts. Risken för mjukgörarnedbrytning vid otillräcklig uttorkning före beläggning måste uppmärksammas.

## 8.2 Andra inverkanse faktorer

Det har i den allmänna debatten hävdats från byggbranschen att Svensk Byggnorm 1975 införde krav på tätare hus och lägre energiförbrukning än de man hade tidigare. Husen har gjorts



tätare. Energiförbrukningen har nedgått bl a genom att införa ventilationssystem med återvinning av värme. De nya kraven anses ha medfört minskad ventilation vilket kan ha förstärkt olägenheterna av lukt och de symptom som rapporteras. Liknande synpunkter har även framförts av företrädare för Statens miljömedicinska laboratorium.

## 9 REKOMMENDATIONER

Utredningen ger följande rekommendationer:

- Utredningen avråder från användningen av tillsatser till golvspackel, som efter ytbeläggningen avger eller ger upphov till illaluktande ämnen även vid en senare uppfuktning av materialet. Detta gäller oavsett om materialet innehåller protein såsom kasein eller annan substans som kan brytas ned till besvärande produkter i ifrågavarande miljöer.
- Utredningen har prövat frågan att rekommendera ett förbud för användningen av proteiner i flytspackel. Utredningen har därvid kommit till slutsatsen att ett golvspackel, i första hand flytspackel, skall typgodkännas efter noggrann prövning.
- Utredningen anser att tillverkare/leverantörer måste före saluförandet av golvspackel ge sådan varudeklaration och genomföra sådana provningar eller på annat sätt dokumentera, t ex med hjälp av lång tids erfarenhet, att man vid typgodkännandet kan bedöma att irriterande eller hälsovådliga ämnen inte kan avges från den färdiga konstruktionen.
- Utredningen anser att golvspackel måste tåla vatten och byggfukt samt, med hänsyn till risk för hög fuktighet även i senare skeden, vara stabila i starkt alkalisk miljö.
- Utredningen anser att tillverkare av golvspackel måste ge noggranna anvisningar för bl a uttorkningen före beläggning, såväl vad gäller materialets egen fukt som eventuellt tillförd fukt före beläggning.

I avvaktan på resultat från åtgärdsprojektet rekommenderas att man tills vidare avstår från att åtgärda objekt med missfärgningar eftersom sådana i vissa fall återkommit vid omläggning av beläggningsmaterialet. Om myndighet bedömt att lukt utgör sanitär olägenhet måste erforderliga åtgärder bedömas i det enskilda fallet. På grund av de höga kostnaderna att ta bort flytspackel

rekommenderas att man vid objekt med luktproblem av annan grad försöker finna temporära lösningar, i första hand genom att öka luftomsättningen.

Det fortsatta arbetet inom åtgärdsprojektet måste baseras på uppgifter och förslag från flytspackeltillverkarna, som känner sammansättningen av sina produkter. I avvaktan på detta kommer uppföljande studier av gjorda permanenta och temporära åtgärder att göras.

## SLUTORD

Det är en allmän erfarenhet att ändringar i sammansättningen av byggnadsmaterial som avses leda till tekniska förbättringar också kan medföra oväntade bieffekter som innebär betydande olägenheter. Så har i hög grad visat sig vara fallet med flytspackel. Till-sättning av flytmedel i form av kasein eller andra proteiner har givit önskvärda tekniska egenskaper. Förbättringarna i arbets-metoder och slutresultat har för byggnadsindustrin varit av stor betydelse. Förekomsten av olämpliga tillsatsmedel till den grund-läggande cement-ballastblandningen har medfört mycket betydande olägenheter.

Vid de ansträngningar som pågår och kan förväntas fortsätta med avsikt att eliminera olägenheterna med bibehållna tekniska kvali-teter föreligger en påtaglig risk att motsvarande eller nya olägenheter uppkommer. Det är icke heller uteslutet att andra tillsatser än äggviteämnen redan nu eller i framtiden kommer att stå för väsentliga delar av olägenheterna.

En oundgänglig förutsättning för att olämpliga kompositioner skall hindras att få spridning på marknaden är att alla fabri-kanter i samband med typgodkännande tvingas lämna en fullständig varudeklaration omfattande samtliga beståndsdelar i flytspacklet. Det är nämligen inte uteslutet att någon helt annan substans än det först och allmänt observerade kaseinet kan ha väsentligt bidragit till de, huvudsakligen under de senaste sex åren, uppkomna skadorna och olägenheterna eller att nya tillsatser i framtiden kan ge upphov till nya olägenheter.

Deklarationen bör kunna göras hemlig för konkurrenter men måste vara tillgänglig för en grupp sakkunniga som har tillräckliga kunskaper, laboratorieresurser och byggnadsteknisk erfarenhet för att kunna bedöma riskerna.

Utredningen erinrar om det angelägna i att gjorda erfarenheter samordnas med andra utredningar, som berör liknande problem. Sådana utredningar pågår om mögel, fukt och radon. I synnerhet är det angeläget att åtgärder som avser att förebygga skador

eller att sanera redan skadade byggnader utformas så att de inte ger motstridiga resultat.

Dessa slutsatser och konstateranden skall betraktas som ett huvudresultat av BFR-utredningen som oundgängligen måste läggas till grund för saneringen av flytspackelmarknaden ur teknisk synpunkt.

Även om många värdefulla iakttagelser har gjorts och de grundläggande, mest omfattande problemen har klarlagts är det nödvändigt att utredningsarbetet rörande den råa, unkna luktens natur och uppkomstsätt får fortsätta inom ramen för projekt 5, som huvudsakligen arbetar med att föreslå åtgärder för att undanröja olägenheterna.



## ORDFÖRKLARINGAR

Golvspackel	I utredningen använd sammanfattande benämning av spackel- och avjämningsmassor samt flytspackel
Spackelmassa	Dispersion av halvfast, salvartad konsistens, avsedd för spackling*. I utredningen används "konventionell spackelmassa" för att undvika förväxling med flytspackel
Spackling	Utjämning av underlagets ojämnheter med ett tunt skikt av spackelmassa*
Avjämningsmassa	Betong e d för förbättring av planhet hos underlag. A. läggs på i tjockare skikt än spackelmassa*
Avjämning	Förbättring av underlagets planhet med skikt av avjämningsmassa*
Flytspackel	Definition saknas. F. är en avjämningsmassa som med flyttillsatser getts särskilt lättflytande egenskaper. F. tillsätts vatten på byggnadsplatsen så att materialet kan pumpas till avsedd plats och där bilda en färdig, plan och i huvudsak horisontal yta utan vidare bearbetning eller annat efterarbete.
Kasein	Protein som framställs av mjölk. Liknande protein kan erhållas från andra substanser i djur- och växtriken
ppm	Gasers koncentration i milliondelar (parts per million)
ppb	Gasers koncentration i milliarddelar (parts per billion)
2-etylhexanol	Alkohol, ej naturligt förekommande. Används för tillverkning av en i PVC-mattor vanligt använd mjukgörare. Används också till tvål och parfym. Mjukgörare kan vid exceptionella förhållanden sönderdelas varvid 2-etylhexanol återbildas.
Amin	Lättflyktig kväveförening, ofta med låg lukttröskel. A. påträffas bl a i gödsel och fisk. A. kan bildas genom kemisk eller mikrobiell nedbrytning av protein.
Lukttröskel	Den halt av ett ämne som 50 % av en luktpanel bestående av erfarna personer kan upptäcka. Tröskelvärdet anges ofta med ett intervall.
Hygieniskt gränsvärde	Den av Arbetarskyddsstyrelsen ASF 1981:8 angivna tillåtna halten av ett ämne i arbetsmiljö (nivå-gränsvärde är det värde som tillåts för stadigvarande vistelse i åtta timmar).

## Exempel på gränsvärden:

Ämne	Lukttröskel, ppb	Hygieniskt nivå-gränsvärde, ppb
2-etylhexanol	75	saknas
ammoniak	700	25000
summa aminer	350	saknas
metylamin	20	10000
etylamin	26	10000
dietylamin	140	10000
trietylamin	saknas	10000
trimetylamin	0,2 - 100	saknas
1,4-diaminobutan (putresin)	saknas	saknas
1,5-diaminopentan (cadaverin)	saknas	saknas
2-fenyletylamin	saknas	saknas

på förslag 1983

\* Definition enligt HusAMA 72

## REFERENSER TILL AVSNITT 7 OCH BILAGA 3

- /1/ Nilsson, L-O, 1977, Fuktproblem vid betonggolv. Rapport TBVM-3002, LTH
- /2/ Ahlgren, L, Bergström, S, G, Fagerlund, G, Nilsson, L-O, 1976, Fukt i betong. Cement- och betonginstitutet (CBI).
- /3/ Ahlgren, L, 1972, Fuktfixering i porösa byggnadsmaterial. Rapport 36. LTH.
- /4/ Adamsson, B, Ahlgren, L, Bergström, S, G, Larsson, P-G, Mattsson, P-O, Fukt i golv och väggar. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport R11:1973.
- /5/ Fagerlund, G, 1980, Golv på mark utan fuktskador. Handling nr 32. BPA.
- /6/ Fagerlund, G, Tuutti, K, 1975, Fuktskador i småhusgolv på mark. CBI Rapport 7558.
- /7/ Axén, B, Hyppel, A, Moquist, S, 1984, Mögel i bjälklag. Undersökningsrutiner och skadefall. (Byggnadsforskningsrådet.) T7:1984.
- /8/ Svedberg, G, Höglund, A, Ajnefors, F, Brink, H, Hälsöfarliga material i byggnader. Kartläggning av två material. Stencilerad slutrapport till forskningsanslag 830422-5 från Statens råd för byggnadsforskning. 1984.

## HANDLINGSFÖRTECKNING

## HANDLINGAR 1 - 117

Följande handlingar 1 - 12 förelåg vid utredningens början i maj 1982:

- 1 Ericsson, H, Sammanställning av iakttagelser angående tekniska och sanitära olägenheter i samband med nylagda golv. Sammanställning av handling 2 - 12. 820524
- 2 Albertsson, A-C, Banhidi, Z, Mikrobiellt angrepp på byggnader och boendemiljö. 811126
- 3 Ardex Chemie GmbH, Brev 820205, Untersuchungen an Fussboden-Spachtelmassen
- 4 FOA, Undersökningsprotokoll 920226, Gällivare
- 5 IVL, Mikrobiologisk undersökning av spackel och korkprover från ABS. 820114
- 6 ABO Akademi, Undersökning av ev bakterier i Vetonit Plaano. 2 rapporter, 820122 och 820204
- 7 Riedel-De Haen AG, Brev 760517 rörande Mergal
- 8 Laurell, G, Lundholm, M, Bakteriologisk undersökning av golvspackel. Prel rapport mars 1982
- 9 Stranger-Johannessen, M, Innehåll av mikroorganismer i golvboreprøver mottatt fra Sverige. Rapport 2, nr 421.933. 800602
- 10 Albertsson, A-C, Banhidi, Z, Land, C J, Gasanalys och bakteriologisk undersökning av golv, Gällivare. 820216
- 11 Stenberg, B, Brev 820303 rörande handling 10
- 12 Steineck, G, Pressmeddelande 820216

Följande handlingar har ankommit utredningen och distribuerats på angivet sätt:

NR	HANDLING	UTSÄND Datum	Till
13	VTT, Livsmedelslaboratoriet. Rapport EL 12811	1982-07-20	P1, P3
14	Bilaga 1, 3, 4, 6, 7 ingående i Riksbyggens stämning	1982-07-20	P1
15	Riksbyggens stämning, Bilaga 2, 5, 8, 9	1982-07-20	P1
16	Pühringer, J, Golvspackelmassor och biologi? 820321	1982-07-20	P1
17	Ericsson, H, Diskussionsunderlag för undersökningsmetodik Juni 82	1982-07-20	P1, P3
18	Hyppel, A, Provtagning medelst borrhärnor 820622	1982-07-20	P3
19	Stridh, G, Analys av lukter i bostäder. Lägesrapport 820603	1982-07-20	P1, P3
20	Miljön på Vallonskolan	1982-07-20	P1
21	ASF - Metodik för bestämning av luftburna mikroorganismer i arbetsmiljön. Seminarium 810922	1982-07-23	P1, P3
22	ASF - Hälsorisker till följd av luftburna mikroorganismer i arbetsmiljön. Seminarium 811007	1982-07-23	P1, P3
23	ASF - Mikroorganismer som arbetsmiljöproblem. Mars 1982	1982-07-23	P1, P3
24	Skadeinventeringen - Frågeformulär	1982-08-10	P2
25	Skadeinventeringen - Preliminär delrapport Slutrapport se handling 77	1982-08-10	P2
26	SP, Mätprotokoll 8211,171 Fukt - Vallonskolan	1982-08-23	P3
27	Hyppel, A, Mykologisk provning - Vallonskolan. Preliminär rapport 820823	1982-08-23	P3
28	Laurell, G, Lundholm, M, Mikroorganismers betydelse vid uppkomst av missfärgningar i golv och dålig lukt - Undersökningsplan 820825	1982-08-31	P1, P3

## HANDLINGSFÖRTECKNING

NR	HANDLING	UTSÄND Datum	Till
29	IVL, Kan Kaseinet i golvspackel gynna bakterietillväxt? 820707	1982-08-31	P1, P3
30	IVL, Mikrobiologisk undersökning av spackel. En sammanfattning av undersökningarna utförda av IVL. Aug 1982	1982-08-31	P1, P3
31	KemaNobel, Analyscentrum, Undersökning av illaluktande PVC-matta. Prel rapport 820830	1982-09-10	P1, P3
32	Laurell, G, Lundholm, M, Bakteriologisk undersökning av golvspackel	1982-10-05	P1, P3
33	Björk, S-0, Lägesrapport om utredningar kring flytspackel	1982-10-20	P2
34	Laurell, G, m fl, Provtagnings- och odlingsanvisningar för borrhövar		Berörda
35	Ungethüm, E, Mätteknisk klimat- och luftkvalitetsanalys. Förvaltningsbyggnad, Gällivare. Juni 1982	1982-10-22	P1
36	Ungethüm, E, Sanitära olägenheter i förvaltningsbyggnad, Gällivare. Oktober 1982	1982-10-22	P1
37	KemaNobel, Analyscentrum, Undersökning av illaluktande PVC-matta. Rapport II. 820928	1982-11-03	P3
38	VTT, Trälaboratoriet, Rapport PUU 390/5/82	1982-11-03	P1, P3
39	Åbo Akademi, Bakteriologisk undersökning av karbonatiserad Vetonit	1982-11-03	P1, P3
40	SP, Protokoll 8220,1077, Mätning av fukt, temperatur och lukt i Vallonskolan, Gimo	1982-11-03	P3
41	Ungethüm, E, Utdrag från rapport juni 1982	1982-11-11	P1, P3
42a	Albertsson, A-C, Banhidi, Z, Sammanfattning av Utkast till Lägesrapport I okt 82, rev juni 1983	1983-07-21	P3, P4
43a	Albertsson, A-C, Banhidi, Z, Sammanfattning av Utkast till Lägesrapport II okt 82, rev juni 1983 Slutrapport se handling 102	1983-07-21	P3, P4
44	Steineck, G, Slutrapport ang miljöutredning. Nya förvaltningsbyggnaden, Gällivare	1982-12-16	P1
45	Enequist, R, Skadeinventeringen. Dec 1982	1982-11-30	P2
46	Enequist, R, Snabbenkät. Sammanställning 1. Jan 1983	1983-01-07	P2
47	Enequist, R, Förslag 1982-11-30 till slutsatser Slutrapport se handling 77	1982-11-30	P2
48	KemaNobel, Kontroll av metod att bestämma gasformiga föreningar från golvmattor. 821230	1983-05-15	P3
49	SP, Bestämning av mjukgörare och sönderdelningsprodukter i mattprover. Bestämning av emitterande ämne. 830111	1983-05-15	P3
50	Bladh, E, Analys av proteiner i cement för golvbeläggning. 820722	1983-05-15	P3
51	Hermansson, J, Medicinsk rapport ang Dalen 820914. Sammanfattning och diskussion	1983-05-15	P1
52	Wädding, Å, m fl, Teknisk undersökning, Dalen 821012. Sammanfattning	1983-05-15	P3
53	KemaNobel, Bestämning av ammoniak i Kork-o-plast 821213	1983-05-15	P3
54	Division of occupational health, Odor threshold list	1983-05-15	P1, P3
55	Fredriksson, G, Utvärdering av litteraturstudium m m. 820702	1983-05-15	P3
56	KemaNobel, HPLC-separation av ftalatsyra och dess monoester med 2-etylhexanol. 830224	1983-05-15	P3
57	KemaNobel, Hydrolys av DOP och syntesförsök av ftaltalsyrans monoester. 830225	1983-05-15	P3
58	Rombén, L, Analys av porvatten från bruksprov. CBI Rapport 8314	1983-05-15	P3

NR	HANDLING	UTSÄND Datum	Till
59	SP, Protokoll 8220,1129B, Oktanol i luft- och materialprov från Gällivare, Enskede och Skurup 830309	1983-05-15	P3
60	SP, Protokoll 8220,1129C, Oktanolförekomst i mattprov	1983-05-15	P3
61	SP, Protokoll 8220,1129D, Provtagning och analyser av etylhexanol och ammoniak, Herrljunga. 830329	1983-05-15	P3
62	SP, Protokoll 8220,1129E, Analys av 2-etylhexanol i fyra stycken mattor 830329	1983-05-15	P3
63	KemaNobel, Hydrolysförsök med limmer och PVC-matta. 830412	1983-05-15	P3
64	Wolfe, N, L, Steen, W, C, Burns, L, A, Phthalate ester hydrolysis	1983-05-15	P3
65	SP, Protokoll 8311,17, Orsak till dålig lukt, Munkegårdsskolan, Kungälv. 830302	1983-05-15	P3
66	IVL, Bakteriologisk undersökning av borrhärnor från Gimo. April 1983	1983-05-15	P3
67	ARLA, Kvalitativ och kvantitativ analys av kasein. 830414	1983-05-15	P3
68	Belin, L, Wass, U, Audunsson, G, Mathiasson, L, Amines: Possible causative agents in the development of bronchial hyperreactivity in workers manufacturing polyurethanes from isocyanates	1983-05-15	P1
69	Strömberg, S, Betydelsen av ammoniak och aminer vid mörkfärgning av ekträ (Quercus robur) och kork från korkekens bark (Quercus suber). 830510	1983-05-15	P3
70	Ljunggren, H, Undersökning av förekomst av mikroorganismer i golvmaterial. SLU 830511.	1983-05-19	P1, P3
71	ASS, Förslagen till ändrade värden och nya ämnen maj 83	1983-05-19	P1, P3
72	SP, Protokoll 8220,1129F, Provtagning och analyser av 2-etylhexanol, ammoniak och aminer i Vallonskolan	1983-06-13	P3
73	SP, Protokoll 8220,1129G, Undersökning av förekomst av 2-etylhexanol i luft, Västervik	1983-06-13	P3
74	SP, Protokoll 8220,1129H, Provtagning och analys av 2-etylhexanol och andra oktanol i luft, Uddevalla	1983-06-13	P3
75	Nemeth, J, Undersökning ang golvsador i biblioteket i Skurup. 1983-06-06	1983-06-13	P3
76	Västerviks kommun, Hälsovårdskontoret, Yttrande över lukt i bostadslägenhet. 1983-02-03	1983-06-13	P3
77	Enequist, R, Inventering av skador i golv på underlag av betong. 1983-07-01 (bilaga 1 - 3 endast till P2)	1983-07-21	P2, P3, P4
78	Mathiasson, L, Bestämning av aminer i luftprov från Gimo och Herrljunga 1983-06-30	1983-07-21	P3, P4
79	Mathiasson, L, Head-space undersökning av bakteriekulturer i spackelmasa med avseende på aminer. 830705	1983-07-21	P3, P4
80	Arvidson, S, Kommentarer till: Kemiska och bakteriella frågeställningar i samband med golvproblem. 830412	1983-07-21	P3, P4
81	Lagerlöf, H, PM ang handling 80. 830610	1983-07-21	P3, P4
82	KemaNobel, Analys av flyktiga föreningar erhållna vid basisk hydrolys av kasein. 830708	1983-07-21	P3, P4
83	Albertsson, A-C, Banhidi, Z, Rapport för projektet 810353. 1983-06-10. Slutrapport se handling 102	1983-07-21	P3, P4
84	Mathiasson, L, Undersökning av förekomsten av aminer i hus där flytspackel använts. 830627	1983-07-21	P3, P4
85	Nemeth, J, Brev till BFR 1983-07-19	1983-07-21	P3, P4
86	Laurell, G, Lundholm, M, Spackelsjukan - Myt och verklighet. Läkartidningen Vol 30 Nr 30-31 1983	1983-09-10	P3, P4
87	KemaNobel, Analys av flyktiga föreningar från golvspackel. Delrapport 830824	1983-08-25 1983-11-17	P4 P3



NR	HANDLING	UTSÄND Datum	Till
88	KemaNobel, Luftanalys i radhusområdet Bomhus, Gävle. 830824 Kompletterad 831011	1983-08-25 1983-10-27 1983-11-17	P4 P4 P3
89	Hellström, B, Sammanställning av enkätsvar rörande förbud m m vid användning av protein	1983-08-25	P4
90	Alexanderson, J, Elak lukt från golv. 830822	1983-09-10	P3, P4
91	Förteckning rörande rapporterade skador på av BPA byggda objekt t o m 830831		
92	Albertsson, A-C, Bahhidi, Z, Kemiska och bakteriologiska undersökningar i samband med golvproblem och flytspackel. Sammanfattning av slutrapport 830901. Slutrapport se handling 102	1983-09-10	P3, P4
93	Stranger-Johannessen, M, Oversikt over oppdrag utført på SI i forbindelse med mikrobiologiske skader og luktdannelse i gulvbelegg av PVC-belagt jutefilt. Odaterad	1983-11-17	P3
94	SP, Protokoll 8360,163, Undersökning av ammoniakförekomst under betongplatta på mark, Skurup. 830914	1983-11-17	P3
95	Laurell, G, Lundholm, M, Bakteriologisk undersökning av golvmaterial från Gimo och Kabi. Sep 1983	1983-10-27 1983-11-17	P4 P3
96	Laurell, G, Lundholm, M, Bakteriologisk kvantifiering av golvmaterial från Kista. Sep 1983	1983-10-27 1983-11-17	P4 P3
97	Erwall, E, Minnesanteckningar från sammanträde om problem med inomhusklimatet i nybyggda barnstugor. 820402	1983-10-27	P4
98	Dahlgren, L, Kommunhuset i Gällivare. Föredrag 830612	1983-10-27 1983-11-17	P4 P3
99	SP, Protokoll 8220,1129I, Oktanoler på Tenax och ammoniak i svavelsyra, prover från Kabi Vitrum	1983-10-27 1983-11-17	P4 P3
100	Stranger-Johannessen, M, Berg, N, Målning av luktavgivande stoffer i støpt sparkel Betokem Sum etter lagring under forskjellige betingelser. SI Rapport nr 421.1054. 811105		
101	Stranger-Johannessen, M, Kommentarer til rapporter fra svenske institusjoner om mikrobiologiske undersøkelser av gulvmaterialer. 831020	1983-10-27 1983-11-17	P4 P3
102	Albertsson, A-C, Bahhidi, Z, Kemiska och bakteriologiska undersökningar i samband med golvproblem och flytspackel. Slutrapport sep 1983. Ankom 831027. Rapporten, ca 200 sid, kan beställas från KTH, inst för polymerteknologi. 400 Skr	1983-10-27	P4
103	Jörnvall, H, Brev 1983-10-21 ang proteiner och alkaliskt pH.	1983-11-17	P3
104	SP, Protokoll 8220,1129J, Provtagning och analyser av luft- och materialprov från Hövdingav i Gävle	1983-11-17	P3
105	SP, Provningsförfarande för flytspackel. Mätning av ammoniak, formaldehyd och organiska komponenter. 840220		
106	SP, Protokoll 8311,332, Kontroll av fuktillståndet i platta på mark, Vårdcentralen, Herrljunga. 831108		
107	Stranger-Johannessen, M, Mikrobiologisk undersøkelse gulvbelägg, merket H 69 E. SI Rapport nr. 421.1263. 831012		

## NR HANDLING

- 108 Laurell, G, Lundholm, M, Kvantitativ bakteriologisk odling av två kaseinprov. 840530
- 109 Laurell, G, Lundholm, M, Kvantitativ mikrobiologisk analys av kork-o-plast plattor från rum med skador. 840530
- 110 Laurell, G, Lundholm, M, Mikroorganismers betydelse vid uppkomsten av skador i byggnader med flytspackel. 840620
- 111 Stridh, G, Sammanställning av mätresultat från försök inom ramen för BFR-projektet "Skador i Golv". SP. Juni 1984
- 112 Sell, J, Kühne, H, Verfärbung von Eichenparkett durch Zusatzmittel für beton und mörtel. Koch- und Tiefbau. 66(1967) nr 21 p. 541-547.
- 113 Wassipaul, F, Eichenparkettverfärbung. Österr. Zimmermeister, 20(1968) nr 2
- 114 Korrespondens 1983-1984 med Department of Health and Social Security ang ev förbud mot flytspackel
- 115 Golovnya, R, V, Investigation of organic bases in the specific odour of casein and coprecipitate during storage. Die Nahrung, 26, 7/8, 1982, p.603-613.
- 116 Ahlborg, U, G, Rondahl, L, Förfrågan från Björn Hellström, Hepa Byggkonsulter AB, om hälsorisker med alkylaminer i samband med problemgolv. SML Dnr 504-031-84.
- 117 KemaNobel, Analys av lukt från spackel. 840829



LEDAMÖTER AV REFERENSGRUPP 1 - 5

Referensgrupp 1 (Bedömning av hälsorisker. Bildad maj 1982)

Prof Hans Ericsson Ordförande	Gnostic AB
Tekn dr Johan Alexanderson Avd dir Bengt Bucht (t o m 1982) Förste byråing Lena Dahlgren Byrådir Elisabet Erwall Civ ing Björn Hellström Sekreterare	Allmän Byggnadsservice AB Arbetsarkyddsstyrelsen Arbetsarkyddsstyrelsen Socialstyrelsen Hepa Byggkonsulter AB

Referensgrupp 2 (Skadeinventering. Bildad maj 1982)

Ing Rolf Enequist Ordförande	GBR
Tekn dr Johan Alexanderson Ing Bengt Axén Ing Uno Bergkvist Avd dir Sven-Olof Björk Civ ing Sergius Blomquist Civ ing Gunnar Franzén Öing Stanley Gustafsson Ing Gunnar Holmertz Ing Lars Horjö Tekn lic Josef Nemeth Ing Birger Nilsson Ing Tommy Pihl Ing Kaj Schrevelius Ing Torbjörn Skoog (t o m feb 1983) Civ ing Björn Hellström Sekreterare	Allmän Byggnadsservice AB Svenska Riksbyggen Tarkett AB Statens planverk HSBs Riksförbund AB ABV SKANSKA Forbo-Forshaga AB AB Casco Wicanders AB SABO Tretum AB AB Bostik BEPA Produkter AB Hepa Byggkonsulter AB

Referensgrupp 3 (Teknisk bedömning. Bildad maj 1982)

Tekn dr Göran Canbäck Ordförande	
Docent Ann-Christine Albertsson (fr maj 1983) Ing Bengt Axén Avd dir Sven-Olof Björk Avd dir Bengt Bucht (t o m 1982) Förste byråing Lena Dahlgren Ing Rolf Enequist Prof Hans Ericsson Byrådir Elisabet Erwall Docent Carl-Johan Göthe Ing Lars Horjö Fil dr Arne Hyppel Fil lic Carl E Johansson (t o m juni 1983) Prof Gunnar Laurell Fil dr Monica Lundholm Tekn lic Josef Nemeth (forts)	KTH, inst för polymerteknologi Svenska Riksbyggen Statens planverk Arbetsarkyddsstyrelsen Arbetsarkyddsstyrelsen GBR Gnostic AB Socialstyrelsen Södersjukhuset AB Casco BYSAB KemaNobel, Analyscentrum Klin Mikrobiologisk Centrallab Klin Mikrobiologisk Centrallab Wicanders AB

Referensgrupp 3 (forts)

Tekn dr Lars-Olof Nilsson (adjungerad)	LTH, inst för byggmtrllära
Civ ing Maria Risholm-Sundman (fr juli 1983)	KemaNobel, Analyscentrum
Fil dr Göran Stridh	SP, Lab för kemisk analys
Civ ing Björn Hellström	Hepa Byggkonsulter AB
Sekreterare	

Följande personer har varit ledamöter av referensgruppen, deltagit i dess arbete och, liksom företagen, fortlöpande fått ta del av minnesanteckningar och handlingar:

Sadoforss AB	Allmän Byggnadsservice AB
Johan Alexanderson	Stråbruken AB
Olof Andersson	ARKI AB
Lars Berge	Cementa AB
Bengt Flyman	AB Hernia
Christer Holmfeldt	Bona-Stadex Försäljnings AB
Bertil Johansson	Tarkett AB
Magnus Rönmark	AB Bostik
Kaj Schrevelius	Betong AB HH
Sune Sjöström	BEPA Produkter AB
Torbjörn Skoog (t o m feb 1983)	Partek Utvecklingscentrum
Rainer Ålgars	Ernström & Co
Sture Folg�	

Referensgrupp 4 (Information - Slutrapport. Bildad maj 1983)

Prof Hans Ericsson	Gnostic AB
Ordförande	
Avd dir Sven-Olof Björk	Statens planverk
Tekn dr Göran Canbäck	Arbetskyddsstyrelsen
Förste byråing Lena Dahlgren	GBR
Ing Rolf Enequist	Socialstyrelsen
Byrådir Elisabet Erwall	BFR
Forskningssekr Sten Flodin	SP, lab för kemisk analys
Fil dr Göran Stridh	Hepa Byggkonsulter AB
Civ ing Björn Hellström	
Sekreterare	

Referensgrupp 5 (Åtgärder för att undanröja olägenheter. Bildad jan 1984)

Civ ing Gunnar Essunger	
Ordförande	
Avd dir Sven-Olof Björk	Statens planverk
Civ ing Sergius Blomquist	HSBs Riksförbund
Förste byråing Lena Dahlgren	Arbetskyddsstyrelsen
Ing Rolf Enequist	GBR
Prof Hans Ericsson	Gnostic AB
Byrådir Elisabet Erwall	Socialstyrelsen
Forskningssekr Sten Flodin	BFR
Civ ing Kjell Hestner	SKANSKA
Fil dr Göran Stridh	SP, lab för kemisk analys
Byrådir Krister Wall	Byggnadsstyrelsen
Civ ing Björn Hellström	Hepa Byggkonsulter AB
Sekreterare	



INVENTERING AV SKADOR I GOLV PÅ UNDERLAG AV BETONG  
(NOV 1982)

Ing Rolf Enequist  
Golvbranschens Riksorganisation

Denna rapport ingår som en delrapport till BFR-projektet  
Skador i golv.

## INNEHÅLL

1	BAKGRUND OCH PROBLEM	3
2	PROJEKT 2 - SKADEINVENTERING	4
3	INSAMLING AV MATERIAL	5
3.1	Enkät	5
3.2	Enkät svar	5
4	SAMMANFATTNING AV ENKÄTSVAR	5
4.1	Skadeomfattning	5
4.2	Fuktmätningar	6
4.3	Missfärgningar	6
4.4	Lukt	7
4.5	Bläsbildning och skarvresning	8
4.6	Övriga skador	8
5	ÖVRIGT	8
5.1	Flytspackel	8
5.2	Korkplattor	8
5.3	Parkettbräder	9
5.4	Plastmattor	9
5.5	Linoleummattor	9
5.6	Lim	10
6	SLUTSATSER OCH KOMMENTARER	10
6.1	Ömfattning	10
6.2	Fuktmätningar	10
6.3	Skadetyper	11
6.4	Övrigt	11

- Bilaga 1 Sammanställning av enkät svar 1982-11-29
- 2 Kodning av förekommande golvmaterial vid olika skadetyper
  - 3 Sammanställning av snabbenkät

Bilaga 1 - 3 har tidigare utsänts till ledamöter av referensgrupp 2 och till utredningsmännen. De bifogas inte huvudrapporten.

## INVENTERING AV SKADOR I GOLV PÅ UNDERLAG AV BETONG

## 1 BAKGRUND OCH PROBLEM

Under hösten 1980 uppmärksammades på ett par stora entreprenader omfattande kantmissfärgning på korkplattor lagda på underlag av flytspackel. Detta föranledde golvmaterialtillverkaren att - i avvaktan på att undersökningar slutförts - i feb 1981 avråda från läggning av sitt material på flytspacklade underlag. Den aktuella flytspackelleverantören menade i feb 1981 å sin sida att det inte fanns något belägg för att missfärgningen av korkplattorna skulle sammanhånga med flytspackel. Missfärgningen skulle, enligt flytspackelleverantören, i stället orsakats av en alltför hög fuktbelastning på korkplattorna, i första hand beroende på en för hög fukthalt i underliggande konstruktioner.

Efter avslutade undersökningar lät golvmaterialtillverkaren i maj 1981 meddela att de på marknaden vanligast förekommande flytspacklen innehåller kväveföreningar - kasein - vilka bryts ned i alkalisk miljö till ammoniak som mörkfärgar korken. Vidare meddelade golvmaterialtillverkaren att man tills vidare endast rekommenderar läggning av sin produkt (korkplattor) på underlag som flytspacklats med ett namngivet fabrikat eller där konventionellt golvspackel använts.

Den vid nämnda skadeobjekt aktuella flytspackelleverantören vidhöll i maj 1981 - efter undersökningar av flera objekt med skador av aktuell typ - att man där såväl eget som andra fabrikat av flytspackel funnits konstaterat hög relativ fuktighet (RF) under korkplattorna och att detta skulle vara orsaken till missfärgningen.

I sak är läget i dag (nov 1982) oförändrat, dvs delade meningar om orsaken till uppkommen missfärgning av inlagda korkplattor finns fortfarande. Enligt tillverkaren av korkplattorna fanns i sep 1982 ca 50000 m<sup>2</sup> missfärgade korkplattor på olika objekt i landet, vilka inlagts på olika typer av flytspackel.

De första fallen med missfärgade parkettgolv uppmärksammades i aug 1981. Gemensamt för dessa fall (två st) var att parkettgolven inlagts på underlag som flytspacklats. Vidare noterades i detta sammanhang uppgiften från parkettgolvtillverkare att det enda kända ämne som i ångfas kan mörkfärga eken i parkettbräderna är ammoniak.

Sedan ytterligare några missfärgningsfall på inlagda parkettgolv konstaterats, rekommenderade berörd parkettleverantör i dec 1981 inläggning av 0,2 mm polyetenfolie - med god överlappning och uppdragning bakom sockel och indragen under tröskel - i samtliga fall då ekparkettbrädor skulle inläggas på underlag som avjämnats med flytspackel.

Antalet objekt med missfärgad ekparkett har i dag (nov 1982) ökat. Dock har i dessa objekt underlaget fuktisolerats på traditionellt sätt med asfaltpapp och/eller polyetenfolie.

Några missfärgningar - där polyetenfolie inlagts enligt den av parkettleverantören senare lämnade rekommendationen - är hittills inte kända (nov 1982).

Problem med lukt från golv, blåsbildning/svällning hos inlagda golvmaterial av linoleum, plast och textila golv har också - i debatten - satts i samband med flytspackel. Inte minst sedan några forskare vid KTH i Stockholm i nov 1981 först meddelade att undersökningar som utförts preliminärt visat att problemen i fråga om lukt, missfärgningar, kantresningar och blåsor på golv snarare torde kunna knytas till vissa typer av mikroorganismer än till fukt. Dock framhöll forskarna att bestämt besked om dessa mikroorganismer generellt kan sägas vara orsaken till uppkomna skador kan lämnas först efter ytterligare forskning. Ytterligare material med specificerade/kompletterande uppgifter från forskarna vid KTH väntades i april/maj 1982 och senare i juli 1982 med förelåg då inte. Däremot har leverantörerna av flytspackel - på grundval av de uppgifter forskarna vid KTH tidigare lämnat - initierat undersökningar som efterhand redovisats. Dessa undersökningar har i första hand sökt ge svar på frågan om de påtalade problemen har en mikrobiell orsak. De flesta av dessa undersökningar synes till skillnad från vad forskarna vid KTH angivit visa att så är inte fallet.

Orsaken till skadorna/problemen kvarstår således och osäkerheten bland byggtreprenörer/golvtreprenörer/beställare har ökat. Inte minst mot bakgrund av att flytspackling är idag är den klart dominerande avjämningsmetoden - enligt uppgift flytspacklas ca 90 % av alla betonggolv i nyproduktionen - och är ur ergonomi-, resultat- och ekonomisympunkt mycket fördelaktig och uppskattad.

## 2 PROJEKT 2 - SKADEINVENTERING

Byggforskningsrådet har mot bakgrund av förekommande problem med lukt, missfärgningar och blåsbildning i golv igångsatt fyra projekt för att utreda orsaker till skadorna, föreslå åtgärder för reparation av skadade golv samt rekommendationer för att man skall kunna undvika liknande problem i framtiden. Denna skadeinventering är ett av projekten.

I projektarbetet har medverkat en referensgrupp som under arbetets gång har diskuterat uppläggning och utformning av inventeringen och rapporten. I referensgruppen har ingått:

Johan Alexanderson, Allmän Byggnadsservice AB  
 Bengt Axén, Svenska Riksbyggen  
 Uno Bergkvist, Tarkett AB  
 Sven-Olof Björk, Statens Planverk  
 Sergius Blomqvist, HSB:s Riksförbund  
 Gunnar Franzén, AB ABV  
 Stanley Gustafsson, AB SCG  
 Gunnar Holmertz, Forbo-Forshaga AB  
 Lars Horjö, AB Casco  
 Josef Nemeth, Wicanders AB  
 Birger Nilsson, SABO  
 Tommy Pihl, Tretum AB  
 Kaj Schrewelius, AB Bostik  
 Torbjörn Skoog, BPA Plast

Rolf Enequist, GBR, har i egenskap av utredningsman sammanställt rapporten.

### 3 INSAMLING AV MATERIAL

#### 3.1 Enkät

För att klarlägga skadetyper/skadefrekvens och eventuella samband med avseende på använda material/materialkombinationer/bjälklagstyper sände GBR (dåvarande GEBO) i juni 1982 ut en enkät till golventreprenörer/byggentreprenörer/beställare till 58 objekt med skador av aktuell typ/typer. Därutöver har enkäten tillställts samordnare inom SABO, Riksbyggen och SCG samt Statens provningsanstalt, vilka har haft kännedom om ytterligare objekt med skador.

Enkäten har således avsett "kända skadeobjekt" och är inte någon inventering av totala antalet objekt med skador av aktuell typ. Man kan därför inte dra generella slutsatser av materialet gällande andra objekt än de här redovisade, se avsnitten 4 och 6.

Ytterligare objekt med skador finns vilket bl a framgår av de svar Statens planverk erhållit på en annan enkät och av en snabbenkät (se bilaga 3) som tillställts GEBO:s medlemsföretag. Dessutom har information erhållits om nya skadeobjekt som inte var kända vid tidpunkten för denna sammanställning i nov 1982.

#### 3.2 Enkät svar

Det visade sig vara mycket svårt att få in svar på den utsända enkäten. Den 1 okt 1982 hade svar beträffande 40 objekt erhållits. Dessutom hade från ett bostadsföretag erhållits uppgift om att i 12 ytterligare objekt förekom skador av aktuell typ. Dessa ytterligare objekt uppges ha en sammanlagd golvyta av 165400 m<sup>2</sup>, av vilka 106400 m<sup>2</sup> hade skador. Tyvärr har det inte varit möjligt att få dessa skador specificerade med avseende på material/materialkombinationer enligt den utsända enkäten, varför uppgifter om dessa tolv objekt inte finns med i föreliggande sammanställning av enkätsvaren. (Dock har ett av de tolv objekten, som är omfattande, rapporterats från en annan uppgiftslämnare. Detta fall finns därför redovisat i sammanställningen.)

### 4 SAMMANFATTNING AV ENKÄTSVAR

#### 4.1 Skadeomfattning

Sammanställningen omfattar 40 objekt, se bilaga 1. Uppgifter om objektens namn/entreprenörer/produktnamn etc har utelämnats i sammanställningen eller ersatts med koder. Kodningen av förekommande golvmaterial framgår av bilaga 2. Sammanställningen har gjorts med rubriker och uppdelning enligt den utsända enkäten.

De rapporterade objekten har en total golvyta av ca 0,5 milj m<sup>2</sup>. De vid skador förekommande golvmaterialtyperna uppges ha inlagts i ca 163000 m<sup>2</sup>, varav ca 63000 m<sup>2</sup> uppges vara skadade. Skadefrekvensen i relation till den totala golvytan inom objekten blir ca 12 %. Om man i stället räknar på antalet m<sup>2</sup> golvmaterial där skador uppgivits blir skadefrekvensen ca 40 %. Osäkerheten i dessa siffror måste understrykas eftersom olika bedömningar säkert har gjorts av de svarande, t ex vad gäller omfattningen av en skada. Vidare saknas uppgift om antalet skadade m<sup>2</sup> för vissa material i några objekt samt har några av de svarande uppgivit att skadorna ökar i omfattning.

Skadeomfattningen totalt i landet kan inte bedömas utifrån enkäten eftersom den är riktad just till kända skadeobjekt. Andra uppgifter pekar på storleksordningen någon procent av lagda golvytor.

Skadorna uppträder över hela landet på objekt utförda 1977 och senare.

Ca 15000 m<sup>2</sup> av skadorna förekommer vid platta på mark och ca 48000 m<sup>2</sup> vid mellanbjälklag. Skadorna förekommer enbart på bärlag av betong. Att antalet skadade m<sup>2</sup> golv är mer än tre gånger så stort vid mellanbjälklag som vid platta på mark kan givetvis förklaras med att mellanbjälklagen är fler i en huskropp. Inom golvbranschen är emellertid förhållandet - baserat på tidigare kända problem med fuktskador - någonting helt nytt. Fuktskador vid golv på mark är ett känt problem medan fuktskador på golv lagda på mellanbjälklag ytterst sällan förekommer.

De skadetyper som anges i enkätsvaren är missfärgning (31 objekt), lukt (12 objekt), blåsbildning (3 objekt) och övriga skador (5 objekt).

Helt dominerande skadetyper är missfärgning av korkplattor och ekparkett (även bokparkett har senare förekommit) och lukt, den senare skadetyper förekommande främst vid beläggningar av plastmattor. Andelen golvytor med blåsbildning är liten i förhållande till golvytor med missfärgningar och lukt.

#### 4.2 Fuktmätningar

De fuktmätningar som enligt enkätsvaren utförts före läggning av golvmaterialen (30 objekt) är vad gäller metod och omfattning av antalet prover sådana som under många år tillämpats inom branschen. Resultaten från de utförda fuktmätningarna - som de redovisas - tyder inte heller på några onormala värden. Det bör understrykas att redovisade fuktvärden före läggning kan vara resultat från fuktmätningar i annan del av byggnaden (eller vid husgrupper i annat hus) än där skada senare uppkommit, vilket sannolikt inte är fallet med värdena uppmätta efter skada.

Redovisade fuktvärden efter skada (minst 20 objekt) är inte heller de - med några undantag - höga. Fyra av 14 värden - som uppmättes efter skada - är högre än de som uppmättes före läggningen. I dessa objekt är det uppmätta fuktvärdet efter skada högre än vad som rekommenderas vid läggning av ifrågavarande golvmaterial utan fuktisolering, vars ev utförande är okänt i två av fallen. Inga uppgifter om blåsbildning, svällning, nedbrutet lim eller andra typiska tecken på fuktskador har uppgivits i enkätsvaren för dessa fyra objekt. I ett fall rapporteras ett mycket lågt fuktvärde.

Det bör noteras att vattenutströmning har förekommit i två objekt (objekt 1 och 47).

#### 4.3 Missfärgningar

Missfärgningar förekommer i 32 objekt på en sammanlagd yta av ca 47000 m<sup>2</sup> och då främst vid beläggning av korkplattor och parkett (eklamell). Missfärgning uppges för korkplattor förekomma vid ca 28000 m<sup>2</sup> (av ca 39000 m<sup>2</sup> inlagda) och för parkett-



golv vid ca 14000 m<sup>2</sup> (av ca 45000 m<sup>2</sup> inlagda). Om dessa objekt kan sammanfattningsvis sägas:

- att skadorna förekommer vid såväl platta på mark som mellanbjälklag
- att bärlaget i samtliga fall utgörs av betong
- att avjämning av bärlaget har, i samtliga missfärgningsfall, utförts med flytspackel. Dock förekommer vid två flytspackel (typ 2 och 5) inga missfärgningar
- att missfärgningen av korkplattor beskrivs oftast som mörk kantmissfärgning
- att missfärgningen av parkettbräder avser eklamell och beskrivs oftast som mörka inslag i ytskikt i brädornas kortändar vid väggar och trösklar, men även tendens/förekomst av ränder mitt på golvytan uppges förekomma
- att skadorna förekommer vid såväl traditionell fuktisolering av underlaget (med asfaltpapp och/eller polyeténfolie) som då ingen fuktisolering använts
- att missfärgningen av korkplattor anges uppkomma 1 - 24 månader efter inläggningen av golvmaterialen. För parkettgolv anges skadorna uppkomma efter 3 till mer än 24 månader. Det anges även att parkettgolv - vilka är mycket känsliga för fukt - inte visar några tecken på fuktskador
- att vattenutströmning förekommit vid objekt 1 före nuvarande beläggning av korkplattor, som missfärgats
- att missfärgningen i ett par objekt återkommit efter utbyte av tidigare missfärgad kork/ekparkettbeläggning.

Missfärgning av ekparkett och korkplattor förekommer enligt enkätsvaren inte på andra underlag än flytspackel. (Se dock 6.3.)

#### 4.4 Lukt

Lukt förekommer i 12 objekt på en sammanlagd yta av ca 16000 m<sup>2</sup> och då främst vid beläggning av plasmattor/-plattor (såväl homogena som plastmattor med bärare/baksida av polyesterfilt, PVC-skum, jutefilt). Lukt uppges förekomma vid ca 11000 m<sup>2</sup> plastgolv (av ca 30000 m<sup>2</sup>). Plastmattor med bärare/baksida av jutefilt utgör mer än hälften av antalet skadade m<sup>2</sup> plastgolv.

Lukt har också uppgivits förekomma vid beläggning av korkplattor (objekt 27 och 37) och vid beläggning av linoleum (objekt 1) samt homogent plastgolv (objekt 1). Vid objekt 27 anges lukt även förekomma vid beläggning av parkett och textilmattor.

Om angivna luktskador kan sammanfattningsvis sägas:

- att beskrivning av förekommande lukt inte kan sammanfattas/bedömas eftersom beskrivningen utförts av olika personer
- att skadorna förekommer vid såväl platta på mark som mellanbjälklag
- att bärlaget i samtliga fall utgörs av betong
- att avjämning av bärlaget har utförts med flytspackel i 10 av 12 objekt, med traditionell avjämningsmassa i ett objekt (objekt 45), med traditionell avjämningsmassa kombinerad med traditionell spackelmassa i ett objekt (objekt 25)
- att fem fabrikat av flytspackel förekommer vid objekt med luktskador
- att av de flytspackelmassor som använts två stycken inte längre förekommer på marknaden (typ 2 och 6). Dock förekommer vid flytspackel typ 2 inga luktskador

att limmer, fuktisolering och golvmaterial som använts/inlagts är på marknaden vanligt förekommande

att lukt anges uppkomma

o	12 - 36 månader efter inläggning av	korkplattor
o	12 månader " " "	parkett
o	36 månader " " "	homogen plastmatta
o	1,5 - 15 månader " " "	plastmattor av cushioned-floor typ
o	4 - 18 månader " " "	plastmattor med polyesterbaksida
o	2 - 3 månader " " "	plastmattor med PVC-skum-baksida
o	1,5 - 15 månader " " "	plastmattor med jutebaksida

att ett fabrikat av plastmattor förekommer mer än andra vid luktskador

att vattenutströmning förekommit vid två objekt (objekt 1 och 47).

#### 4.5 Blåsbildning och skarvresning

Blåsbildning förekommer vid beläggning av linoleum (objekt 18 och 19). Vid två objekt (nr 18 och 38) har skarvresning hos inlagda linoleummattor uppgivits.

#### 4.6 Övriga skador

Övriga skador som uppgivits i enkätsvaren gäller den avjämning med flytspackel som utförts av betongunderlaget. Det anges att avjämningsskiktet släpper från underlaget, att spackeldamm förekommer, att spackelytan är mjölig och att spacklet har separerat.

### 5 ÖVRIGT

I samband med arbetet har följande informationer beträffande de olika materialen erhållits.

#### 5.1 Flytspackel

Förändringar i material och arbetsmetoder sker ständigt. En av de större nyheterna i detta sammanhang är lanseringen av flytspackel på den svenska marknaden 1977. Det första flytspacklet på marknaden var anhydritbaserat. Numera förekommer endast cementbaserade flytspackel, vilka vanligen innehåller kasein. Traditionella spackel-/avjämningsmassor innehåller också i en del fall kasein.

#### 5.2 Korkplattor

Korkplattor började 1972, till viss del, levereras med baksidan belagd med PVC-folie. Sedan 1975 levereras samtliga plattor med PVC-folie på baksidan. Innan korkplattorna förseddes med PVC-foliebaksida var mörkfärgningen av korkplattorna på grund av alkalisk fukt från underlaget ett stort problem vid golv på mark. Sedan korkplattorna belades med PVC-foliebaksida försvann dessa problem.

Även mörkfärgning av korkplattornas kanter till följd av ovanifrån inträngande städvatten vid "för våt" rengöringsmetod förekom tidigare. Sedan korkplattorna vid samma tidpunkter som ovan angivits genom bstrykning med en genomskinlig lack "kantförseglades" försvann också detta "problem".

Korke innehåller garvsyra som kan påverkas av ammoniak. Halten garvsyra är vanligen 4 - 8 %. Ibland kokas barken varvid garvsyran försvinner, åtminstone på barkytorna.

När missfärgning i form av fläckar förekommer innanför korkplattornas kanter har det i några skadefall konstaterats att folien på undersidan varit oavsiktligt perforerad under fläckarna.

### 5.3 Parkettbräder

Av trägolven är det endast de av ek som missfärgats enligt enkätsvaren. Den i eken ingående garvsyran påverkas av ammoniak vilket kan leda till missfärgning. Andra vanliga träslag för parkettbräder innehåller inte garvsyra och missfärgas därför inte av ammoniak. Lukt som beskrivits i enkätsvaren är inte känd. Tidigare är enstaka missfärgningar kända och de har då orsakats av droppande vatten från element, urin från husdjur o d.

Flera av parkettgolvtillverkarna har på sitt program parkettbräder där ekslitskiktet är helt mörkt och genomfärgat. Denna mörkfärgning erhålls genom ammoniakpåverkan.

### 5.4 Plastmattor

Fuktskada på golvbeläggning av mjukgjord PVC kan yttra sig på flera sätt. Beläggningen kan svälla som följd av att vatten tas upp fysikaliskt i materialet. Detta yttrar sig då som blåsbildning, vilket vanligen är det första tecknet på fuktskada. Fukt kan också verka förstörande på limfogen genom uppmjukning, reemulgering, hydrolys e d. Då beläggningen sålunda lossnar kan mekaniska spänningar lösas ut med krympning som följd.

Om den fukt som påverkar materialet tillika är alkalisk, vilket ju är fallet med betongfukt, sker även en kemisk påverkan av i mattan ingående mjukningsmedel.

De mjukningsmedel som ingår i PVC-beläggningar består mestadels av ftalater, dvs estrar av ftalsyra. Vanligen förekommande är di-2-etylhexylftalat (DEHP eller ofta betecknad DOP), diisooktylftalat (DIOP) och diisodecylftalat (DIDP). Under inverkan av vatten och alkali sker hydrolys av dessa. Detta innebär bildning av ftalsyretvålar resp fria alkoholer (2-etylhexanol, isooktanol, isodekanol etc). Alkoholerna försvinner lättare än mjukgörare ur PVC-blandningen. Denna komponentförlust förorsakar sålunda krympningen i beläggningen. Alkoholerna torde också, mer än mjukgörarna, inverka på limfogen. Alkoholerna har även karakteristiska lukter som ofta stärker indikationen av alkalisk fuktskada.

Plastmattor med bärare/baksida av jutefilt är mer känsliga för fukt/mögelangrepp. Att viss lukt kan uppkomma vid denna typ av bärare/baksida - som följd av för högt fuktvärde i undergolvet och mögelangrepp - är känt inom branschen.

Förekomsten av blåsor eller krympningar i lagda plastmattor framgår inte av enkätsvaren.

### 5.5 Linoleummattor

Linoleum innehåller bindemedel som tillverkas av fettsyre- och hartssyrestrar. Som fyllmedel ingår bl a trämjöl.

Under inverkan av fukt sväller materialet, huvudsakligen på grund av fysikalisk vattenupptagning i trämjölet. Alkalitet leder dessutom till förtvålningssreaktioner i bindemedlet, som då bryts ned. Materialet blir sålunda uppmjukat och förstört. Alkalitet tillförd genom ammoniak i ångfas ger samma verkan.

## 5.6 Lim

Vanligen använder man vattenbaserade lim (dispersionslim) på akrylat och EVA-bas. Limmen provas rutinmässigt neddoppade i pH = 12 - 13 i två veckor. Utsätts de i denna miljö i flera veckor får man normalt en väsentlig hållfasthetsnedsättning av limmet.

Torkade dispersionslim luktar inte i sig själva. Limfogar kan mjukas upp av mjukgörare i plastmattor. Detta provas rutinmässigt genom att limmad matta åldras i 70 °C för att accelerera påverkan av limfoggen.

Sprithartslim, vilka har ett begränsat användningsområde, förtvålas i fuktig, alkalisk (pH = 12) miljö.

## 6 SLUTSATSER OCH KOMMENTARER

### 6.1 Omfattning

Skadorna förekommer enligt enkätsvaren enbart på bärlag av betong. När samtidigt andra bärlag förekommer rapporteras att det då inte förekommer ifrågavarande skador.

Enkätsvaren visar att sammanlagt ca 63000 m<sup>2</sup> golv i de 40 objekten har sådana felaktigheter som betecknats som skador. Ca 15000 m<sup>2</sup> av skadorna förekommer vid platta på mark, ca 48000 m<sup>2</sup> vid mellanbjälklag.

Angivna siffror skall ses i belysning av att de 40 objekten representerar ca en halv miljon m<sup>2</sup> golvyta. Av dessa är det endast två objekt (nr 25 och 45) där golvmaterialen inte lagts på flytspackel, ett omfattande ca 9000 m<sup>2</sup> total yta och ett bestående av en enstaka villa. Vidare kan noteras att vid dessa objekt utan flytspackel har man rapporterat förekomst av lukt på en sammanlagd yta av ca 1000 m<sup>2</sup> och att golvkonstruktionen utgörs av platta på mark (i objekt 25 med underliggande cellplastisolering och med mycket lågt fuktvärde uppmätt efter skadans uppkomst).

Det i debatten framförda sambandet mellan flytspackel och skador måste ses mot bakgrunden av att flytspackling är den helt dominerande avjämningsmetoden av betonggolv och att det sedan 1977 har lagts 10 - 15 miljoner m<sup>2</sup> flytspackel i Sverige.

Av de sju enligt enkätsvaren använda flytspacklen är det två som inte har några rapporterade skador. Ett av dessa innehåller kasein. Det andra innehåller inte kasein och förekommer inte längre på marknaden.

### 6.2 Fuktmätningar

Enkäten visar att fuktmätningar i de flesta fallen utförts och att resultaten bedömts uppfylla fordringarna för läggning. Redovisade mätvärden efter skada är inte heller de höga med några undantag.

Man kan med anledning härav befara att systemet med flytspackel som i enkäten uppvisar skador inte alltid har tålt den fukt som funnits. Andra system har gjort detta utan att orsaka problem av den omfattning som nu diskuteras. Det rekommenderas därför att vissa rapporterade låga fuktvärden kontrolleras genom undersökningar inom projekt 3.

### 6.3 Skadetyper

Missfärgningar dominerar klart bland skadetyperna (mer än 47000 m<sup>2</sup>) och uppges i enkätsvaren endast förekomma i samband med flytspackel. Inom projekt 3 har emellertid framkommit ett objekt som inte ingår bland enkätsvaren med missfärgningar av korkplattor på annat underlag än flytspackel. Det rekommenderas att man inom projekt 3 undersöker dessa förhållanden.

Lukt förekommer vid ca 16000 m<sup>2</sup> och främst vid beläggningar av plastmattor av mjukgjord PVC. Man har (inom projekt 3) kunnat finna en möjlig mekanism för uppkomsten av lukt, nämligen en nedbrytning av mjukgörare under bildning av alkoholer med karaktäristiska lukter.

Det faktum att det såväl bland de rapporterade objekten som i andra kända objekt förekommer annat underlag än flytspackel gör att man inte generellt kan sätta mjukgörarnedbrytning i samband med flytspackel. Det är känt att mjukgörare kan brytas ned i fuktig alkalisk miljö genom s k alkalisk hydrolys. Möjligheten att ammoniak skulle ha betydelse även här har nämnts.

Det rekommenderas att man inom projekt 3 försöker identifiera lukterna i lokaler med olika typer av beläggningar och underlag.

Blåsbildningar är sparsamt förekommande och har bara rapporterats förekomma vid beläggningar av linoleum. Det rekommenderas att man inom projekt 3 undersöker objekt med blåsor.

### 6.4 Övrigt

I samband med skadeinventeringen har det framhållits att de nya kraven på värmeisolering och lufttätethet som infördes i Svensk byggnorm 1975 har medfört införande av nya ventilationssystem och tätare hus. Dessa förhållanden kan ha betydelse för uttorkningen av byggfukt och förnimmelsen av lukt(-er).





FLYTSPACKEL - SAMMANSÄTTNING, UNDERSÖKNINGAR OCH KRAV

Björn Hellström

Denna rapport ingår som en delrapport till BFR-projektet  
Skador i golv. Den har tillkommit med medel från BFR-projekt  
821190-1 och från Byggnadsstyrelsen.

## INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	1
1 BAKGRUND	2
2 SEKRETESSFRÅGOR	2
3 FÖRUTSÄTTNINGAR	2
4 BESTÅNDSDELAR I PULVERFORMEN	4
4.1 Allmänt	4
4.2 Beståndsdelar i flytspackel	5
4.3 Beståndsdelar i spackel- och avjämningsmassor	7
5 UTFÖRDA ANALYSER AV FLYTSPACKEL	8
5.1 Allmänt	8
5.2 Kemiska analyser av flytspackel	8
5.2.1 Elementaranalys av flytspackelpulver	8
5.2.2 Analys av kväve i flytspackel	10
5.2.3 Ammoniakavgång från spackel- och avjämningsmassor	11
5.2.4 Analys av protein i flytspackel	12
5.2.5 Analys av andra ämnen i flytspackel	13
5.2.6 Förekomst av separation	14
5.2.7 Resultat av pH-bestämningar	15
5.3 Fysikaliska analyser av flytspackel	16
5.3.1 Resultat av torkning och vattenlagring	16
5.3.2 Studie i svepelektronmikroskop	17
5.3.3 Andra fysikaliska studier	18
6 FUKT OCH FLYTSPACKEL	18
6.1 Förutsättningar	18
6.2 Preliminära resultat från fuktstudier vid LTH	20
6.2.1 Kritisk r f för missfärgning av kork	20
6.2.2 Kritisk r f för bildning av ammoniak o d	21
6.2.3 Sorptionsförsök och resultat av prover från objekt	23
6.2.4 Inverkan av primer och flytspackel på fukt i betong	24
6.3 Rekommendationer beträffande uttorkning	25
6.3.1 Tillverkarens rekommendationer	25
6.3.2 Rekommendationer i HusQAMA	26
6.4 Fukt och rapporterade olägenheter	27
6.5 Slutsatser	28
7 KRAV PÅ FLYTSPACKEL	29
7.1 Allmänna förutsättningar	29
7.2 Krav	31
8 RÅ, UNKEN LUKT	33

## Underbilagor

- 1 Arregonde, H, Enequist, R, Data för flytspackel. 1983.
- 2 Hellström, B, Rå, unken lukt i nybyggda lokaler -  
Underlag för seminarium 1984-08-30 på KemaNobel. Utdrag.

## SAMMANFATTNING

Sammansättningen av flytspackel är endast känd i stort för utredningen. Detta har medfört stora svårigheter att rätt tolka gjorda observationer. Se vidare avsnitt 3.

Insamlade uppgifter visar på många likheter i sammansättningen av cementbaserade flytspackel, spackel- och avjämningsmassor. Kasein kan ingå i alla produkterna. Flytspackel innehåller vanligen flygaska men inte fungicid eller bakteriocid. Spackel- och avjämningsmassor uppges inte innehålla flygaska men kan innehålla fungicid eller bakteriocid. Se vidare avsnitt 4.

Analyser av flytspackel med och utan kasein visar sådana skillnader i sammansättningarna att erfarenheterna från ett flytspackel inte kan överföras att gälla för andra flytspackel så länge sammansättningarna inte är kända i detalj. Kaseinhaltiga flytspackel liksom flera spackel- och avjämningsmassor avger ammoniak efter blandningen med vatten. Flera av dessa produkter avger ammoniak efter torkning och uppfuktning under lång tid. Se vidare avsnitt 5.

Kork missfärgas tydligt efter lång tid i kontakt med kaseinhaltigt flytspackel med 93 % relativ fuktighet eller högre. Detta är också fallet med kork i kontakt med kaseinfri avjämningsmassa med 100 % relativ fuktighet. Ammoniak och liknande ämnen avgår från kaseinhaltiga flytspackel om relativa fuktigheten är högre än 75 %. Mängden avgiven ammoniak beror såväl av fuktnivån som av det enskilda fabrikatet. Kritisk fukthalt för uppkomsten av missfärgning av beläggningsmaterial genom inverkan av ammoniak är olika för flytspacklen beroende på deras olika sammansättningar. Flytspacklen beter sig i fukthänseende som andra cementbundna material med aktuella cementhalter. De har dock olika benägenhet att binda blandningsvattnet. Erforderlig uttorkningstid kan därför förväntas vara olika för flytspacklen. De två provade flytspacklen, ett med och ett utan kasein, behöver torka ca en vecka i rumsklimat per 5 mm tjocklek för att fukten i ett primat betongunderlag skall nedgå till den fuktnivå som fanns före flytspacklingen. Se vidare avsnitt 6 där preliminära resultat av pågående fuktstudier vid LTH redovisas.

I avsnitt 7 och 8 redovisas de krav som betingas av flytspackspacklens användningsområden respektive det som f n är känt om den råa, unkna, hittills oidentifierade lukten.

Fuktens centrala roll för uppkomsten av olägenheter är klar. Vid vanligt förekommande fuktnivåer, 80 - 90 % r f, finns risk för missfärgning av garvsyrhaltiga beläggningsmaterial av kork och ek genom att i miljön instabila flytspackel kan avge ammoniak. Vid hög fuktnivå, åtminstone över 90 % r f, finns risk för nedbrytning av mjukgörare ingående i beläggningsmaterial av PVC genom alkalisk hydrolys. Ammoniak bidrar till alkaliteten genom att den förekommer i gasfas under beläggningsprocessen.

Flytspackling tillför underlaget fukt, som måste få tid att torka ut. De uppkomna olägenheterna tyder på att användningen av flytspackel i vissa fall har "fått den tidigare välfyllda fuktbägaren att rinna över".

## 1 BAKGRUND

Flytspackel innehållande labila kväveföreningar, t ex kasein, har ansetts orsaka olägenheter i form av missfärgningar av golvmaterial, blåsbildning och dålig lukt från golv.

Ammoniak, som kan bildas i fuktig miljö genom alkalisk hydrolys eller vid mikrobiell sönderdelning av kasein, har påvisats under beläggningar där olägenheter förekommer. Ammoniak har påvisats missfärga material innehållande garvsyror såsom ek och kork. Ammoniak har även påvisats kunna bryta ned mjukgörare ingående i beläggningar innehållande PVC och ge upphov till en luktande alkohol, vanligen 2-etylhexanol, som i objekt med sådana mattor och lukt påträffas i högre halter än i objekt utan sådan lukt. Sådan sönderdelning har dock påvisats ske lättare genom alkalisk fukt.

En annan lukt, betecknad rå, unken, har hittills inte kunnat identifieras.

Golv har emellertid före introduktionen 1977 av flytspackel på den svenska marknaden avjämnats med cementbundna spackel och avjämningsmassor, av vilka vissa har innehållit kasein. Även andra byggnadsmaterial kan innehålla kasein. Vidare har ammoniak påvisats uppkomma vid alkalisk hydrolys av några vanliga lim samt vid vätning av en plastmatta med baksida av jute från ett objekt med den råa, unka lukten.

De uppkomna olägenheterna skiljer sig i natur och omfattning från liknande skador som uppträtt tidigare och som vanligen betecknas som fuktskador. Olägenheterna har inte entydigt kunnat hänföras till flytspackel innehållande kasein. Ett kaseinhaltigt flytspackel har således använts där endast missfärgning av korkplattor förekommer i begränsad omfattning och då

under exceptionella förhållanden. Vidare förekommer olägenheter i form av missfärgningar av korkplattor, lukt av 2-etylhexanol och rå, unken lukt vid objekt där flytspackel saknas.

För att ge underlag för bedömning av de möjliga kemiska och mikrobiella processer som eventuellt skulle kunna förklara de fenomen man iakttar i praktiken har vissa kemiska och fysikaliska analyser gjorts. Vidare har offentliga uppgifter via materialbroschyrer samlats in och bearbetats. Samtal med materialtillverkare har givit kompletterande upplysningar i flera avseenden. Föreliggande rapport redovisar resultatet av detta arbete, som varit omfattande men som på grund av sekretessen, se avsnitt 2, inte säkert redovisar hela sanningen. Vidare redovisas de preliminära resultat som framkommit vid omfattande studier på LTH av kritiska fuktillstånd och fuktförhållanden hos spacklade betonggolv redovisade 1984-10-10, se avsnitt 6. Några tillverkar kommenterat manuskriptet till rapporten.

## 2 SEKRETESSFRÅGOR

Tillverkningen av flytspackel är kringgärdad av sekretess. I de fall kasein ingår i produkten har tillverkarna deklarerat detta. Arbetarskyddsstyrelsen (ASS) har med stöd av lagstiftningen begärt och erhållit uppgifter från tillverkarna om flytspackelns innehåll (med undantag för de små beståndsdelar som bl a beror på att tillsatsmaterialen inte är kemiskt rena produkter). Vidare har några flytspackeltillverkare lämnat liknande uppgifter till statens provningsanstalt (SP), som genom kemiska analyser har kunnat bekräfta den elementaranalys, som utförts inom projektet.

Lämnade uppgifter till ASS och SP är konfidentiella enligt myndigheternas instruktioner och har så förblivit för utredningsmännen.

Vissa undersökningar, vars resultat redovisas här, har gjorts konfidentiellt på statens provningsanstalt (SP), som redovisat resultaten så att det provade fabrikatet inte kan identifieras utan kodnycklar. Dessa har inte utelämnats till andra personer än sådana, som av utredningstekniska skäl har måst ta del därav.

De konfidentiella rapporterna finns angivna i handlingsförteckningen.

I rapporten använda beteckningar på olika material överensstämmer inte med beteckningar använda i andra rapporter utförda inom projektet.

### 3 FÖRUTSÄTTNINGAR

De insamlade uppgifterna behandlar cementbundna spackel- och avjämningsmassor som endast tillsätts vatten på byggnadsplatsen och som salufördes på den svenska marknaden 1978 - 1984. I aug 1982 köptes de åtta flytspackel som analyserats. Vidare erhöles under nov 1982 till jan 1983 prov från flertalet tillverkare/leverantörer av konventionella spackel- och avjämningsmassor. Proverna representerar ca 99 % av hela den svenska marknaden för spackel- och avjämningsmassor.

Före augusti 1982 hade två andra flytspackel funnits på den svenska marknaden. Det ena innehöll kasein men drogs tillbaka på grund av den debatt om flytspackel, som pågick under 1981/82. Det andra var anhydritbaserat och innehöll inte kasein men drogs tillbaka av andra skäl.

Fortlöpande materialutveckling gör att man inte kan utesluta att tillverkarna justerade flytspackelns sammansättning före inköpet i augusti 1982. Även den pågående debatten kan ha givit anledning till förändringar. Det är därför omöjligt att ange hur representativa de uttagna eller erhållna proverna är för den period rapporten är avsedd att omfatta, nämligen åren 1977 - 1983.

### 4 BESTÅNDSDELAR I PULVERFORMEN

#### 4.1 Allmänt

Beståndsdelar enligt 4.2 och 4.3 kan ingå i flytspackel. Uppgifterna baseras på upplysningar från tillverkare och på de slutsatser som dragits av en granskning av J Pühringer (H16) avseende ca 30 patent och -ansökningar. Vidare har rimliga tillverkningskostnader och priser beaktats.



Inte något studerat patent eller ansökan därom behandlar flytspackel med kasein eller andra naturliga polymerer. I ett brittiskt patent 1 313 763 från 1973 omnämns kasein: "These mixes (baserade på cement och kasein) are disadvantageous to use since there may be a tendency for bacterial and other microorganism infestation of the mixes, due to the casein present". Inget stöd ges för detta påstående. Patentet är följande enda studerade som i patentanspråket inkluderar möjligheten av att använda en baktericid.

#### 4.2 Beståndsdelar i flytspackel

<u>Huvudbeståndsdelar</u>	Halter, % av flytspacklets torrsvikt
cement	25 - 50
- portlandcement	
- aluminatcement	
- specialcement	
gips	1 - 5
flygaska	5 - 20
ballast 0 - 2 mm, vanligen 0 - 0,5 mm	50 - 70
- naturlig, tvättat, torkad	
- naturlig, otvättat, torkad	
- krossad dolomit	

Enligt förslag 1984-02-07 till typgodkännanderegler för tillsatsmaterial för betong är flygaska "ett pozzolanskt tillsatsmaterial som avskiljs från rökgaser från kolpulvereldade pannor med hjälp av elektriska eller mekaniska anordningar. Flygaskans sammansättning varierar beroende på kolets ursprung. Den specifika ytan är normalt 300 - 500 m<sup>2</sup>/kg. I flygaskan förekommer mindre kvantiteter föroreningar, i första hand kolpartiklar och svavelföreningar. Begreppet flygaska innefattar inte andra typer av aska, t ex bottenaska."

På marknaden förekommer en mängd olika flygaskor med väsentligt olika sammansättningar. Emedan det inte kan uteslutas att flygaska kan medverka till uppkomsten av den oidentifierade lukten redovisas typiska värden vid kemisk analys.

Kemisk analys	Viktprocent		Variationsområde
	Flygaska 1	Flygaska 2	
SiO <sub>2</sub>	80*	51	28 - 52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		27	15 - 34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		10	
SO <sub>2</sub>	0,1 - 0,5	0,8	0 - 4
CaO	0,1 - 0,5*	4,6	1 - 10
MgO	1 - 2	2,8	0 - 2
Cl	0,01	0,1	anges ej
glödförlust	3 - 4	3,2	1 - 30

\* Summa oxider av kisel, aluminium och kalcium.

\*\* Fri CaO.

Angivna halter i 4.2 och 4.3 är procent av pulvrens torrvikter. I patentlitteraturen förekommer ännu högre tal än de som anges här. Angivna halter bör multipliceras med 2,5 - 3 om man önskar jämföra halterna med procent av bindemedelsvikten, som är vanligt i betongsammanhang.

#### Tillsatser

Halter, % av flytspacklets torrsvikt

#### flytmedel

- kasein 0,2 - 1,0
- melaminformaldehydformulering 0,5 - 1,0
- karbamidformaldehydformulering 0,5 - 1,0

#### polymerer

- PVAc av olika typer baserade på t ex polyvinylalkohol 1,0 - 2,0
- polyuretanharts
- polyesterharts

#### förtjockare

- cellulosaderivat (metyl-, etylcellulosa) 0,05 - 0,15
- polyvinylalkohol
- polyetenoxid

#### vätmedel

- formaldehydkondenserade naftalin-sulfosyraprodukt 0,01 - 0,10
- polyfosfater
- polyglykolester

#### andra organiska tillsatser, t ex

- flytmedel baserade på naftalen eller lignin (troligen ej bland de undersökta flytspacklen).

Tillsats av baktericid (0,05 % av torrvikten) omnämns endast i det tidigare nämnda brittiska patentet. Tillsats av fungicid omnämns inte i någon studerad litteratur. Enligt flytspackel-tillverkare används inte sådana i flytspacklen eftersom miljön i pulvret är så torr och miljön i det hårdnade spackelt så alkalisk att mikrobiell aktivitet inte främjas. Starkt giftiga ämnen skulle omöjliggöra eller i hög grad försvåra användningen av flytspackel.

Tillsatsernas huvudsakliga uppgifter är följande (vissa ämnen påverkar flytspacklet på flera sätt):

flytmedel - flytmedel, bindemedel,  
 polymerer - vidhäftning, fuktegenskaper, porfyllningsmedel  
 förtjockare - sedimentation  
 vätmedel - skumdämpning, vätning

Gemensamt för huvudbeståndsdelarna och tillsatserna är att de de måste vara så torra att inte cementet reagerar och pulvret klumpas.

#### 4.3 Beståndsdelar i spackel- och avjämningsmassor

<u>Huvudbeståndsdelar</u>	Halter, % av spacklets/massans torrsvikt
cement	50 - 75
- portlandcement	
- aluminatcement	
ballast 0 - 2 mm, 0,25 mm i spackel	25 - 50
- sand	
- aluminiumsilikat	
<u>Tillsatser</u>	Halter, % av spacklets/massans torrsvikt
flytmedel	0,2 - 1,0
- kasein	
- melaminformaldehydformulering	
- karbamidformaldehydformulering	
polymerer och copolymerer med PVAc	1,0 - 4,0
förtjockare	0,05 - 1,0
baktericid/fungicid	0,01 - 0,1

Pulverformerna av flytspackel, konventionella spackel- och avjämningsmassor innehåller således i huvudsak liknande beståndsdelar. Viktiga skillnader är dock de följande:

- flytspackel kan innehålla flygaska
- flytspackel innehåller inte baktericid/fungicid.

## 5 UTFÖRDA ANALYSER AV FLYTSPACKEL

### 5.1 Allmänt

Kemiska och fysikaliska analyser av flytspackelpulver har inom projektet gjorts vid laboratoriet för kemisk analys, SP, Borås. Resultatet redovisas i 5.2, tabell 1, från bilaga 10:4 i H111 som ingår som bilaga 6 i huvudrapporten.

Kemiska analyser av hårdnat flytspackel har inom projektet gjorts vid laboratoriet för kemisk analys, SP, Borås, Analyscentrum, LTH, Analyscentrum, KemaNobel och Cement- och betonginstitutet (CBI). Kompletterande fysikaliska analyser vid 23 mån ålder hos hårdnat flytspackel har gjorts vid Materialprovningen, Stockholms Gatukontor, se 5.3, tabell 5.

Det skall här understrykas att de inom projektet gjorda undersökningarna är begränsade med hänsyn till dels de stora svårigheter som kunde förutses vid tolkningen av resultaten när materialens sammansättning är okänd och man icke lämnar ut recepten, dels till den höga kostnaden som skulle ha uppkommit vid analys av alla de på marknaden förekommande 30-talet spackel- och avjämningsmassor av olika typer och fabrikat.

Kemiska och fysikaliska analyser av flytspackelpulver och hårdnat flytspackel utförda utanför projektet har i vissa fall ställts till projektets förfogande och redovisas här.

### 5.2 Kemiska analyser av flytspackel

#### 5.2.1 Elementaranalys av flytspackelpulver

I tabell 1 redovisas resultatet av kemiska analyser av flyt-

spackelpulver på SP, Borås. Pulvren anskaffades i aug 1982.

Tabell 1. Resultat av kemisk analys av flytspackelpulver anskaffade i aug 1982.

Flyt- spackel nr	% av pulvrets torrsvikt			Fukt- kvot	Glöd- förlust 500 °C
	CaO	SO <sub>3</sub>	N		
1*	20	1,7	0,12	0,2	1,1
2*	34	0,3	0,10	0,2	2,2
3*	18	1,0	0,15	0,2	1,8
4	17	1,0	0,45	0,3	3,3
5	17	0,9	0,07	0,1	1,8
6	19	1,1	0,13	0,2	1,9
7	29	0,9	0,07	0,2	3,2
8	30	2,1	0,07	0,5	3,8

\* Kaseinfritt enligt tillverkaren.

Kommentarer till tabell 1:

1. CaO- och SO<sub>3</sub>-halterna är bestämda på samma sätt som vid analys av cement.
2. Glödförlusten har bestämts vid 500 °C. Glödförlusten vid denna temperatur hos cement och sand är ca 0,4 resp 0,07 % enligt ett försök av en flytspackeltillverkare. Glödförlusten vid normal provningstemperatur, 1000 °C, är ca 2 % för cement.
3. Kvävehalten har bestämts enligt Kjeldahl. Noggrannheten är inom 0,01 %. Metoden ger ej besked om hur kvävet finns bundet.

### Bedömning

Det är inte möjligt att göra några säkra bedömningar med ledning av elementaranalyserna enligt tabell 1. Man kan dock urskilja att det finns väsentliga skillnader mellan spacklen.

- a) CaO-halterna ligger på två nivåer: en omkring 20 % (flytspackel nr 1, 3 - 6), den andra omkring 30 % (flytspackel 2, 7 och 8).

Man kan därav endast grovt uppskatta att cementhalten är

i området 400 - 550 kg/m<sup>3</sup> hårdnat spackel. Ett av spacklen innehåller kalkhaltig ballast varför dess CaO-halt är hög.

- b) Även SO<sub>3</sub>-halterna är väsentligt olika; ett lågt värde, 0,3 % (flytspackel 2), några kring 1,0 % (flytspackel 3 - 7) och två kring 2 % (flytspackel 1 och 8). Åtminstone de två senare har troligen en tillsats av gips men även mellangruppen kan ha viss gipstillsats.
- c) Fuktkvoten är hög för spackel 8 med hänsyn till att cementet i spackelpulvret inte får börja reagera före användningen. Det kan inte uteslutas att tillsatser till spackeln avger ämnen andra än vatten vid torkning i 105 °C.
- d) Glödförlusten vid 500 °C är i allt väsentligt den organiska tillsatsen. Den är ca 1 % i flytspackel 1, ca 2 % i flytspackel 2, 3, 5, 6), ca 3 % i flytspackel 4 och 7 samt ca 4 % i flytspackel 8.
- e) Kvävehalten, slutligen, motsvarar den uppgivna kaseinhalten, 0,5 - 1 % i fyra av flytspacklen (spackel 5 - 8). I flytspackel 4 är den ca sju gånger högre än den uppgivna halten. Det är sannolikt att detta spackel innehåller en annan kväveinnehållande tillsats, åtminstone mer sannolikt än att provet av någon tillfällighet inte skulle vara representativt för det som tillverkats före eller under aug 1982.

Sammanfattningsvis kan man konstatera av tabell 1 att de analyserade flytspackeln skiljer sig väsentligt från varandra. Flytspackel 5 och 6 överensstämmer dock i stort. Flytspackel 4 har väsentligt högre kvävehalt än de övriga flytspacklen.

#### 5.2.2 Analys av kväve i flytspackel

Kvävehalten i två flytspackel har analyserats vid två laboratorier (Uppsala och Lund) på neddelade prov av två flytspackelpulver och ett hårdnat flytspackel av samma fabrikat som det ena pulvret. Resultaten har rapporterats i H102. I tabell 2 redovisas resultatet av totalkvävebestämningarna som är gjorda på något olika sätt vid laboratorierna.



Tabell 2. Resultat av analys av totalkväve i flytspackel enligt H102. Medelvärden. Okända flytspackel.

Prov	Totalkväve, %		Anmärkning
	Lab 1	Lab 2	
A	0,7	0,43	Pulver
B	0,25	0,30	Pulver
C	0,2	0,72	Hårdnat flytspackel B

### Bedömning

Tabell 2 är konfunderande. Den har i H102 ansetts vara ett av bevisen för att flytspacklen är heterogent sammansatta. Om proven, såsom anges, härrör från samma sampel ligger det närmast till hands att befara att det föreligger en förväxling av proverna eller deras märkning.

### 5.2.3 Ammoniakavgång från spackel- och avjämningsmassor

SP har undersökt ammoniakavgången från spackel- och avjämningsmassor, se bilaga 10:5 i H111 som ingår som bilaga 6 i huvudrapporten där metodiken vid och bedömningen av provningen beskrivs. I tabell 3 har resultaten sammanställts.

Tabell 3. Ammoniakavgång från spackel- och avjämningsmassor.

xx = hög halt påvisad med Dräger-rör 5/a  
x = påvisbar halt, (x) = spår, - = inga spår.

Massa	Ammoniakavgång		Antal massor med denna kombination
	Efter 24 h	Efter uttorkning och återfuktning	
Spackel-	xx	x	5
	-	-	4
Avjämnings-	xx	x	1
	xx	-	1
	x	-	1
	(x)	-	3
	-	-	3
	-	-	3
Flytspackel utan kasein	(x)	(x)	1
	(x)	-	2
	-	-	3
med kasein	xx	x	1
	xx	-	1
	x	(x)	3

### Bedömning

Av tabell 3 framgår att höga halter av ammoniak avgår från flera spackel- och avjämningsmassor den första tiden efter gjutningen. Från kaseinfria flytspackel kan endast spår påvisas. I några fall upphör ammoniakproduktionen när massan först får torka och sedan återuppfuktas. Detta gäller dock inte sex spackel-/avjämningsmassor och ett kaseinhaltigt flytspackel. Huruvida ammoniakhalten "spår" är så hög att den kan ge upphov till olägenheter är inte klarlagt. Praktiska erfarenheter med kaseinfria flytspackel tyder på att så inte skulle vara fallet. Inom projekt 5 pågår laboratorieförsök för att få ett säkrare underlag för bedömning.

Vidare måste man vid bedömning av betydelsen av ammoniakavgången beakta spackel-/avjämningsmassans tjocklek i praktiken. Tunna skikt avger mindre mängd ammoniak och torkar snabbare än tjocka skikt.

#### 5.2.4 Analys av protein i flytspackel

KemaNobel har undersökt flytspackel nr 4 från ett objekt med olägenhet i form av en rå, unken lukt med avseende på kaseinhalten (ej totalkvävehalten). Kaseinhalten i provet var 1,0 %, i jämförande flytspackelpulver av samma fabrikat 0,5 %. (Vid jämförelse av värdena bör man reducera värdet för det hårdnade flytspacklet med 5 - 15 % beroende på dess hydratationsgrad vid provningstillfället.) Mängden aminosyror i ett annat prov av flytspackel 4 har analyserats (H50). Proteinhalten i detta prov uppgick till ca 3 %.

Kasein, tillhandahållet av en flytspackeltillverkare och som använts av denne vid tillverkningen, har analyserats av Arla. Resultaten från gelfiltrering och elektrofores visar att provet innehåller kasein utan närvaro av andra proteiner (H67).

### Bedömning

Proteinhalten i flytspackel 4 har varierat. Huruvida detta är

en följd av ändringar av tillsatsmängder under olika tillverkningsperioder eller en följd av andra omständigheter såsom provtagnings- och provningsförfaranden kan inte utläsas av intygen. Tillverkaren ifråga har framfört de senare argumenten. Man kan dock konstatera att de prover av pulver som tagits vid olika tidpunkter avviker väsentligt från varandra.

#### 5.2.5 Analys av andra ämnen i flytspackel

Analys har gjorts med avancerad apparatur, GLC, GC-MS och Head-Space, av SP, Analyscentrum, KemaNobel och LTH. Liknande metoder har använts av KTH-gruppen och rapporterats i H102.

En mycket stor mängd ämnen har påvisats i flytspackel vid analyserna. Bland de som tilldragit sig mest intresse hör

- aminosyror
- andra organiska illaluktande syror såsom smörsyra
- aminer med längd upp till  $\alpha$ - och  $\beta$ -fenyletylamin
- diverse polymerer och nedbrytningsprodukter därav, bl a mjukgöraren DOP och dess ena beståndsdel 2-etylhexanol.

Exempel på analysresultat visas i H117, se bilaga 7.

#### Bedömning

Vad gäller andra i flytspackel säkert påvisade ämnen har deras ursprung i samtliga fall kunnat ges en kemisk förklaring: aminer och aminosyror som nedbrytningsprodukter av protein och andra polymerer, organiska syror finns bundna som salter i flytspackelt och kan inte komma därifrån. Påvisad förekomst av DOP och 2-etylhexanol är något förvånande. Halten är i några fall så hög att det är svårt att tro att den härrör från ovanförliggande matta. Det är känt att man kan mjukgöra PVAc. På förfrågan uppger en tillverkare att dennes produkt är fri från mjukgörare. Frågan har viss betydelse eftersom det är tänkbart men inte troligt att påvisad 2-etylhexanol i rumsluft skulle kunna komma från flytspacklet och ej från beläggningen. Kontrollprov kommer att göras inom projekt 5.

## 5.2.6 Förekomst av separation

För att undersöka om kväveinnehållande tillsatser i flytspackel anrikas på ytan har totalkvävet bestämts på fyra prov från tre bjälklag där flytspackelarbetena var avslutade men före beläggningen. Proverna skrapades av från flytspackelytan med en i T-sprit rengjord kniv, samlades upp i plastbägare som förslöts i plastpåsar. Resultaten visas i tabell 4.

Tabell 4. Resultat av kemisk analys av ytskikt från hårdnat flytspackel 4.

Prov	Totalkväve, %	Anmärkning
3	0,9	Ljust, ytligt pulver med plastskikt
4	2,0	Ljust ytskikt med mörkt skikt därunder. Djup 1 - 2 mm
9	0,7	Vitt ytskikt

Avskrapen 1 - 9 har även analyserats med avseende på förekomst av mikroorganismer (H96). Antalet bakterier i proven var  $10^2$  -  $10^3$  cfu/g, dvs låga tal.

Förekomst av separation har rapporterats i första hand från två objekt (Gällivare och Gävle). I Gällivarefallet kan man observera tydliga skiktningar beroende på att man efter översvämningen och borttagningen av beläggningarna flytspacklade den tidigare flytspacklade ytan. I Gävle-fallet finns ett fotografi av en uthackad och sågad, ca 30 mm tjock flytspackelbit med en tydlig separation av större partiklar i ett undre, ca 8 mm tjockt skikt.

Vid besök under 1983 på arbetsplatser i syfte att undersöka förekomsten av separation har aldrig någon sådan kunnat observeras utöver den man väntar sig av ett cementbundet material. Överst kan man iakta ett polymerrikt (PVAc?) folietunt skikt. Omedelbart därunder ett ibland starkt mörkfärgat hårt skikt, i mikroskop bedömt rikt på flygaska. Under detta kan man finna ett lättrepät mm-tjockt skikt och därunder själva flytspacklet.

### Bedömning

Det kan anses vara påvisat att separation förekommer varvid lättare partiklar ansamlas på ytan. Detta skikt kan innehålla 5 - 10 gånger mer kväveinnehållande substanser än flytspacklet som sådant.

Det finns skäl att anta att man inte var tillräckligt uppmärksam på vattentillsatsens betydelse för slutresultetet i början av flytspackeleran. Påvisade omfattande separationer härrör från tidigt utförda arbeten.

#### 5.2.7 Resultat av pH-bestämningar

CBI har analyserat pH i flytspackel 4, se H58, genom att under högt tryck pressa ut porvatten och analysera detta. pH uppgick till ca 12 i porvattnet. Detta innehöll även ca 75 mg ammoniak per liter. För vanlig portlandcementpasta är pH i området 13 - 13,9. I H102 redovisas pH-bestämningar (obekant metod) på krossat, hårdnat flytspackel och på avskrap från flytspackelytor. pH-värdena varierar mellan 10,7 - 12,6 hos krossade prover, ca en enhet lägre (lägsta värde 10,0) hos avskrapen. (Två i H102 rapporterade låga värden, 8,0 resp 8,9, har inte kunnat återfinnas i laboratorierapporten, se bilaga 8 i H15.)

### Bedömning

Det enstaka provet på pH i porvattnet visar förväntat högt pH-värde, ca 12. Provingen har därför inte upprepats. Iakttagelsen att pH i ytan är väsentligt lägre överensstämmer även den med vad man kan förvänta av ett yttorr, cementbundet material som karbonatiserats av luftens kolsyra. Med de korta exponeringstider det här är fråga om, några veckor, är karbonatiseringen begränsad till ytskiktet, vilket prov med fenolftalein visar. (pH-bestämning med indikatorpapper i en yta är osäker.)

### 5.3 Fysikaliska analyser av flytspackel

#### 5.3.1 Resultat av torkning och vattenlagring

I tabell 5 redovisas resultatet av fysikaliska analyser av hårdnat flytspackel på SP, Borås, och Materialprovningstanstalten vid Stockholms Gatukontor. Proven tillverkades i aug 1982 av samma pulver som analyserats enligt 5.2.1.

Tabell 5. Resultat av fysikalisk analys av flytspackel anskaffade i aug 1982. Avrundade värden.

Flytspackel nr	Densitet vid 23 mån ålder 105 °C, kg/m <sup>3</sup>	Porositet, %, vid	
		3 mån ålder	23 mån ålder
1*	1720	34	34,5
2*	1550	40	39
3*	1725	30	26,5
4	1730	31,5	25
5	1730	33,5	31
6	1770	37	30,5
7	1735	31	29,5
8	1605	34	33,5

\* Kaseinfritt enligt tillverkaren.

Kommentarer till tabell 3:

1. Ett stort antal prov av de åtta flytspackeln göts i petriskålar med diametern/höjden ca 80/10 mm. Proverna tillverkades enligt tillverkarens anvisningar. Hälften av proverna förvarades i petriskålarna med lock i laboratorieluft. (Den andra hälften av proverna förvarades utan lock i koldioxidatmosfär för undersökning av karbonatisering vid behov.) Vid 3 och 23 mån ålder bestämdes densiteten enligt metod beskriven i SS 13 72 34, Betongprovning - Hårdnad betong - Densitet hos betong med bergartsballast. Densiteten bestämdes i tre tillstånd:
  - vid mottagandet
  - efter vattenlagring
  - efter torkning vid 105 °C.
2. Porositeten har beräknats som skillnaden mellan densiteten vid vattenlagring och efter torkning. Den har uttryckts i volymprocent.



### Bedömning

Densiteterna är påtagligt lägre för flytspackel 2 och 8 än för de övriga flytspackeln. Skälen därtill sammanhänger sannolikt med flytspacklens sammansättningar.

Porositeterna vid 3 resp 23 mån ålder är inte anmärkningsvärt höga. Ett cementbruk med  $C = 450 \text{ kg/m}^3$  och vattencementtalet 0,80 har porositeten ca 35 % vid 3 mån ålder och ca 32 % vid fullständig hydrataion, porositeten beräknad enligt gängse metod, se t ex /2/.

En minskning av cementbundna materials porositet med tiden beror på cementets fortsatta hydrataion. Enligt tabell 5 är porositeten mellan 3 och 23 mån ålder i stort oförändrad för flytspackel 1, 2, 7 och 8, minskad för flytspackel 3 och 5 och påtagligt minskad för flytspackel 4 och 6. Oförändrad porositet vid ifrågavarande tider är att föredra emedan cementet då binder vattnet bättre. Ytterligare slutsatser av porositetsändringarna kan inte dras eftersom proverna inte har förvarats så att vattenavgång förhindrats helt.

#### 5.3.2 Studie i svepelektronmikroskop

Tillsammans med tjänsteman vid SP i Borås har ett flytspackelstycke granskats i provningsanstaltens svepelektronmikroskop i syfte att finna en mängd mikroorganismer svarande mot  $10 \times 10^6$  organismer per gram. Denna mängd anses vara den som minst erfordras för att olägenheter av mikroorganismer skall kunna uppkomma.

Provet var uttaget under en korkplattas missfärgade kant. Som likare användes bilder tagna i svepelektronmikroskop av ifrågavarande typer av bakterier.

Inte någon mikroorganism kunde observeras i provet. Så stor yta granskades att man kan bedöma att halten mikroorganismer provet understeg  $10 \times 10^4$  st/g.

### 5.3.3 Andra fysikaliska observationer

I H102 rapporteras att man funnit magnetiska partiklar motsvarande 0,07 - 0,4 % i tre flytspackelpu:ver. Analysnoggrannheten är dock sådan att det inte går att avgöra om man har registrerat en oavsiktlig förorening i stället för en avsedd tillsats.

Förfrågningar hos flytspackeltillverkare har inte givit belägg för att dessa avsiktligt tillsätter järnpulver till produkterna.

## 6 FUKT OCH FLYTSPACKEL

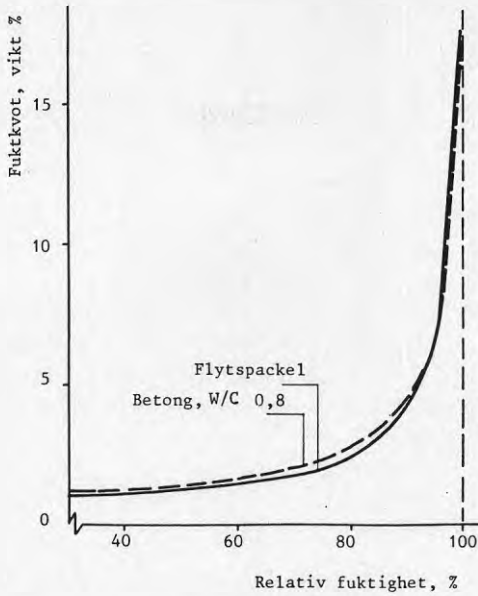
### 6.1 Förutsättningar

Tidigt i utredningen visade en flytspackeltillverkare att dennes flytspackel hade en absorptionsisoterm, som överensstämde med den för en betong med motsvarande vattencementtal, ca 0,80, se figur 1. Flytspacklet och betongen hade vid olika tidpunkter undersökts vid LTH.

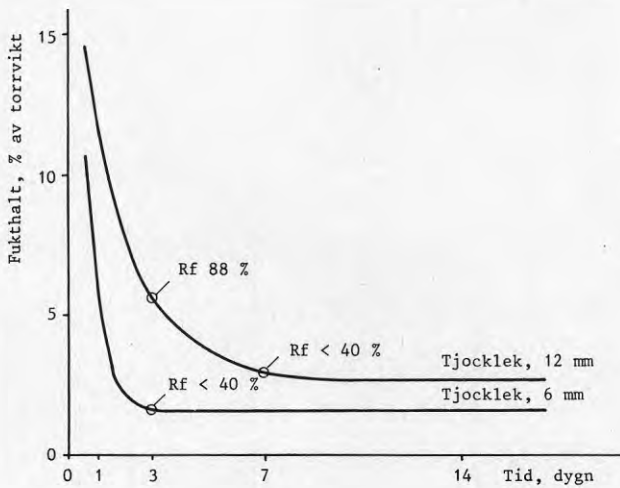
Flytspackeltillverkaren presenterade även undersökningsresultat som visade att flytspackel torkar till ungefärlig jämvikt på ca en vecka, se figur 2, och att 7 mm flytspackel på en betongyta inte påverkar betongens uttorkning i avsevärd negativ grad, se figur 3.

De presenterade undersökningarna tydde på att det provade flytspacklet i allt väsentligt ur fuktsynpunkt betedde sig som ett cementbundet material. Något annat var inte att vänta av detta eller andra på marknaden förekommande flytspackel med hänsyn till aktuella cementhalter. Skillnader i cementhalter kunde verifieras när resultaten av den kemiska analysen förelåg i nov 1982.

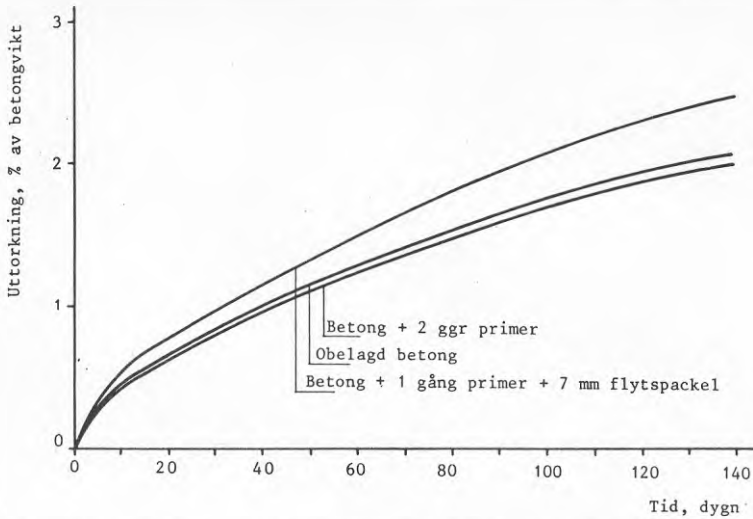
Utredningen har inte låtit göra omfattande utredningar av flytspackels fuktmeکانik och dess påverkan på ett betongunderlag eftersom sådana långvariga undersökningar pågått sedan 1982 vid LTH. Preliminära resultat från detta BFR-projekt föreligger nu, se 6.2.



Figur 1. Absorptionsisotermer för kaseinhaltigt flytspackel och betong enligt flytspackeltillverkaren.



Figur 2. Torkningsförlopp för kaseinhaltigt flytspackel enligt tillverkaren.



Figur 3. Uttorkning av betong med och utan kaseinhaltigt flytspackel enligt tillverkaren.

## 6.2 Preliminära resultat från fuktstudier vid LTH

Vid en muntlig föredragning 1984-10-10 av docent Lars-Olof Nilsson redovisades preliminära resultat från studier vid LTH av kritiska fukttillstånd och fuktförhållanden hos spacklade betonggolv. I undersökningen ingår

- 3 kaseinhaltiga flytspackel
- 1 flytspackel med f n okänd flyttillsats
- 2 kaseinfria flytspackel av "ny" typ
- 1 kaseinfri avjämningsmassa
- 1 cementbruk.

Följande väsentliga resultat redovisades.

### 6.2.1 Kritisk r f för missfärgning av kork

#### Långtidsförsök a)

Korkplattor med en rits genom det undre PVC-lagret limmades på underlag av golvspackel (ett kaseinhaltigt flytspackel och en kaseinfri avjämningsmassa) gjutet mot ett cementbruk. Det

hela placerades över saltlösningar med olika relativa fuktigheter. Följande resultat erhöles efter lång tid (år):

Underlag av	Missfärgning vid relativ fuktighet, %		
	85	93	100

Flytspackel	någon	tydlig	tydlig
Avjämningsmassa	knapp	någon	tydlig

#### Långtidsförsök b)

Långtidsförsök b) vid provning enligt figur 4 indikerade att korken vid  $r f \leq 93$  % absorberade avgivna basiska ämnen från flytspacklet innan lösningen i plastbägaren gjorde det.

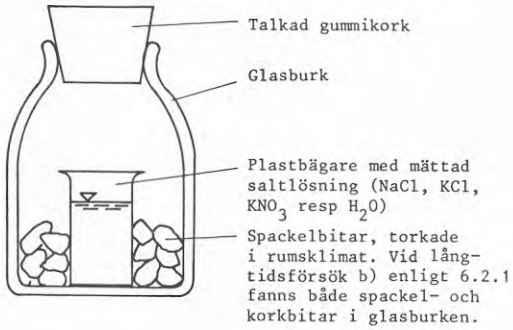
#### Bedömning

Långtidsförsöken a) visar att kork missfärgas vid hög fuktighet ( $\geq 93$  % r f) i underlaget. Försöket bekräftar tidigare erfarenheter som förekom i början av 1970-talet innan korkplattor belades med PVC-folie på undersidan. Vidare visar långtidsförsöket att kaseinhaltigt flytspackel redan vid 85 % r f i underlaget ger upphov till missfärgning. Försöket bekräftas av praktiska erfarenheter.

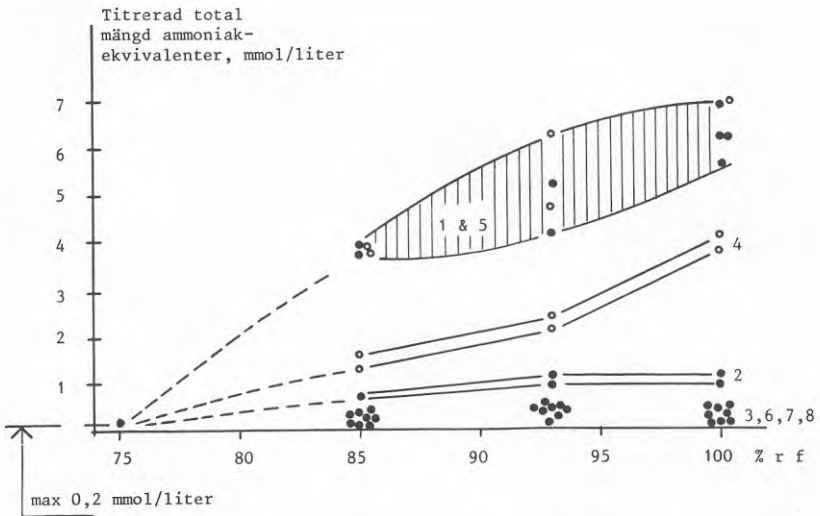
Betydelsen av resultaten från långtidsförsöken b) kan på föreliggande underlag inte utvärderas.

#### 6.2.2 Kritisk r f för bildning av ammoniak o d

Prover torkade i rumsluft i 4 mån och uppfuktade enligt figur 4 gav efter 3,5 mån upphov till totala mängder ammoniakequivallenter (vid titrering) i plastbägarens lösning enligt figur 5. Kritisk relativ fuktighet,  $RF_{krit}$ , för uppkomsten av ammoniak och liknande föreningar är i området  $75 \leq RF_{krit} \leq 85$  % för de material, i vilka sådana ämnen har bildats, nämligen de kaseinhaltiga flytspackeln 1, 4 och 5 samt flytspacklet 2 med f n okänd flyttillsats. De fyra flytspacklen avger påtagligt olika mängder ammoniakequivallenter vid 85 % r f och högre. Observera att beteckningarna 1 - 8 inte överensstämmer med motsvarande beteckningar i tabell 5.



Figur 4. Metod för bestämning av kritisk relativ fuktighet för avgivning av ammoniak och liknande ämnen.



Figur 5. Titrerad mängd ammoniak-ekvivalenter i lösningen i plastbägaren enligt figur 4 hos prover torkade i rumsluft i 4 mån och sedan förvarade 3,5 mån enligt figur 4.



### Bedömning

Förhållandet att vissa, tidigare vanliga kaseinhaltiga flytspackel avger påtagliga mängder ammoniak (och ev andra liknande ämnen) vid r f = 85 % förklarar väl förekomsten av missfärgningar på beläggningsmaterial av kork och ek.

Relativa fuktigheten 75 % i underlaget synes vara ett säkert värde då det inte avgår ammoniak eller liknande ämnen från något av de provade kaseinhaltiga flytspacklen. Motsvarande kritiska fuktvärde för andra proteinhaltiga flytspackel kan inte bedömas i avsaknad av kännedom om deras sammansättning eller liknande provningsresultat.

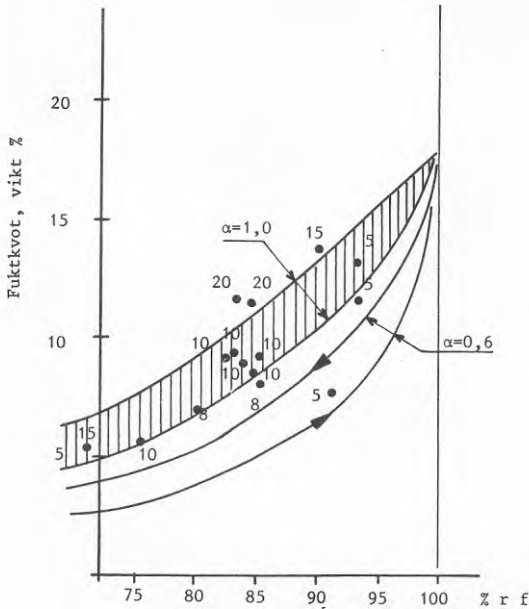
Det torde i många fall vara svårt att komma ner till 75 % r f i ett betongunderlag, framför allt vid platta på mark med tät beläggning. De kaseinhaltiga flytspacklen 1, 4 och 5 avger påtagligt olika mängder ammoniak o d. Denna erfarenhet bör kunna utnyttjas inom projekt 5 vid utarbetandet av förslag till åtgärder för att undanröjande av olägenheter, bl a vad gäller kritisk relativ fuktighet för uppkomsten av olägenheter.

#### 6.2.3 Sorptionsförsök och resultat av prover från objekt

Sorptionsförsök på samtliga provade material visar att de i allt väsentligt beter sig som vanliga cementbundna material med aktuella cementhalter. Fuktvärden hos prover uttagna i fält inom projekt 5 bekräftar erfarenheterna från laboratorieproven om man antar att cementet i proverna har fullständigt hydratiserat, se figur 6. Av figuren framgår vidare en viss inverkan av flytspackelskiktets tjocklek: man uppmäter högre fuktkvot vid stor tjocklek än vid mindre. Tolkingen av iakttagelsen är inte färdig.

### Bedömning

Eftersom flytspacklen har väsentligt olika sammansättningar har de olika sorptionsisotermer.



Figur 6. Beräknade sorptionsisotermer för cementbruk med 60 och 100 % hydratationsgrad. Punkter med siffror anger resultat från prover på golvspackel uttagna i fält och provernas tjocklek i mm.

#### 6.2.4 Inverkan av primer och flytspackel på fukt i betong

100 mm tjocka betongplattor K25 konditionerades till önskad fuktillstånd. De primades och belades efter 4 h med flytspackel (5 och 18 mm tjocklek). Relativa fuktigheten på olika djup under betongytan studerades. Hittills har inverkan av primningen, två flytspackel (ett med kasein och ett kaseinfritt) och fuktillståndet i betongunderlaget studerats. Följande resultat erhöles:

- a) Den provade primern inverkar gynnsamt på fuktförhållandena i betongunderlaget: primern tillför underlaget vatten men inverkar förhindrande på vattenupptagningen från flytspacklet. Primern inverkar inte mätbart på efterföljande uttorkning.

- b) För de två provade flytspacklen gäller följande tumregel:  
För att återställa fuktfördelningen i betongunderlaget som den var före flytspacklingen erfordras en extra torktid av ca en vecka per 5 mm tjocklek hos flytspackelskiktet.

### Bedömning

Tillgängliga uppgifter tyder på att rekommenderade primers för olika flytspackel baseras på samma utgångsprodukter. Det är sannolikt att användningen av primer verkar gynnsamt på fukt-förhållandena i samtliga fall.

Tumregeln enligt b) ovan gäller vid laboratorieatmosfär. Vid lägre temperatur och högre luftfuktighet bör uttorkningstiden förlängas storleksordningen 50 - 100 % vid 10 °C och 60 - 80 % r f.

Tumregeln gäller vidare endast de två provade flytspacklen så länge liknande resultat saknas från flytspackel med rekommenderad mycket kort torktid respektive lång torktid, se 6.3.1.

## 6.3 Rekommendationer beträffande uttorkning

### 6.3.1 Tillverkares rekommendationer

Följande uppgifter beträffande uttorkning återfinns i tillverkares broschyrer från 1978 till 1981. Endast en broschyr per tillverkare har tagits med i sammanställningen. Andra rekommendationer kan återfinnas i andra broschyrer från denna tidsperiod. Sex av åtta flytspackel enligt tabell 1 är representerade i sammanställningen, dock ej i samma ordning som i tabellen.

- a) "Vid godtagbar fukthalt i underlaget, torkning i +10-20 °C och 5-10 mm spackelskikt är ytan beläggningsbar efter 1-2 veckor." Rekommenderad skiktjocklek: 0-15 mm.
- b) "... är klart för beläggning efter 1 dag (vid temperatur 18-20 °C)." Rekommenderad skiktjocklek obegränsad vid rekommenderad utfyllning.

- c) "Vänta 1-4 veckor innan annat golv läggs på massan. Tiden är beroende av lokala förhållanden: temperatur, luftfuktighet samt underlagets fuktighet." Rekommenderad skikt-tjocklek: 2-10 mm.
- d) "Limning av mattor kan utföras när underlagets fukthalt är tillräckligt låg, vanligtvis efter en vecka vid 5 mm skikt-tjocklek." Rekommenderad skikt-tjocklek:  $\leq$  15 mm.
- e) "Håll temperaturen jämn i den nyspacklade lokalen mellan +10 °C till +20 °C." Rekommenderad skikt-tjocklek: 2-10 mm.
- f) Behov av uttorkning anges ej i broschyrer över två flytspackel med rekommenderade skikt-tjocklekar 1-15 resp 5-10 mm.

#### 6.3.2 Rekommendationer i HusAMA

HusAMA 72, som tillämpades under den här aktuella tiden, rekommenderade att betongunderlagets fuktighet skulle bestämmas med karbidmätare på pulvriserat prov uttaget på 50 - 60 mm djup under betongytan. Angivna krav baserades på erfarenhetsvärden och gällde betong med jämn temperaturfördelning och ej för platta på mark, golv över pannrum o d.

Omfattande forskning under 1960- och 1970-talen visade att bestämning av relativa fuktigheten ger ett säkrare underlag för bedömning av betongens fukttillstånd än metoden med karbidmätare. I RA 78 rekommenderades därför att man under en övergångstid använde både fuktkvotsbestämning och bestämning av relativ fuktighet parallellt för att vinna erfarenheter. Relativa fuktigheten skulle därvid bestämmas på djupet minst 20 % av plattjockleken vid mellanbjälklag och minst 40 % vid platta på mark med underligande värmeisolering eller ångspärr. Kraven avsåg betong med jämn temperaturfördelning.

Enligt nu gällande HusAMA 83 skall man bestämma betongens relativa fuktighet. Provet skall tas på de djup som angavs i RA 78. Kraven avser betong med jämn temperaturfördelning.

#### 6.4 Fukt och rapporterade olägenheter

Olägenheter har rapporterats vid lägre uppmätta fuktvärden än de man tidigare har varit van vid, se skadeinventeringen bilaga 2. Huvuddelen av olägenheterna består i missfärgningar av beläggningsmaterial innehållande kork och ek. Sådana olägenheter kan tillskrivas det förhållandet att proteinhaltiga golvspackel kan avge ammoniak under vanligt förekommande fukt-förhållanden i betongunderlaget, 80 - 90 % r f, se 6.2.

Huruvida olägenheter i form av lukt av nedbruten mjukgörare från mattor innehållande PVC har ökat går inte att utläsa av skadeinventeringen. Det allmänna intrycket framfört till utredningen är att så skulle vara fallet. Inom projektet har mjukgörarnedbrytning objektivt påvisats i 17 objekt. I sex av objekten har betongunderlaget (ungefärligen samtidigt) uppmätts ha 87 % r f eller högre efter luktens uppträdnad. Såväl platta på mark som mellanbjälklag förekommer. I två av dessa objekt har man inte använt flytspackel i de luktande lokalerna. Troligen har högre fuktvärden förekommit under lång tid. I övriga 11 objekt har relativa fuktigheten inte mätts eller rapporterats till utredningen. I de sex nämnda objekten saknas f n bevis för att flytspacklet skulle primärt orsaka lukten av nedbruten mjukgörare. Den observerade fuktigheten i betongunderlagen efter luktens uppträdnad är tillräckligt hög och konstruktionernas utformning sådan att man kan bedöma att s k konventionell fuktskada kan ha uppkommit genom förekomsten av hög alkalisk fuktighet under lång tid.

Inte heller när det gäller olägenheter i form av den oidentificerade lukten är knytningen till förekomst av flytspackel styrkt. Utredningen har följt två fall, där lukten kan förnimmas av andra än de boende och där objektiva provningar gjort det sannolikt att lukten orsakas av ett enda ämne. I båda fallen har höga relativa fuktigheter ( $\approx 90\%$ ) uppmätts i betongunderlaget.

## 6.5 Slutsatser

Fuktförhållandena är i praktiken svåra att förutsäga och i det närmaste omöjliga att helt säkert rekonstruera i ett enskilt fall flera år efter utförandet. Alltför många osäkra faktorer förekommer. En noggrann fuktanalys kan emellertid tillsammans med insamlade uppgifter om konstruktion och utförande samt iakttagelser på platsen ge underlag för skattning av den tidigare fukthistorien.

Av utredningen framgår att missfärgningar av kork och ek kan uppkomma om underlagets relativa fuktighet överstiger det för aktuellt flytspackel med protein kritiska värdet för ammoniakavgång. Kritiskt värde är i området  $75 \leq RF_{\text{krit}} \leq 85 \%$ .

Mjukgörare i PVC-innehållande mattor kan brytas ned om det alkaliska underlaget är alltför fuktigt. Exakt var den kritiska fuktighetsgränsen går är inte känt. Erhållna indikationer visar att den åtminstone ligger högre än 90 % r f. En sådan nedbrytning ger upphov till lukt av alkohol under mattan. Sådan lukt har objektivt kunnat bestämmas. I extrema fall har denna lukt återfunnits i lokalens luft.

Huruvida ammoniak o d från proteinhaltigt flytspackel kan underlätta nedbrytningen är inte klarlagt. Klart är dock att ammoniak bidrar till alkaliteten genom att den förekommer i gasform under beläggningsen.

Fuktens centrala roll för uppkomsten av olägenheter är ostridig. Olägenheter av ifrågavarande slag har förekommit tidigare. Användningen av flytspackel har sannolikt i flera fall bidragit till förekomsten av högre fuktigheter i betongunderlagen än tidigare. Tillskottet av fukt från rekommenderade tjocklekar av flytspackelskikt är visserligen marginellt men tekniken har medgett betydligt snabbare byggnadstakt och generellt tjockare skikt än vid användning av konventionella spackel- och avjämningsmassor.

Av skadeinventeringen framgår att omfattningen av olägenheterna uppskattas vara någon eller några procent av de på flytspackel



i nyproduktionen lagda golven. Huvuddelen (ca 2/3) av olägenheterna består av missfärgning på grund av att proteinhaltiga flytspackel avger ammoniak vid vanligt förekommande fuktvärden i betongunderlag. I återstoden av fallen kan användningen av flytspackel i vissa fall ha "fått den tidigare välfyllda fuktbägaren att rinna över".

## 7 KRAV PÅ FLYTSPACKEL

### 7.1 Allmänna förutsättningar

Flytspackel, liksom f ö även cementbundna spackel- och andra avjämningsmassor, tillverkas i fabriksanläggningar. Efter evenförpackning, vanligen i 25 kg säckar, och viss tids förvaring på lager transporteras pulvret/säckarna till byggnadsplats. Där sker förvaring i silo eller säckat.

Den färdiga massan tillsätts endast vatten på byggnadsplatsen. Blandningen kan ske för hand med en enkel maskinvisp i kärl, lämpligen avsedd för hela säckar.

Blandningen på större arbetsplatser sker med för ändamålet tillverkade utrustningar. De kan baseras på två principer:

Vid den ena principen sker blandningen i ett tråg, antingen genom kontinuerlig tillförsel av pulver och vatten till tråget eller genom tillsättning av hela säckar och avsedd vattenmängd. Från tråget pumpas blandningen till utläggningsstället.

Vid den andra principen tillförs pulver och vatten kontinuerligt till en skrubblandare och pumpas direkt därifrån till utläggningsstället.

På utläggningsplatsen måste vissa förberedelser ha utförts före flytspackling. Underlaget skall vara rengjort från lösa partiklar, svaga ytskikt, olja o d. Betongunderlaget behandlas, i regel dagen före flytspackling, med en av flytspackeltillverkaren rekommenderad primer, vanligen

akryldispersjoner. (Förvattning av betongbjälklaget rekommenderades i begynnelsen av flytspackelern som alternativ till primning.) Erforderliga avstängare vid gjutskarvar och öppningar monteras. Vid behov värms underlaget och pulvret så att temperaturen inte understiger föreskrivet värde, vanligen +5 °C.

Vid flytspacklingen får blandningen rinna ut ur en slang eller ett rör. Man bör helst börja med lågpunkter. Röret förs fram och åter över bjälklaget så att hela ytan täcks med ett skikt som inte får vara vare sig tjockare eller tunnare än det för aktuellt flytspackel rekommenderade skiktet, som regel inom 5 - 15 mm. Fabrikat med begränsning till minsta tjocklek 5 mm förekommer liksom fabrikat utan begränsning uppåt. Vid fabrikat med 10 - 15 mm högsta rekommenderade tjocklek anges att arbetet skall göras i flera etapper om större tjocklek önskas eller en utfyllnad med ballast.

Den färdiga flytspackelytan behöver inte vattenhärddas så som vanligen är fallet med cementbundna material.

Det hårdnade flytspacklet får beträdas när det inte skadas därav. Tiden från utläggningen kan variera från några timmar till några dygn beroende på typ av flytspackel och temperaturen.

Före beläggningen anges i vissa fall att flytspacklet skall torka, se exempel på anvisningar i 6.3.1. Ett av flytspacklen kan beläggas redan ett dygn efter utläggningen enligt tillverkarens uppgift.

Den färdiga flytspackelytan skall uppfylla en rad egenskaper. Den skall vara plan utan otillåtna spräng, bl a där tidigare utlagt spackel har flutit ihop med ett senare lagt spackel, och helst även horisontal.

Den skall vara så beskaffad att man kan limma en beläggning på den. Vidare skall den kunna motstå mekanisk åverkan av laster från rullande hjul, av eventuell krympning m m, egenskaper som numera skall provas enligt HusAMA 83 (=GEB0s, nu GBRs, anvisningar) varvid provningen sker vid 2 och 20 mm

skikttjocklek. Sådan provning var tidigare frivillig och gjordes enligt de metoder som gällde för spackelmassor. Flertalet flytspackel uppfyllde kraven för spackelmassor.

Flera flytspackel säljs även på andra marknader än den svenska. I Västtyskland finns mekaniska krav i DIN 18 560, Estriche im Bauwesen, liknande de svenska.

I underbilaga 1 redovisas en sammanställning baserad på av flytspackeltillverkare lämnade uppgifter beträffande deras produkters egenskaper och erfarenheter av användningen.

## 7.2 Krav

De i 7.1 angivna förutsättningarna för flytspackelarbetet ställer en lång rad krav på materialets inneboende egenskaper. Flytspacklet måste, utöver kraven på färdig produkt, klara alla de olika förhållanden som råder på byggarbetsplatser, såväl beträffande personal som temperatur- och fuktförhållanden, diverse störningar av typ matraster, maskinhaveri, mindre avvikelser från givna rekommendationer m m. Här behandlas närmare endast sådana krav som betingas av de egenskaper som är av betydelse för bedömningen av de uppkomna olägenheterna och deras åtgärdande.

1. Materialet skall tåla en tjocklek nära noll. För detta krävs att det har en vattenkvarhållande förmåga så stor att materialet under uppehållandetiden kvarhåller vattnet så att bindemedlet kan ge en produkt med godtagbara mekaniska egenskaper. Av bl a detta skäl föreskrivs primning av betongunderlaget så att inte ett torrt underlag "vakuumsuger" bort vattnet i ett tunnt skikt varvid erforderligt hydrationsvatten kommer att saknas.
2. Materialet skall tåla en tjocklek större än den rekommenderade eftersom man inte kan kontrollera alla ytor annat än grovt, visuellt.

3. Materialet skall tåla smärre ökning av vattentillsatsen utan att det separerar i nämnvärd grad. Detta gäller även för de variationer som beror på delmaterialens variationer liksom de vid tillverkningen av pulvret.
4. Materialet skall tåla att blandas såväl för hand som vid kontinuerligt blandning. Därvid måste beaktas de olika tider som materialet förblir i blandaren. Vid kontinuerlig blandning måste man beakta att alla delar som skall fördelas i vattnet får erforderlig tid därtill.

Kommentar: I ett system sker blandningen i en skruv där vatten sätts till under högt tryck så att vätningen av partiklarna sker effektivt. Blandningstiden är 5 - 10 s. Det har ifrågasatts om denna blandningstid, inklusive max ca 30 s uppehållstid i efterföljande slang är tillräcklig för effektiv fördelning av produkter typ PVAc, som enligt ifrågasättaren kräver ca 2 min. Kommentaren är föranledd av egna iakttagelser av ytskikt där denna utrustning har använts.

5. Materialet skall tåla den fukt som tillförs på byggarbetsplatser bl a med hänsyn till de olika tider i byggprocessen som flytspackling av entreprenören bedöms vara ändamålsenligt. Det finns ingen möjlighet att praktiskt begränsa tillförsel av vatten eller andra vatteninnehållande substanser såsom urin, sandspackel, regn genom trasiga fönster, diverse läckage m m, utan att mycket noggranna anvisningar ges.
6. Materialet skall torkas före beläggning. Noggranna anvisningar måste ges av tillverkaren såväl vad gäller materialets egen fukt som eventuellt tillförd fukt före beläggning.
7. Materialet skall tåla de fuktförhållanden som kan uppkomma under byggskedet och senare utan att materialet eller dess omgivning påverkas. Organiskt material, instabilt i miljön får inte byggas in om det kan avge elak lukt eller

ge upphov till andra olägenheter, jämför SBN 32:31. DIN 18 560, Estriche im Bauwesen, innehåller i 4.1.4 en liknande anvisning: "Zusätze (Zusatzmittel, Zusatzstoffe) dürfen keine nachteiligen Auswirkungen auf der Estrich oder auf angrenzende Bauteilen haben".

8. Materialet bör helst färgas så att man vid ett framtida utbyte av befintlig beläggning lätt kan observera dess förekomst. Härigenom kan man lättare undvika att framtida beläggingsmaterial läggs på underlag som beläggningen kan påverka eller påverkas av.
9. Metoder för materialets borttagning utan besvärande damning bör anvisas av tillverkaren.

## 8 RÅ, UNKEN LUKT

Den råa, unkna lukten har hittills inte kunnat identifieras. Vid ett seminarium 1984-08-30 på KemaNobel behandlades frågan. Som underlag för seminariet förelåg en arbetshandling som här har rensats från sådana avsnitt som redan redovisats i denna rapport. Handlingen har kompletterats med de väsentligheter som framkom vid seminariet, se underbilaga 2.

En av dem är den ytterligare bekräftelse av det som framförts i H51: utredningsmannen, dåvarande stadsläkaren Jan Hermansson har statistiskt verifierat samvariationen mellan den råa, unkna lukten och förekomst av missfärgningar på parkett på cementbundet, kaseinhaltigt flytspackel liksom frånvaron av lukt och missfärgad parkett på gipsbaserat, kaseinfritt flytspackel. Det är dock inte säkerställt att lukten källa finns i de parkettbelagda rummen. Lukten kan ha spritts från rum med andra beläggningar i respektive bostad. Kontrollprov kommer att göras inom projektet 5.

Miljöutredare vid Södersjukhuset har i ett fall ansett att källan till lukten i en lägenhet fanns i det parkettbelagda rummet. Under plastfolien under parketten fanns hög halt av ammoniak.

Den råa, unkna lukten kan tydligt kännas från flytspackel uttaget från objekt med denna lukt. Lukten kan emellertid absorberas på den stora ytan av ett cementbundet material så att det kan lukta starkare än källan.

Undersökningarna i gaskromatograf med sk sniffer tyder på att den råa, unkna lukten utgörs av ett ämne med en bestämd retentionstid, ca 16 min i den använda apparaten. Så länge ämnet inte är identifierat kan man inte ange vilket material som innehåller ämnet eller substanser, där ämnet ingår. Man kan då heller inte förklara vilken mekanismen som frigör ämnet.

I samband med typprovning av flytspackel på statens provningsanstalt har man konstaterat att organiska ämnen avgår från betong och flytspackel. Antalet ämnen och deras halter påverkas i hög grad av materialets fuktighet och de organiska tillsatserna. Fuktigt flytspackel avger betydligt fler ämnen i högre halter än betong med flyttillsats. Ett kaseinhaltigt flytspackel avger i torrt tillstånd några ämnen i påtaglig mängd. Det skall understrykas att man numera förfogar över så avancerad utrustning att man kan registrera mycket små mängder av ämnen, vars inverkan är svår att tolka.

På initiativ av BFRs hälsoskyddsgrupp har en kartläggning utförts av hälsofarligheten hos betong och polyuretanskum /8/, se sid 52 i huvudrapporten. I rapporten konstateras att de oorganiska beståndsdelarna i betong inte kan ge upphov till hälsoproblem i en färdig byggnad. En genomgång av de ämnen som kan förekomma i tillsatsmedel till betong visar att sannolikheten är liten för att hälsopåverkan skulle kunna uppkomma i en färdig byggnad. De på senare år introducerade flytspacklen baseras enligt uppgift på liknande flyttillsatser som har använts i decennier i betong.



DATA FÖR FLYTSPACKEL ENLIGT EN ENKÄT

Hannelore Arregunde  
Rolf Enequist

Sammanställning i Golv till Tak 4.83 här redigerad  
för att kunna ingå i BFR-rapporten Skador i golv.

Denna artikel ingår som en bilaga till en rapport om flytspackel  
inom BFR-projektet Skador i golv.

Namn	Ardex K 15	Bepaflyt
Tillverkare/leverantör	Ardex Chemie Skandinavien AS/Arki AB generalagent	BPA Plast
Spacklet finns på marknaden sedan...	1977	1978
Hur många m <sup>2</sup> av spacklet har lagts i Sverige?	ca 2 milj m <sup>2</sup>	
Sammansättning?	cementmineraliska fyllnads-material. Pollyvenylacitatpulver.	
Innehåller det kasein?	ja	nej
Andel kasein i procent?	0,4	
Om spacklet innehåller kasein, hur kontrolleras eventuella föroreningar/bakterier?	garanteras bakteriefri av kaseinleverantören. Ardex använder samma höga kvalitet och noggrann kontroll av kasein som i livsmedelsindustrin	
Avger spacklet ammoniak?	ja, kan provoceras fram laboriemässigt, men ej under praktiska förhållanden.	nej
Tål spacklet 100% relativ fuktighet?	ja	ja
Tål spacklet 100% relativ fuktighet utan att avge ammoniak?	ja	ja
Viktiga regler för användning (t ex max skiktjocklek)	vedertagna byggnormer ska följas. I övrigt inga restriktioner	ska ej läggas vid temperatur under + 8-10°C, obegränsad skiktjocklek
Används spacklet tillsammans med primer?	ja	ja
Är primern samtidigt en fuktspärr?	nej	nej
Hindrar spacklet uttorkning av fukt i betongplattan?	nej	nej
Erforderlig uttorkningstid före beläggning av golvmaterial?	24 timmar oavsett lagtjocklek vid + 18-20°C	vid ca 15°C en vecka beroende av relativa fuktigheten etc
Kan alla golvmaterial läggas på produkten?	ja	ja
Om inte - varför?		
Har skador rapporterats?	nej	frysskador ja, men inga skador på ytbeläggning
Om ja - vilka typer av skador?		
Lämnar ni några garantier?	ja	ABM 75 V
Har sammansättningen av spacklet ändrats?	nej	endast bindemedelsmängden har höjts
Om ja - varför?		
När?		
Vad anser Ert företag om flytspacklets framtid på byggmarknaden?	en självklar positiv utveckling med tanke på de höga krav dagens byggare ställer på byggnadsmaterial, vad beträffar kvalitet, snabbhet och ekonomi. Ur arbetshygienisk synpunkt är självnivellerande avjämningsmassor mycket positiva	överlägsen läggningsmetodik, ergonomisk riktig. Hög produktionshastighet, hög planhet
Övriga synpunkter?	Ardex K 15 tillför inte bygget någon fukt eftersom blandningsvattnet binds kemiskt. Ardex K 15 är gångtorr på 2 timmar och hindrar därmed övriga arbetsmoment i bygget minimalt	

Namn	H-flytspackel	146
Tillverkare/leverantör	Betong AB HH	ABS
Spacklet finns på marknaden sedan . . .	under namnet H-flytspackel sedan 1981	1982
Hur många m <sup>2</sup> av spacklet har lagts i Sverige?		600 000 m <sup>2</sup>
Sammansättning?		cement, sand, kompletterande bindemedel och tillsatsmedel
Innehåller det kasein?	nej	nej
Andel kasein i procent?		
Om spacklet innehåller kasein, hur kontrolleras eventuella föroreningar/bakterier?		
Avger spacklet ammoniak?	nej	nej
Tål spacklet 100% relativ fuktighet?	ja	ja
Tål spacklet 100% relativ fuktighet utan att avge ammoniak?	ja	ja
Viktiga regler för användning (t ex max skiktjocklek)	se produktblad	15 mm, i övrigt se produktblad
Används spacklet tillsammans med primer?	ja	ja
Är primern samtidigt en fuktspärr?	nej	nej
Hindrar spacklet uttorkning av fukt i betongplattan?	nej	nej
Erforderlig uttorkningstid före beläggning av golvmaterial?	beroende på klimatfaktorer. RF provas	1–2 veckor beroende på torkförhållanden och tjocklek
Kan alla golvmaterial läggas på produkten?	vi känner ej till något golvmaterial som kan skada vår spackelprodukt	ja
Om inte – varför?		
Har skador rapporterats?	se BFR:s skadeinventering	nej
Om ja – vilka typer av skador?		
Lämnar ni några garantier?	produktansvar	ja
Har sammansättningen av spacklet ändrats?	ja	nej
Om ja – varför?	normal utveckling av produkter	
När?	kontinuerligt	
Van anser Ert företag om flytspacklets framtid på byggmarknaden?	en produkt och metod som kommit för att stanna	
Övriga synpunkter?	vi avvaktar BFR:s slutrapport	

Namn	144	143
Tillverkare/leverantör	ABS	ABS
Spacklet finns på marknaden sedan . . .	1982	1979
Hur många m <sup>2</sup> av spacklet har lagts i Sverige?	50 000 m <sup>2</sup>	8 milj m <sup>2</sup>
Sammansättning?	cement, sand, kompletterande bindemedel och tillsatsmedel	cement, sand, kompletterande bindemedel och tillsatsmedel
Innehåller det kasein?	nej	ja
Andel kasein i procent?		0,4
Om spacklet innehåller kasein, hur kontrolleras eventuella föroreningar/bakterier?		ej regelmässigt. Prov vid IVL och Uppsala Universitet visar inga anmärkningsvärda resultat vare sig betr typ eller mängd
Avger spacklet ammoniak?	nej	ja
Tål spacklet 100% relativ fuktighet?	ja	ja
Tål spacklet 100% relativ fuktighet utan att avge ammoniak?	ja	nej
Viktiga regler för användning (t ex max skiktjocklek)	15 mm	15 mm, i övrigt se produktblad
Används spacklet tillsammans med primer?	ja	ja
Är primern samtidigt en fuktspärr?	nej	nej
Hindrar spacklet uttorkning av fukt i betongplattan?	nej	nej
Erforderlig uttorkningstid före beläggning av golvmaterial?	1 dygn	1–2 veckor beroende på torkförhållanden och tjocklek
Kan alla golvmaterial läggas på produkten?	ja	ja, om underlagets fuktighet ej överstiger tab, sid 314–315 i RA 78. Men för ammoniak-känsliga golvmaterial rekommenderas ammoniakfria spackel (146 eller 144)
Om inte – varför?		
Har skador rapporterats?	nej	Ja
Om ja – vilka typer av skador?		missfärgning på parkett och kork
Lämnar ni några garantier?	ja	ja
Har sammansättningen av spacklet ändrats?	nej	nej
Om ja – varför?		
När?		
Vad anser Ert företag om flytspacklets framtid på byggmarknaden?		utvecklingen går helt klart mot ammoniakfria spackel. Flytspackelmetoden som sådan har kommit för att stanna och kommer att utvidgas till nya användningsområden, t.ex. industrier
Övriga synpunkter?		

Namn	Hårdavjämningssmassa 40	Hårdspackel 30
Tillverkare/leverantör	Cementa AB Byggprodukter	Cementa AB Byggprodukter
Spacklet finns på marknaden sedan . . .	1980	1981
Hur många m <sup>2</sup> av spacklet har lagts i Sverige?	50 000 m <sup>2</sup>	30 000 m <sup>2</sup>
Sammansättning?	anhydritbaserad	snabbbindande, cementbaserad, höghållfast
Innehåller det kasein?	nej	ja
Andel kasein i procent?		ca 0,5
Om spacklet innehåller kasein, hur kontrolleras eventuella föroreningar/bakterier?		kontroll av tillsatsmedlet
Avger spacklet ammoniak?	nej	små mängder
Tål spacklet 100% relativ fuktighet?	ja	ja
Tål spacklet 100% relativ fuktighet utan att avge ammoniak?	ja	nej
Viktiga regler för användning (t ex max skiktjocklek)	minimum 10 mm. Ingen maximal skiktjocklek	max skiktjocklek 10 mm
Används spacklet tillsammans med primer?	ja	ja
Är primern samtidigt en fuktspärr?	nej	nej
Hindrar spacklet uttorkning av fukt i betongplattan?	nej	nej
Erforderlig uttorkningstid före beläggning av golvmaterial?	3-4 veckor	3-4 veckor
Kan alla golvmaterial läggas på produkten?	ja	ja
Om inte - varför?		
Har skador rapporterats?	ja	nej
Om ja - vilka typer av skador?	ojämna golvytor	sprickbildning i samband med felaktig användning
Lämnar ni några garantier?	ja	ja
Har sammansättningen av spacklet ändrats?	nej	nej
Om ja - varför?		
När?		
Vad anser Ert företag om flytspacklets framtid på byggmarknaden?	goda	goda

Övriga synpunkter?

Namn	Planoroc plus	Planoroc
Tillverkare/leverantör	Partek Finland	Partek Finland
Spacklet finns på marknaden sedan...	1982	1980
Hur många m <sup>2</sup> av spacklet har lagts i Sverige?	50 000 m <sup>2</sup>	1 500 000 m <sup>2</sup>
Sammansättning?	cementbaserat	cementbaserat
Innehåller det kasein?	nej	ja
Andel kasein i procent?		< 0,5
Om spacklet innehåller kasein, hur kontrolleras eventuella föroreningar/bakterier?		kontroll av tillsatsmedlet
Avger spacklet ammoniak?	nej	ja
Tål spacklet 100% relativ fuktighet?	ja	ja
Tål spacklet 100% relativ fuktighet utan att avge ammoniak?	ja	nej
Viktiga regler för användning (t ex max skiktjocklek)	max 20 mm skiktjocklek	max 20 mm skiktjocklek
Används spacklet tillsammans med primer?	ja	ja
Är primern samtidigt en fuktspärr?	nej	nej
Hindrar spacklet uttorkning av fukt i betongplattan?	nej	nej
Erforderlig uttorkningstid före beläggning av golvmaterial?	3-4 veckor	3-4 veckor
Kan alla golvmaterial läggas på produkten?	ja	ja
Om inte - varför?		
Har skador rapporterats?	ja	ja
Om ja - vilka typer av skador?	ojämna golvytor	missfärgning på kork och plast. I vissa fall uppkomst av dålig lukt
Lämnar ni några garantier?	ja	ja
Har sammansättningen av spacklet ändrats?	nej	nej
Om ja - varför?		
När?		
Vad anser Ert företag om flytspacklets framtid på byggmarknaden?	goda	goda pga dess kostnadsbesparande effekt
Övriga synpunkter?		



Utdrag från arbetshandling rörande

RÅ, UNKEN LUKT I NYBYGGDA LOKALER -

UNDERLAG FÖR SEMINARIUM 1984-08-30 PÅ KEMANOBEL

(I underbilagan nämnda bilagor medföljer ej.)

#### 4 TILL UTREDNINGEN RAPPORTERADE FÖRHÅLLANDEN

##### 4.1 Styrkta förhållanden

4.1.1 Jan Hermansson har styrkt ett samband mellan förekomst av lukt och missfärgningar i Dalen. Lukten förekommer endast i de hus där kaseinhaltiga flytspackel (två fabrikat) använts, ej i de hus där anhydritbaserat flytspackel använts. Lukten är av alkoholtyp där missfärgningar av korkplattor förekommer. SP har påvisat förhöjda halter 2-etylhexanol i luften och i matta i en lokal med lukt. I en annan lokal utan lukt med anhydritspackel finns ej förhöjda halter av denna alkohol.

4.1.2 Lukten är inte av den typ som är karakteristisk för mögel (Arne Hyppel, Kenneth Holmberg). Mögellukten har nu identifierats såsom Geosmin (trans-1,10-transdimethyl-trans-9-decalol), se bilaga 1. (= referens /7/ i huvudrapporten, sid 49.)

4.1.3 Maria Risholm har kunnat konstatera att

- a) anrikat extrakt från flytspackel har samma råa, unkna lukt som flytspacklet
- b) lukten från extraktet uppträder efter ca 16 min i GLC med sniffer. Näsor registrerar den men inte instrumentet! Separationen i GLC och sättet för sniffningen tyder på att lukten utgörs av ett enda specifikt ämne, ej av en kombination av ämnen
- c) lukten har konstaterats från två olika flytspackel med kasein, se bilaga 2 och 3, samt i matta från objektet i bilaga 2
- d) lukten inte består av valeraldehyd eller metylmerkaptan, som bildats vid alkalisk hydrolys av kasein, se bilaga 4
- e) lukten inte består av anklagade korta eller längre aminer upp till  $\beta$ -fenyletylamin.

4.1.4 SP har inte funnit alkoholer i förhöjda halter i lokaler med aktuell lukt utan beläggning med innehåll av PVC.

4.1.5 Lukten har ansetts bestå av aminer. Inte i något objekt har sådan halt av aminer i luften konstaterats att den överstiger luktterskeln, där sådan finns angiven. Normalt saknas tröskelvärden för längre aminer. Påvisad halt aminer i luften är på ppb-nivån, nära metodens avläsbarhet. Halten är något högre i två objekt med luktproblem än i två referensobjekt.

Statistiken är otillräcklig för bedömning. I ett objekt uppgår summa korta aminer till 7 ppb. Om en av dem är trimetylamen kan dess luktröskelvärde ha överskridits. Något luktproblem har inte rapporterats från detta objekt. Se bilaga 4 som även redovisar förekomsten av aminer i flytspackel.

#### 4.2 Andra förhållanden

4.2.1 Liknande säkert samband som i 4.1.1 mellan den råa, unkna lukten och något material ingående i golv saknas. Dock uppges att lukten finns i korkplattbelagda delar i Gimo (Arne Hyppel) och parkettbelagt vardagsrum i Tyresö (miljöutredare vid SÖS), i båda fallen objekt med kaseinhaltiga flytspackel.

4.2.2 Monica Lundholm har rapporterat att hon förfogar över odlingsprov med lukt liknande den i objekt med aktuell lukt.

4.2.3 Den råa, unkna lukten har ansetts förekomma i högre halter under vår och höst, åtminstone vid platta på mark. Om detta sammanhänger med fuktförhållanden eller ändrad ventilation kan inte bedömas.

Rev  
841017

4.2.4 Såväl den råa, unkna lukten som alkohollukten förekommer både vid platta på mark och vid mellanbjälklag.

#### 4.3 Komplicerande förhållanden

4.3.1 I golven förekommer flera skikt som kan innehålla kväveföreningar (underifrån räknat):

160 betong med flyttillsatsmedel	ca 120 g/m <sup>2</sup>
primer, vanligen akryldispersion	1-2
10 mm flytspackel m kasein	10 - 20, extremfall 70
10 mm flytspackel m melamin	20
fuktisolering, vanligen PVDC-dispersion	1-2
golvlīm	2-3
jutefilt	?

4.3.2 Golvlīm (tre typer) har påvisats avge ammoniak under extrema förhållanden (kokning i lut). Melaminhaltigt flytspackel avger också ammoniak vid samma extrema förhållanden men endast obetydligt inledningsvis under normala förhållanden. Primers och fuktisoleringar är ej undersökta i detta avseende.

4.3.3 Plastmatta med jutebaksida från ett objekt med luktproblem avger ammoniak vid vätning. Provet togs ut i okt 1983, låg i dåligt tillsluten plastpåse i rumsluft till juni 1984 då observationen gjordes. Tillverkaren har yttrat sig, se bilaga 5.

4.3.4 Normalt förekommer flera olika beläggningar i en lägenhet. Det kan då vara svårt att med näsan bedöma vilket rum som luktar eftersom luften i lägenheten cirkulerar.

4.3.5 Svensk Byggnorm 1975 och 1980 har medfört att man numera bygger väsentligt tätare hus, möjligen med mindre ventilation än tidigare. I två fall, Gällivare och Dalen, har stark kritik riktats mot ventilationsanläggningen och dess skötsel.

4.3.6 Byggnadstakten har ökats successivt under de senaste decennierna. Det finns exempel på två-vånings radhus där bottenplattan gjuts i feb och inflyttning sker i maj. Samma år!

4.3.7 Mikrobiologisk aktivitet på det sätt som presenterats, nämligen genom att vissa klostridier förökar sig och avger illaluktande avfallsprodukter, förefaller f n osannolik. Inga tecken till onormalt hög bakterieförekomst på/i kaseinrikt skikt på flytspackelyta har kunnat konstateras. En annan mikrobiologisk hypotes har framförts: om bakterierna inte delar sig men är aktiva avger de mer avfallsprodukter än om de delar sig. Hypotesen har framförts till berörda.



MIKROORGANISMERS BETYDELSE VID UPPKOMSTEN AV SKADOR  
I BYGGNADER MED FLYTSPACKEL

Sammanfattande rapport 1984

Fil dr Monica Lundholm  
Professor Gunnar Laurell  
Institutionen för Klinisk Bakteriologi  
Uppsala Universitet

Denna rapport ingår som en delrapport till BFR-projektet  
Skador i golv.

## INNEHÅLL

	Sid
FÖRORD	1
SAMMANFATTNING	2
INTRODUKTION	3
MATERIAL OCH METODER	5
RESULTAT	9
DISKUSSION	12
TABELL I - VI	15 - 20
REFERENSER	21
ORDFÖRKLARINGAR	22



## FÖRORD

Denna sammanställning grundar sig på på följande delrapporter rörande bakteriernas betydelse för uppkomsten av golvsador.

	Sidor	Se bilaga
I. Bakteriologisk undersökning av golvspackel.	20	1
II. Bakteriologisk kvantitering av golvspackel-massa från Gällivare kommun.	4	2
III. Bakteriologisk kvantitering av golvspackel insänt av Wicanders Korkfabriker, Älvängen.	4	3
IV. Bakteriologisk kvantitering av tillsatsmedel till betong, grus och cement samt betong innehållande tillsatsmedel.	7	4
V. Preliminär slutrapport rörande vad som framkommit i undersökningen över sambandet mellan förekomsten av bakterier i golv med skador och luktproblem i nybyggda hus.	18	5
VI. Bakteriologisk undersökning av golvmaterial från Gimo och Kabi.	11	6
VII. Bakteriologisk undersökning av golvmaterial från Kista.	2	7
VIII. Spackelsjukan - myt och verklighet, publ. Läkartidningen <u>80</u> , 2805-2806 (1983).	2	8
IX. Kvantitativ mikrobiologisk analys av kork- plast-plattor från rum med skador.	7	9
X. Microorganisms related to damaged buildings containing self-levelling cement. To be presented at The 3rd International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Stockholm August 20-24, 1984.	6	10
XI. Periodiska bakteriologiska och kemiska analyser av flytspackel initialt infekterat med bakterier.		11

## SAMMANFATTNING

I nybyggda hus med golvbeläggning lagd på flytspackel har problem med lukt, missfärgningar, kantresningar m.m. kunnat konstateras. Dålig lukt som förekommit har satts i samband med symptom som huvudvärk, trötthet, ögonirritationer m.m. hos de boende. För att undersöka om mikroorganismer, främst bakterier, kan medverka till uppkomsten av skadorna har kvantitativa bakteriologiska odlingar utförts av obegagnat spackelpulver, samt av spackel, betong och golvmatta från golv med och utan skador.

$10^2$  cfu/g material (medianmedelvärde) har isolerats ur samtliga material. I enstaka fall har högre antal konstaterats ( $\geq 10^4$  cfu/g). De bakteriearter som isolerats ur de här undersökta materialen har varit aeroba (*Bacillus*) och anaeroba (*Clostridium*) stavar samt bakterier vilka ingår i den normara hudfloran såsom Mikrokokker och Propionibakterier. Ingen art har dominerat proven från skadade hus.

Laboratorieförsök har visat att *Clostridium* och *Bacillus* kan överleva det höga pH som uppkommer vid tillblandningen av flytspackel. En viss tendens till förökning har också kunnat visas i långtidförsök.

Det är ännu inte helt klarlagt vad som orsakar skadorna i nybyggda hus. Möjligen finns det flera typer av skador med olika förklaringar. De här redovisade undersökningarna har hittills inte visat att bakterier spelar någon övergripande roll vid uppkomsten av olika typer av dålig lukt och andra skador i nybyggda hus med flytspackel.

## INTRODUKTION

I nybyggda hus har problem som lukt, missfärgningar, kantresningar och blåsor på golv kunnat konstateras. Det har oftast rört sig om golvbeläggning lagd på flytspackel, men skador har i vissa fall även uppstått på andra underlag. Flytspackel lanserades hösten 1977 i Sverige och innebar ett stort framsteg, då det kunde hållas ut på ett grovarbetet betonggolv och gav ett plant och bra underlag utan andra åtgärder. Den tidigare dammande slipningen blev därigenom onödig.

Mängden golvsador är inte så stor i förhållande till antal kvm lagda golv men är trots detta ett betydande tekniskt och ekonomiskt problem för byggbranschen. Förutom golvsadorna, som förorsakar stora kostnader vid åtgärdandet, har dessutom dålig lukt förekommit som påståtts kunna ge besvär som huvudvärk, trötthet, ögonirritationer m.m. hos de boende (sanitär olägenhet).

Flera förklaringar till uppkomsten av sadorna har lagts fram. Gemensamt är att alla är relaterade till vissa typer av flytspackel, som innehåller proteiner såsom kasein för att få rätt viskositet. En förklaring skulle kunna vara kemiska processer i golvspacklet. Flytspackel kan i vissa fall avge betydande mängder ammoniak, som kan ge en del av de observerade sadorna. Från golvmaterial som innehåller mjukgörare (ftalater) frigörs under vissa förhållanden en illaluktande flyktig gas, 2-etyl-1-hexanol, som också har påvisats i rum med luktande golv, ibland i så höga koncentrationer att luktröskeln överstigs (Stridh). Någon gemensam kemisk förklaring till alla golvsador har dock ännu inte gått att finna.

En annan förklaring till golvsadorna är att mikroorganismer skulle kunna tillväxa i spackelskiktet under golvbeläggningen med en sekundär bildning av ämnen som förorsakar de nämnda sadorna och luktolägenheterna. För att mikroorganismer skall kunna växa till och bilda produkter som kan ge upphov till skador krävs vissa näringsämnen. Kasein, som finns i vissa spackel, eller andra proteiner, skulle kunna utgöra ett sådant näringsämne. Bakterier, särskilt vissa Clostridium-arter, har odlats fram ur spackel och spelat en framträdande roll, när det gällt diskussionen om orsaken till de uppkomna sadorna.

För att undersöka om mikroorganismer, främst bakterier, spelar någon framträdande roll i uppkomsten av skador på golv har följande bakteriologiska undersökningar utförts på uppdrag av enskilda fabrikanter, kommunala myndigheter och byggforskningsrådet:

1. Kvantitativa bakteriologiska odlingar av obegagnat spackelpulver för att bedöma mängd och förekomst av olika mikroorganismer (laboratorieförsök).
2. Kvantitativa bakteriologiska odlingar av spackel, betong och golvmatta taget från skadade golv (fältmaterial).

3. Kvantitativa bakteriologiska odlingar av spackel, betong och golvmatta taget från icke skadade golv (fältmaterial).
4. Kvantitativa bakteriologiska odlingar av tillsatsmedel till betong, grus och cement samt betong innehållande tillsatsmedel.
5. Typning och epidemiologisk kartläggning av bakterier, främst sporbildande aeroba (Bacillus) och anaeroba (Clostridium) stavar.
6. Experimentella studier av överlevnad och eventuell tillväxt av från spackelpulver isolerade bakterier vid höga pH-värden.
7. Experimentella försök avsedda att kartlägga olika mikroorganismers möjligheter att överleva och eventuellt föröka sig i hårdnat spackel.
8. Bestämning av nedbrytningsprodukter från experimentellt infekterade spackel under varierade betingelser.

Material har erhållits från följande uppdragsgivare:

ABS Allmän Byggnadsservice; KTH Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm; Wicanders Korkfabriker AB, Älvängen; Gällivare Kommun; BFR Byggforskningsrådet samt egen provtagning (tabell I).

## MATERIAL OCH METODER

- 1) Definition. Anaeroba bakterier växer enbart i anaerob (syrefri) miljö på specialsubstrat (t.ex. J-agar). Aeroba bakterier (fakultativt anaeroba) växer aerobt och även anaerobt men kräver ej denna miljö för tillväxt. Obligat anaeroba bakterier kan inte använda  $O_2$  som väteacceptor i andningskedjan men dör inte på grund av närvaro av  $O_2$ .

Strikt anaeroba bakterier tål inte närvaro av  $O_2$  och inhiberas eller dör av även mycket låga  $O_2$ -koncentrationer (Gottschalk, 1979).

- 2) Bakteriologisk odlingsmetodik. Alla mikrobiologiska kvantifieringar av undersökta material har utförts såväl aerobt som anaerobt. Preliminärt har även förekomsten av svamp undersökts. Preliminära försök visade att det inte var nödvändigt att använda helt syrefri miljö (s.k. anaerob box) för utodling av i detta material förekommande bakterier. Det rör sig här om aeroba och obligat anaeroba bakterier (se definition). Laboratorieförsöken har dock delvis utförts i anaerob box. Odlingstemperaturen har varit  $37^{\circ}$  samt dessutom oftast  $22^{\circ}$  för bakterier och  $26^{\circ}$  för svamp.

- 3) Odlingsmedier. Thioglycolatbuljong användes som skak- och spädningssväska samt anrikningbuljong. Provet odlades på blodagar (aerobt  $+37^{\circ}$ ,  $+22^{\circ}$ ) samt J-agar (anaerobt  $+37^{\circ}$  samt dessutom oftast  $+22^{\circ}$ ), ett specialsubstrat för krävande anaeroba bakterier. Tryptone Soy Broth (Oxoid L II) inkuberades  $+22^{\circ}$  aerobt respektive anaerobt. Plattorna avlästes efter 5 dygn, inkuberades ytterligare 5 dygn innan de slutavlästes. Thioglycolatbuljongen inkuberades och spreds efter 10 och 20 dygn.

Antal kolonibildande enheter (cfu) per platta räknades och antalet cfu/g material beräknades (respektive per  $cm^2$  golvmatta).

- 4) Bakterietypningar. Typningarna av de anaeroba bakterierna följer Virginia Polytechnic Institute Anaerobe Laboratory Manual (Holdeman et al., 1977) och har utförts med gaskromatografi och biokemiska tester.

De aeroba bakterierna har typats enligt gängse biokemiska tester i huvudsak enligt Cowan and Steel (Cowan, 1979) och Topley and Wilson (Wilson and Miles, 1975) m.fl. (Barjac et Bonnefoi, 1972, Barjac et Cosmao-Dumanoir, 1975). Jämförande biokemiska och enzymatiska tester har dessutom utförts på isolerade grampositiva stavar.

- 5) Kvantitativ odling av torrt spackelpulver. 0.5 - 5 g torrt spackel ympades i 10 ml thioglycolatbuljong, ett specialsubstrat för anaeroba bakterier och även lämpligt för aeroba bakterier. 0.1 och 0.5 ml buljong ströks ut direkt efter en försiktig omskakning av buljongen på J-agar (för anaeroba bakterier), blodagar (för aeroba bakterier) samt på Sabouraud-agar (för svamp). Vid de senare odlingarna skakades röret en minut med hjälp av en Vortexskak. Efter 15 min skakades röret igen, varefter 0.1 och 0.5 ml utodlades på agar.
- 6) Undersökta spackelpulver. Tre olika typer av spackelpulver levererade från ABS undersöktes, SUM (5 prov), Cementa Planoroc (5 prov) samt ABS 143 (9 prov). Dessutom hämtades torrt spackelpulver från olika byggplatser runt Uppsala, 8 olika prover (ABS 120, 140, 143 samt finspackel). Två eller flera kvantiteringar utfördes av varje spackelprov.
- 7) Kvantitativ odling av begagnat golvspackel och betong. Golvspackel och betong sönderdelades i en steril mortel ner till ca strösockerstorlek. 1 - 4 g söndermalt spackel alternativt betong slammades i 10 ml thioglycolatbuljong. 0.1 ml och 0.5 ml av buljongen spreds ut med glastrackla över agarytan på respektive medium. Buljongröret inkuberades tillsammans med plattorna och utodlades efter 10 respektive 20 dygn.
- 8) Provtagning av borrhärnor ur golv i Vallonskolan, Gimo. Provtagningsfältet avmaskerades med oanvänd byggplast. Fältet rengjordes med Vimlösning och tvättades med M-sprit (70 %). Verktygen rengjordes med M-sprit. Vattenkylda verktyg genomspolades med kylvattnet. Prov togs från ytan med tryckplatta (s.k. Rodacplatta) innehållande medium för svamp respektive bakterier för att kontrollera att rengöring och desinfektion av ytan varit tillfredsställande. Borrhärnan bröts bort med sprittvättad mejsel. Engångshandskar (fabriksrena) användes genomgående och byttes mellan varje provtagningsfält. Provet lades i nya plastpåsar och märktes, transporterades snarast till laboratoriet och förvarades vid -20<sup>o</sup>.
- 9) Sönderdelning av borrhärnor. Endast sterila instrument användes. Arbetet utfördes på ren plats för att undvika kontaminering av mikroorganismer från miljön. Golvmatteytan trycks mot respektive agar för kontroll av kontaminerande flora. Borrhärnan sönderdelas i de olika lagren a) golvmatta, b) golvspackel, c) betong och om möjligt d) lim. Varje del av borrhärnan samlas upp i en plastpåse av samma typ som beskrivits ovan.
- 10) Kvantitativ odling av golvmatta från skadade golv. Golv mattans yta uppmättes, mattan tvättades med en speciell tvättmaskin, s.k. Stomacher, (Sharpe and Jackson, 1972) 5 min i 30 ml thioglycolatbuljong. Prov från buljongen utodlades på J-agar, blodagar samt Sabouraudagar. Plattor och buljong inkuberades som beskrivet för spackel.



- 11) Undersökta skadeområden. Hårdnat spackel och golvmattor från skadade golv i Gällivare och Udåkra undersöktes med avseende på förekomst av bakterier. Provmaterial (golvspackel och golvmatta) från två våningar i Dalenområdet, Stockholm, analyserades på samma sätt. Våning B (Dalen) hade skador på ekparketten (svaga missfärgningar) samt luktproblem. Spackel, golvmatta, betong samt i vissa fall lim undersöktes från skadade och icke skadade rum i Vallonskolan, Gimo, och Kabi, Stockholm. Dessutom undersöktes golvspackel från rum utan skador (Vallonskolan, våning A, Dalen, Kabi) som kontrollmateriel på normalt förekommande mikrobiologisk flora. Proverna är tagna och insända av ABS, KTH, Gällivare kommun, BFR och egen provtagning.
- 12) Bakteriologisk odling från hårdnat golvspackel. Laboratorieförsök. Torrt spackelpulver slammades i sterilt vatten enligt anvisningar från fabrikanten. Flytspacklet göts ut i sterila petriskålar och fick stelna minst ett dygn. Därefter göts ett J-agarsskikt över spackelytan. Plattorna inkuberades anaerobt, och prov togs efter ca två dygn, en, två och tre veckor. Provtagningen skedde genom att en agarbit, ca 1 cm<sup>2</sup>, skars ut, vändes och ströks ut över en ny J-agarplatta samt en blodplatta. Dessa inkuberades minst en vecka. Tre prov från respektive spackeltyp undersöktes (SUM, Cementa planoroc, ABS 143).
- 13) Överlevnad av bakterier på golvspackel. Fem olika ur spackel isolerade klostridiestammar (C. sporogenes, C. butyricum) slammades i thiobuljong. 2 ml av cellsuspensionen ympades direkt på det hårdnade golvspacklet (ABS 143<sub>0</sub> och Cementa Planoroc). Bakteriekoncentrationen var ca 10<sup>7</sup>/ml utom för en C. butyricumstam (10<sup>5</sup>/ml). En golvmatta (korkoplast eller linoleum) lades på, dock utan limning. Spackelplattorna inkuberades +37<sup>0</sup> anaerobt. Provtagning skedde med fuktad bomullspinne. Prov togs efter en, två och tre veckor.
- I ett senare försök användes fyra clostridiearter sam en Bacillus-stam, samtliga isolat ur golvspackel (C. sporogenes, C. butyricum, C. sp.). Bakterierna slammades i 0.9 % NaCl<sup>6</sup> eller i 4 % kaseinlösning till en koncentration av ca 10<sup>6</sup> bakt/ml. 3 ml ympades på varje spackelplatta (14 cm petriskålar med hårdnat golvspackel). Bakteriesuspensionen av C. sporogenes och C. butyricum bestod till största delen av sporer. En kontrollplatta ympades med steril kaseinlösning. Korkmatta limrades på ca 2/3 av ytan. Provtagningen skedde med fuktad bomullspinne bredvid mattan och även under den lossade mattan. Spackelplattorna förvarades anaerobt +22<sup>0</sup>. Agarplattorna från provtagningen inkuberades +37<sup>0</sup> anaerobt.
- 14) Tillväxt av ur spackel isolerade bakterier vid förhöjda pH. C. sporogenes, C. butyricum samt en Bacillusart, samtliga isolat ur torrt spackel samt en C. sporogenes, typtam ATCC, ympades i thiobuljong och kaseinlösning vid olika pH samt i en ren tris- och karbonatbuffert.

Thiobuljong buffrades med trisbuffert och karbonatbuffert till pH 8.2 och 9.5. 4 % kaseinlösning späddes och buffrades till pH 9.5 och 10.5 med karbonatbuffert. Inokulatet kvantiterades genom spädning i färsk BHI-buljong. 0.1 ml av spädningsarna ströks ut på J-agar som inkuberades i +37<sup>o</sup> i minst två dygn, innan bakteriekolonierna räknades. Preliminära försök visade att det inte var nödvändigt att utföra kvantiteringarna i syrefri miljö. Antalet sporer i förhållande till vegetativa celler kvantiterades på inokulaten genom Gramfärgning. De inokulerade buljong- och buffertlösningarna som inkuberades anaerobt +37<sup>o</sup> kvantiterades efter ett, två, tre dygn samt efter en, två, tre och fyra veckor.

- 15) Överlevnad av ur spackel isolerade bakterier vid förhöjda pH.  
Fyra clostridieisolat ur spackel (*C. sporogenes*, *C. butyricum*) ympades i karbonatbuffert, pH ca 10.5, samt i karbonatbuffert med kaseinlösning 0.1 % och 0.5 % (pH ca 10.5). Inokulaten kvantiterades genom spädning i färsk BHI-buljong. Buffertlösningarna kvantiterades efter en, två, fem och sju dagar och efter två, fyra veckor och två månader. Buffertlösningarna inkuberades anaerobt eller aerobt +22<sup>o</sup>, pH mättes efter ca en vecka inkubering.
- 16) Analys av korta organiska fettsyror i spackelpulver och använt spackel.  
Spacklet maldes sönder i en steril mortel. 2 g slammades i 8 ml sterilt vatten, varefter lösningen surgjordes med 50 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> till pH 1-2. 0.4 g NaCl tillsattes per ml lösning. Röret skakades i Vortexskak 3 x 5 sek. Lösningen extraherades med eter och eterfasen analyserades på Gas Liquid Chromatography (GLC), (Perkin-Elmer Sigma 3 B, 2 m kolonn 5 % FFAP on Chromosorb. G. 80-100 mesh).
- 17) Bakteriestammars, isolerade ur spackel, förmåga att utnyttja icke-hydrolyserat kasein som näringskälla.  
Isolat av *Clostridium* och *Bacillus* från spackelpulver och från golv med och utan skador har undersökts med avseende på förmåga att hydrolysera kasein av den typ som ingår i golvspackel. Agarplattor med 4 % kasein (Allmän Byggnadsservice, ABS) i en minerallösning (NaNO<sub>3</sub> 2.0 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1.0 g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.4 g, KCl 0.5 g, FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O 0.01<sup>2</sup>g, pH 7.2-7.5) ympades med 40 olika isolat. Tillväxt och hydrolys i form av upplärning runt bakteriekolonierna noterades.

## RESULTAT

1) Kvantitativa bakteriologiska odlingar av obegagnat spackelpulver.

Förekomsten av bakterier i torrt spackelpulver redovisas i tabell II. Samtliga undersökta åtta typer av spackel innehöll ca  $10^2$  cfu/g material (medianvärde), dock ej alltid i samtliga odlingar. I sju av 41 undersökta prov kunde bakterier inte påvisas med den här beskrivna metodiken. I två prov (ABS samt ett omärkt prov, båda tagna på byggplatser runt Uppsala) har högre värden  $\geq 10^4$  cfu/g konstaterats. Bakteriefloren i dessa två prov dominerades av aeroba bakterier.

Bakterierna var i huvudsak aeroba (*Bacillus*) och anaeroba (*Clostridium*) sporbildande Grampositiva stavar. I de flesta prov förekom dessutom diverse hudbakterier såsom Mikrokokker och Propionibakterier (tabell III).

2) Kvantitativa bakteriologiska odlingar av spackel, betong och golvmatta från skadade och icke skadade golv.

Förekomsten av bakterier i spackel, betong och golvmatta redovisas i tabell II. I 45 av 62 undersökta prov av spackel från skadade golv kunde bakterier påvisas. Spackelproven innehöll i medeltal  $10^2$  cfu bakt/g (medianvärde). Tre prov från skadade golv innehöll  $>10$  cfu/g (Gällivare, Gimo samt ett prov av okänt ursprung, i huvudsak Mikrokokker och *Bacillus*). Bakterierna var aeroba (*Bacillus*) sporbildande stavar, Mikrokokker och Propionibakterier (tabell III). I ett fall isolerades dessutom anaeroba (*Clostridium*) sporbildande stavar (Gällivare). Mögelsvampar såsom *Streptomyces*, *Aspergillus* och *Penicillium* kunde också isoleras ur golvspackel i låga tal.

I prov från oskadade golv ankomna till laboratoriet före 1 maj 1984 kunde bakterier ej påvisas i 4 av 7 prov. Medianvärdet var  $10^2$  cfu/g material. Bakteriearterna tillhörde samma species som i prov från skadade hus (tabell III).

3) Kvantitativa bakteriologiska undersökningar av betong från hus med och utan skador.

I 16 av 20 prov från skadade golv samt i 4 av 6 prov från oskadade golv kunde bakterier påvisas. Proven är tagna i två olika skadeområden (Gimo och Kabi) med luktproblem (medianvärde  $10^2$  cfu/g, tabell II). Bakterierna tillhörde Mikrokokker, *Bacillus*, Propionibakterier. Dessutom isolerades bl.a. mögelsvamparna *Penicillium* sp., *Cladosporium* sp. samt *Pullularia* sp. (tabell IV).

- 4) Kvantitativa bakteriologiska odlingar av tillsatsmedel, vars kemiska sammansättning ej är känd, till betong, grus och cement samt betong innehållande tillsatsmedel.

se delrapport 4.

Antalet mikroorganismer i grus ( $>10^5$  cfu/g) är vad man normalt finner i denna typ av material. Cementen innehöll låga tal av bakterier. Tillsatsmedlen innehöll höga tal mikroorganismer av en varierad artflora ( $10^2$  upp till  $5 \times 10^7$  cfu/ml). Detta är ofta fallet med icke sterila lösningar, som innehåller näringsämnen för mikroorganismer, då vissa arter har mycket låga näringskrav. Betongkropparna innehöll mycket låga tal mikroorganismer ( $2 \times 10 - 10^3$  cfu/g material).

- 5) Bakterietypningar.

De i texten nämnda Mikrokokerna är Grampositiva aeroba eller fakultativt anaeroba kocker tillhörande familjen Micrococaceae, som består av tre familjer, Micrococcus, Staphylococcus och Planococcus. Dessa bakterier är vanliga i jord och vatten, flera av dem ingår dessutom som normalflora i huden hos människa och djur (Noble and Sommerville, 1974).

20 stammar isolerade från golvmaterial vid Kabi, Stockholm, typades närmare. Av dessa var 16 st Micrococcus, 2 st S. aureus samt 2 st S. albus. Samtliga Staphylococcus isolerades från spacklet i ett rum med lukt. Det kan dock vara fråga om en provtagningsförorening från hudfloran på provtagaren. Även Micrococcus isolerades från detta spackel. Micrococcus isolerades både från rum med lukt och rum utan luktproblem.

Resultaten från typning av Propionibakterier isolerade från spackel, betong och golvmatta i rum med och utan lukt vid Kabi, Stockholm, redovisas i tabell V. De isolerade stammarna tillhörde alla P. acnes typ I och II. Dessa typer är vanliga föroreningar från huden i blododlingar. Propionibakterier är anaeroba eller mikroaerofila Grampositiva icke-sporbildande stavar. De kan isoleras från mjölk och ost och ingår i den normala hudfloran hos människor och djur. De isoleras ofta i blododlingar, där de förekommer som provtagningsförorening från huden. Dessa isolat är av samma typer som de som isolerades från golvmaterial (tabell V).

Bacillusarterna tillhörde bl.a. B. licheniformis, B. circulans och B. sphaericus. Klostridierna tillhörde bl.a. C. sporogenes, C. butyricum och C. beijerinckii.

Ingen bakterieart tycktes dominera, utan isolaten är vanligen en blandning av i miljön förekommande arter.

- 6) Studier av överlevnad och eventuell tillväxt av från spackelprov isolerade bakterier vid höga pH-värden.

Resultaten av mikroorganismers överlevnadsmöjligheter och eventuella tillväxt i hårdnat spackel redovisas i bilaga 1 (delrapport I). Från två av tre undersökta spackeltyper kunde Bacillus isoleras från ytan av det hårdnade spacklet. Inga Clostridium kunde däremot isoleras. Försöket visar att bakterier och/eller deras sporer kan överleva pH-förhöjningen vid flytspackeltillverkningen. I dessa försök tillfördes speciell näringsagar. Experimentella försök med ympning av Clostridium och Bacillus på hårdnat spackel gav till resultat att bägge bakterieslagen kunde överleva i den miljön med högt pH i veckor upp till månader.

- 7) Analys av korta organiska fettsyror i spackel.

Resultaten från analys av korta fettsyror i spackelpulver och spackel från hus med luktskador samt från spackel gjutet i laboratoriet med och utan tillsatta bakterier, som fått stå i ca 6 månader, redovisas i tabell VI. Från torrt spackelpulver kunde inga fettsyror isoleras med den här använda metodiken. Från samtliga övriga prov av hårdnat spackel fanns ättiksyra, i de flesta dessutom små mängder av propionsyra, smörsyra, valeriansyra och/eller kapronsyra. I vissa fall var mängderna mycket låga och låg nära detektionsgränsen. Ättiksyran förekom i höga koncentrationer och kan inte betraktas som förorening.

- 8) Clostridium och Bacillus förmåga att utnyttja och hydrolysera kasein.

De flesta miljöisolat från spackelpulver och begagnat spackel kunde växa på ett mineralmedium med kasein som enda kolkälla. Kaseinet var av samma ohydrolyserade typ som används i spackel. Ungefär hälften av stammarna som växte visade genom en uppkläring i mediet att de hydrolyserade kaseinet till korta lättlösliga molekyler.

- 9) Experimentella försök avsedda att kartlägga olika mikroorganismers möjligheter att överleva och eventuellt föröka sig i hårdnat spackel.

Resultaten kommer att redovisas i en egen rapport (se bilaga 11 då försöken ännu ej är avslutade).

- 10) Bestämning av nedbrytningsprodukter från experimentellt infekterade spackel under varierade betingelser.

Resultaten kommer att redovisas i en egen rapport (se bilaga 11 då försöken ännu ej är avslutade).



## DISKUSSION

De olika golvsador som har uppkommit i nybyggda hus med flytspackel har måhända olika ursprung. Flera förklaringar har diskuterats. Flytspackel kan i vissa fall avge betydande mängder ammoniak, som kan ge en del av de observerade skadorna. Laboratorieförsök har visat att  $\text{NH}_3$  ger en svärtning av ekparkett och kork-o-plast, troligen beroende på reaktioner med garvsyran i golvmaterialet.

Det har också visats att golvmaterial som innehåller mjukgörare (ftalater) under vissa förhållanden kan avge en flyktig illaluktande gas, 2-etyl-1-hexanol. Denna har påvisats i rum med golvsador i mängder som ligger under luktröskeln. 2-etyl-1-hexanol är dock inte i dessa koncentrationer humantoxisk (Food and Cosmetics toxicology, 1979), den används bl.a. inom kosmetikaindustrin till tvål och parfym (Food and Cosmetics toxicology, 1979).

En annan förklaring skulle kunna vara att mikroorganismer bryter ner vissa ämnen i golvspacklet, främst kaseinet, till produkter som sedan sekundärt skulle orsaka skadorna och luktolägenheterna. För att mikroorganismer skall kunna göra detta krävs tillgång till näringsämnen. Kasein, som ingår i vissa spackel, har visat sig vara tillräckligt som enda näringskälla för ett stort antal av de mikroorganismer (Grampositiva aeroba och anaeroba stavar), som isolerats ur spackelpulver och golvmaterial från skadade och icke skadade golv. Detta är dock inte liktydigt med att de är orsaken till skadorna. Bakteriantalet i torrt spackelpulver, prov från skadade och icke skadade golv ligger i medeltal (median medelvärde) på  $10^2$  cfu/g material, vilket är ett mycket lågt antal i material som behandlas under icke aseptiska förhållanden. Det har inte kunnat visas på någon skillnad i antal bakterier i prov på skadade golv och kontrollproven, dvs. från rum som inte visar någon synlig skada eller dålig lukt. Antalet kontrollprov är dock ännu mycket lågt på grund av svårigheter att få fram dessa. Antalet prov bland kontroller, där det inte isolerats bakterier med den här använda metodiken (4 av 7), är dock större än bland prov från skadade golv (17 av 62). Om detta är en signifikant skillnad, vilket skulle tyda på att det skulle kunna ske en viss förökning av bakterier, kan dock inte bedömas med hänsyn till det låga antalet kontrollprov. Av intresse är att icke heller i kontrollproven har Clostridium kunnat isoleras.

Mögelförekomsten har varit mycket låg i spackel- och betongproverna. Högre värden förekom i kork-o-plastplattor både i skadeområdet och mitt i plattorna (se delrapport IX). Det är troligen i korkbarken naturligen förekommande mögel som här odlats fram.

Proverna från tillsatsmedel och grus som används till betong visade sig innehålla höga tal mikroorganismer. Detta är vad man förväntar sig finna i material som hämtas ute i naturen eller i icke sterila lösningar som för stå länge. Vissa mikroorganismer har mycket låga näringskrav och kan till och med växa i "rent vatten".



Vid tillblandning och gjutning av betongen minskade antalet bakterier mycket markant ner till de nivåer (ca  $10^2$  cfu/g) som man återfinner i golvmaterial.

I betong och tillblandat flytspackel blir pH högt (>12). Detta är ogynnsamt för bakterieöverlevnad och tillväxt. Icke sporbildande bakterier, såsom de som isolerades ur tillsatsmedel, överlever sällan pH 12 i någon större utsträckning. Detta torde också vara anledningen till minskningen av antalet bakterier vid betongtillblandningen.

De bakterier som isolerats ur de här undersökta materialen har huvudsakligen varit aeroba och anaeroba stavbakterier (Clostridium och Bacillus) samt bakterier, vilka ingår i den normala hudfloran såsom Propionibakterier och Mikrokokker (Noble and Somerville, 1974). Ingen art har hittills visat sig dominera i skadade golvmaterial. Clostridium isolerades ur de flesta spackelpulver men i prov från golvspackel i hus med och utan skador dominerade Bacillus. Clostridium och Bacillus återfinns normalt i miljöfloran. Clostridium är obligat anaeroba bakterier (Gottschalk, 1979) men är inte speciellt syrekänsliga (Balows, 1981) och kan överleva länge i luft. Risken att inte kunna isolera Clostridium från det analyserade materialet med den här använda provtagnings- och odlingsmetodiken är negligierbar. Ingen av de mycket få patogena arter som ingår i dessa släkter har isolerats ur spackel. Det finns inte heller några som helst belägg för att mikroorganismer i golvmaterial skulle orsaka någon infektion hos personer som vistas i miljön.

Laboratorieförsök har visat att både Clostridium och Bacillus-arter kan överleva ovanligt höga pH, troligen i sporform. Dessa bakterier har också visat sig kunna överleva flera månader i hårdnat flytspackel efter en initial avdödningsfas.

En viss tendens till förökning har också kunnat visas i pågående långtidsförsök med spackel inokulerat med kända bakterier. Det är ännu för tidigt att kunna uttala sig om tillökningen kan ske till nivåer där man kan räkna med att den är av någon betydelse för nedbrytningen av kaseinet i spackel. Det är heller inte känt om i så fall nedbrytningen sker till ämnen, som anses spela en roll för de uppkomna skadorna och luktproblemen. Redan under hösten 1984 hoppas vi dock i samarbete med docent Mathiasson vid Kemitekniska institutet i Lund ha bättre förståelse för dessa problem. Långtidsförsöken med sterilt och reinfekterat spackel har också preliminärt visat en skillnad mellan spackel innehållande kasein, och spackel innehållande melaminhartser. Avdödningsen av bakterierna var snabbare i det melaminhartshaltiga spacklet och någon ökning av bakterieantalet har ännu inte kunnat visas. Försöken är dock ännu inte avslutade.

Det har påståtts att aminer, bildade av bakterier främst Clostridium, som vuxit i spacklet, skulle kunna vara en av anledningarna till den dåliga lukten. Aminer i höga koncentrationer (5-100 ppm) kan ge symptom som huvudvärk, trötthet, irritationer i ögon och näslemhinna (Järvholm, 1982). Det har också visats att hårdnat spackel från skadade golv innehåller små mängder korta organiska fettsyror. Dessa syror har inte kunnat påvisas i torrt spackelpulver eller nytillblandat spackel. Om dessa fettsyror uppkommit

på kemisk väg eller på grund av bakteriell nedbrytning av kasein eller andra proteiner i spacklet kan inte anses klarlagt. En bakteriell nedbrytning i sådan omfattning att luktproblem uppkommer förutsätter en väsentlig metabolisk aktivitet. Man väntar sig också en regelmässig och relativt hög förekomst av sådana bakterier som kan bryta ner protein till fettsyror och aminer i skadade golv. I icke skadade golv bör dessa bakterier däremot inte förekomma eller förekomma enbart i små mängder. Vid de här utförda undersökningarna har inte någon sådan signifikant skillnad konstaterats.

Uppkomsten av de iakttagna fettsyror och aminerna är oklar. På grund av den alkaliska miljön i spacklet kommer merparten av fettsyror att föreligga som icke flyktiga salter. Det är föga troligt att de kan finnas i rumsluften i sådana mängder att de kan ge upphov till de observerade symptomen hos de boende. De mängder flyktiga aminer som man hittills kunnat finna i rumsluft ligger på ppb-nivå, vilket är under de värden som arbetarskyddstyrelsen rekommenderat för arbetsmiljöer.

För att undersöka om den preliminärt visade tendensen till förökning av bakterier tillsatta till sterilt spackel har betydelse för nedbrytning av kasein och för uppkomsten av fettsyror och aminer pågår långsiktiga försök. Skadorna i nybyggda hus uppträder ofta inte förrän efter ett år eller mer. För att inom rimlig tid kunna få resultat av undersökningen försöker man på olika sätt att i laboratorieförsök påskynda processerna.

Tabell I: Bakteriologiska undersökningar utförda på torrt spackelpulver, begagnat golvspackel/betong och golvmatta.

Undersökta material	Uppdragsgivare	Redovisat i delrapport
<u>Torrt spackelpulver:</u>		
ABS 143	ABS	1
Cementa Planoroc	ABS	1
SUM	ABS	1
ABS 120, 140, 143	egen provtagning	1
finspackel	egen provtagning	1
<u>Golvspackel, begagnat:</u>		
Gällivare	ABS	1
Gällivare	Gällivare Kommun	2
Ödåkra	ABS, KTH	1
Kista	BFR	7
Kabi	BFR, egen provtagning	6
Gimo	BFR	6
XX	Wicanders Korkfabriker	3
<u>Betong:</u>		
Gimo	BFR	6
Kabi	BFR, egen provtagning	6
<u>Golvmatta:</u>		
Gällivare	ABS	1
Ödåkra	ABS	1
Dalen, Stockholm	egen provtagning	1
Kabi	BFR, egen provtagning	6
Gimo	BFR	6
<u>Tillsatsmedel:</u>		
<u>Grus:</u>	BFR	4
<u>Cement:</u>	BFR	4

XX = spackel av okänt ursprung.

Tabell II: Resultat från samtliga bakteriologiska kvantiteringar av torrt spackelpulver, spackel och betong från skadade och icke skadade golv samt från golvmatta. Proverna är tagna i Gällivare; Ödåkra; Dalenområdet, Stockholm; Vallonskolan, Gimo; Kista; Kabi, Stockholm samt 9 prov av okänt ursprung.

Material	$N_1$	N	X	maxvärde	Antal prov	
					med växt	utan växt
Spackelpulver	8	41	$10^2$	$10^4$	34	7
<u>Spackel:</u>						
Skadade golv	7	62	$10^2$	$\geq 5 \times 10^4$	45	17
Oskadade golv	3	7	$10^2$	$1,7 \times 10^2$	3	4
<u>Betong:</u>						
Skadade golv	2	20	$10^2$	$2,6 \times 10^2$	16	4
Oskadade golv	2	6	$10^2$	$1,3 \times 10^2$	4	2
<u>Golvmatta:</u>						
Skadade golv	5	17	$10^2$	$3,6 \times 10^2$	17	0
Oskadade golv	2	6		$4 \times 10$	5	1

N = antal odlade prov

X = medelvärde (medianvärde)

$N_1$  = antal skadeområden (resp. spackelpulvertyper)

Tabell III: Funna bakteriearter vid odling av torrt spackelpulver samt golvspackel från skadade och icke skadade golv.

---

Material	Område	Clostridium	Bacillus	Mikrokokker	Propionibakterier
Torrt spackel- pulver	1	+	+		+
	2	+	+	+	
	3	+			
	4	+		+	
	5	+			
	6	+	+	+	
	7	+			
	8		+	+	
Golvspackel från skadade golv	1		+	+	+
	2	+	+	+	+
	3				
	4			+	+
	5			+	
	6		+	+	+
	7		+	+	+
Golvspackel från oskadade golv	1		+		
	2				
	3		+	+	+

---

Tabell IV: Funna bakteriearter samt mögelsvampar vid odling av betong från två områden med skadade golv i form av dålig lukt (Kabi och Gimo). Kontrollprov är uttagna i rum utan luktproblem eller andra synliga skador i samma områden. Siffrorna representerar medeltal av två kvantifierade prov.

Område	Prov nr	cfu/g	Propioni- bakterier	Mikro- kocker	Bacillus	Övriga arter
<u>Skadade rum:</u>						
Kabi	1	$1,7 \times 10^2$	+	+	+	
	2	$6,8 \times 10^2$	+	+	+	A. fumigatus, Mögel sp.
	3	$1,4 \times 10^2$	+	+	+	a-strep, jäst, A.fumigatus
	4	$1,2 \times 10^2$	+	+	+	jäst, Mögel sp.
Gimo	46	$2 \times 10$				Penicillum, Pullularia
	39	$2 \times 10$		+	+	Cladosporium
	36	$0,5 \times 10$				Cladosporium
	20	$0,5 \times 10$	+			
	18	$1 \times 10$				Cladosporium
	27	$1 \times 10$		+		
<u>Oskadade rum:</u>						
Kabi	5	$9 \times 10$	+	+	+	A. fumigatus, Streptomyces
Gimo	13	$1 \times 10$			+	
	25	$1 \times 10$				A. fumigatus, A. nidulans



Tabell V: Typning av Propionibakterier från spackel, betong och golvmatta taget i rum med lukt och utan lukt vid Kabi, Stockholm. Propionibakterier isolerade från blododlingar har tagits med som jämförelse.

Material	N	P. acnes I	P. acnes II
Spackel, skadat	7	2	5
oskadat	3	2	1
Betong, skadad	9	2	7
oskadad	3	1	2
Matta, skadad 2	1	1	1
-----			
Totalt skadat	18	5	13
Totalt oskadat	6	3	3
Blododling	19	10	9

Tabell VI: Analys av korta organiska fettsyror i torrt spackelpulver, i spackel från skadade hus samt från i laboratoriet gjutet spackel med och utan tillsats av bakterier (Clostridium). Dubbelprov är utförda i samtliga fall.

Prov	Fettsyror
Torrt spackelpulver ABS	-
Gällivare, skadat golv	HAc, Prop (Smör, Val, Kapron)
Gällivare, skadat golv	HAc, Prop
Gällivare, skadat golv	HAc, Prop
Ödåkra, skadat golv	HAc
Ödåkra, skadat golv	HAc
ABS gjutet spackel, labförsök	HAc (Prop, Smör)
Gjutet spackel, labförsök med bakt	HAc (Smör)
Gjutet spackel, labförsök med bakt	HAc, Prop, Smör, Val, Kapron
Cementa spackel, labförsök med bakt	HAc (Prop, Kapron)

Anm. HAc = ättiksyra, Prop = Propionsyra, Smör = smörsyra,  
Val = valeriansyra, Kapron = kapronsyra.

## REFERENSER

- (1) Balows, A, Hausler, W J Jr (Eds), 1981, Diagnostic Procedures for Bacterial, Mycotic and Parasitic Infections. (American Public Health Association.) Washington D.C.
- (2) Barjac, H, Bonnefoi, A, 1972, Essai de classification biochimique de 64 "Bacillus" de groupes II et III représentant II espèces différentes. (Inst Pasteur.) Ann Inst Pasteur 122, p. 463-473.
- (3) Barjac, H, Cosmao-Dumanoir, V, 1975, Intéret de certains critères biochimique supplémentaires pour la classification des souches de Bacillus. (Inst Pasteur.) Ann Microbiol 126A, p. 83-95.
- (4) Cowan, S T, 1979, Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria. (Cambridge University Press.) 2nd ed. Cambridge.
- (5) Food and Cosmetics Toxicology, 1979. Monographs on fragrance Raw Materials. Special Issue V, 17, p.775-777.
- (6) Golovnya, R V, 1982, Investigation of Organic Bases in the specific Odour of Casein and Coprecipitate during Storage. Die Nahrung, 26, p. 603-613.
- (7) Gottschalk, G, 1979, Bacterial Metabolism. (Springer-Verlag.) New York.
- (8) Holdeman, L V, Cato, E P, Moore, W E C, 1977, Anaerobe Laboratory Manual. (Virginia Polytechnic Institute and State University.) Blacksburg, Va.
- (9) Järvholm, B, 1982, Kriteriedokument för gränsvärden. Aminer. Arbete och hälsa, 30.
- (10) Noble, W C, Sommerville, D A, 1974, Microbiology of Human Skin. (W B Saunders Co.) London.
- (11) Sharpe, A N, Jackson, A K, 1972, Stomaching: a New Concept in Bacteriological Sample Preparation. Appl Microbiol, 24 p. 175-178.
- (12) Wilson, G S, Miles, A A, 1975, Topley and Wilson's Principles of Bacteriology, Virology and Immunity. (Butler and Tanner Ltd.) London.

## ORDFÖRKLARINGAR

Aerob	syrekrävande, mikroorganism som ej kan föröka sig utan tillgång till fritt syre
anaerob	ej syrekrävande, mikroorganism som kan föröka sig utan tillgång till fritt syre, se även definition
anrikningsbuljong	metod att ur material kunna framodla även enstaka mikroorganismer - ej kvantitativ metod
aseptik	utan att förorena (infektera)
cfu	colony forming units, kolonibildande enheter, antal partiklar med förökningsbara mikroorganismer. En partikel ger upphov till en koloni på en agarplatta oavsett om partikeln från början innehåller 1 eller 100 mikroorganismer
detektionsgräns	minsta påvisbara mängd med angiven metodik
fakultativt anaerob	mikroorganism som kan föröka sig både i närvaro och frånvaro av fritt syre
GLC	Gas Liquid Chromatography, analysmetod för små mängder av bl.a. fettsyror och aminer
Gramfärgning	färgningsmetod för bakterier, indelar dessa i två grupper
Gramnegativa bakterier	färgas röda vid Gramfärgning
Grampositiva bakterier	färgas blå vid Gramfärgning
patogen	sjukdomsalstrande
viabel	levande
Vortex-skak	apparat för effektiv blandning av små volymer

## MYKOLOGISKA STUDIER

(Denna bilaga borde ha skrivits av någon sakkunnig. Eftersom man inte har misstänkt att olägenheterna orsakas av svampar o d har författaren tagit sig friheten att redovisa gjorda studier och deras resultat.)

Mykologiska studier har gjorts inom projektet vid flera oberoende institutioner: Statens bakteriologiska laboratorium, Sveriges Lantbruksuniversitet, Klinisk Mikrobiologisk Centrallaboratorium i Uppsala, Institutet för vatten och luftvårdsforskning, Sentralinstitutet för industriell forskning i Blindern, Norge samt Arne Hyppel. Provningarna har karaktären av kontrollprover enär sakkunniga inom mykologi tidigt konstaterade att den här betecknade råa, unkna lukten inte var typisk för mögel-lukt.

Följande handlingar berör mykologiska studier: H9, H27, H66, H70, H93, H101, H107 och H110 (= bilaga 4).

Inte i någon undersökning har man funnit så många svampar att man på ett vetenskapligt sätt kan förklara de uppkomna olägenheterna. Undersökningar har gjorts på undersidor av mattor, på lim, på ovsidan av flytspackel och i pulvriserat spackel.

Studierna har visat att vissa material under för mikroorganismerna gynnsamma omständigheter kan ge upphov till tillväxt. Sådana material har varit kork och jute. I praktiken har dock inte någon tillväxt observerats.

I något fall har man på undersidan av en PVC-matta funnit en art som enligt litteraturen kan tillgodogöra sig näring av sådant material. I det aktuella fallet observerades dock ingen tillväxt.

Viss kritik har riktats mot provningsförfarandet. Kontrollprov har därför gjorts hos kritikern med negativt resultat.

Ett fall av konstaterad svamptillväxt på flytspackel av på senare tid introducerad typ har rapporeterats till utredningen. Fallet är speciellt. Någon utredning har veterligen inte gjorts. Sakkunniga har uppmärksammats på fallet. Denna utredning kan inte befatta sig med mögelfrågor.

De negativa erfarenheterna inom projektet av mikrobiologiska studier av prover uttagna på olika material från objekt med olägenheter utesluter inte att bakterier och svampar kan förekomma i andra objekt. I samband med utredning av skadefall bör även denna aspekt övervägas.

Björn Hellström





# SKADOR I GOLV

Sammanställning av mätresultat  
från försök inom ramen för  
BFR-projekt "Skador i golv"

Statens provningsanstalt  
Kemisk analys

Borås, juni 1984

Denna rapport ingår som en delrapport i BFR-projektet Skador i golv.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Inledning
2. Bakgrund
3. Sammanfattning av laboratorie- och fältundersökningar. Förslag till mekanismer
4. Metoder för provtagning och analys
5. Laborariemätningar
6. Fältmätningar
7. Mekanismer och resultatdiskussion
8. Bedömning
9. Referenser
10. Bilagor

## 1. Inledning

Denna rapport innehåller en sammanfattning av resultat erhållna vid ett stort antal fältundersökningar i lokaler med luktproblem och i några fall med enbart missfärgade golvbeläggningar. Som komplement redovisas även resultat av mätningar av försök utförda på laboratorium med avsikt att reproducera skador påträffade i fält.

Följande personer har i varierande utsträckning deltagit i här redovisat arbete

Birgit Andersson	Lab för kemisk analys
Karin Berglund	
Lars Cedheim	
Ingrid Isaksson	
Per Lindberg	
Karl-Axel Olsson	
Mats Olsson	
Göran Stridh, sammanhållande	
Lars-Henrik Österholm	

Reidar Carlsson	Lab för byggnadsfysik
Ingemar Samuelsson	

Anders Carlsson	Lab för byggnadsteknik
Johnny Kronvall	(Lund)

Huvudparten av arbetet har bedrivits under tiden mars 1982 till januari 1984 vid provningsanstalten, men i enstaka fall har kompletterande analyser utförts vid andra institutioner. Rapporten grundar sig på material som tidigare rapporterats inom BFR-projektet "Skador i golv" samt i några fall på andra undersökningar som provningsanstalten med respektive uppdragsgivares medgivande har fått använda inom projektet.

En detaljerad redovisning av använda metoder för provtagning och analys ges i kapitlet "Provtagnings- och analysmetoder" samt beträffande resultat av laboratorie- och fältmätningar i kapitlen "Laborariemätningar" och "Fältmätningar".

Undersökningarna har bedrivits med finansiellt stöd av Bygghörskningsrådet samt med interna medel.

Vi framför vårt tack för värdefulla synpunkter på arbetet framförda vid expertgruppernas sammanträden samt vid personliga kontakter med medlemmarna.

## 2. Bakgrund

Under slutet av 1970-talet började klagomål om synliga skador på golv samt i en del fall lukter från golvet att framföras. Från att ha utgjort ett fåtal fall växte problemet under början av 1980-talet till att omfatta ett stort antal skadefall. Expertgrupp 2 inom projektet har uppskattat att skadefrekvensen vid årsskiktet 82/83 var av någon eller några procent av de sedan 1977 på flytspackel lagda golvbeläggningarna, ca 15 milj m<sup>2</sup> i nyproduktionen. En närmare presentation av aktioner som förevarit i eller omkring projektet göres ej här, eftersom de torde vara välkända för läsare av denna sammanställning.

Provningsanstalten hade tidigt - flera år före BFRs engagemang - kommit i kontakt med problemet med lukter i bostäder. Trots bred kompetens inom såväl byggnadsteknik som kemisk analysteknik kunde vi av kostnadsskäl inte alltid finna entydiga lösningar på problemen. Då - liksom nu - hade vi tyvärr stora svårigheter att erhålla uppgifter på vilka material som golvkonstruktionen innehöll och de enskilda materialens sammansättning. Detta försvårade avsevärt utredningarna.

I samband med ett informationsmöte på Byggeforskningsrådet i maj 1982 kom provningsanstalten att närmare knytas till projektet "Skador i golv" och vi har därefter på expertgrupp 3:s uppdrag utfört mätningar i ett 30-tal luktande objekt samt genomfört provningar på laboratorium under väl kontrollerade betingelser i avsikt att framkalla liknande skador som vi påträffat i fält.

På ett tidigt stadium misstänkte vi, att den ökade fuktbelastningen, vilken bl a kan uppkomma genom byggnation på blöt mark samt genom nya och snabbare byggmetoder tillsammans med det höga pH-värde som normalt råder i betongoch cementskikt skulle kunna utlösa en serie kemiska reaktioner. Reaktionsprodukterna skulle kunna utgöras av ett antal organiska föreningar med relativt sett högt ångtryck. Dessa ämnen kommer vid normal rumstemperatur att förekomma i sådana koncentrationer i rumsluften att personer som vistas där upplever lukt. I en del fall har de lokala miljöoch hälsoskyddsnämnderna förklarat att sanitär olägenhet råder i lokalerna.

### 3. Sammanfattning och förslag till mekanism.

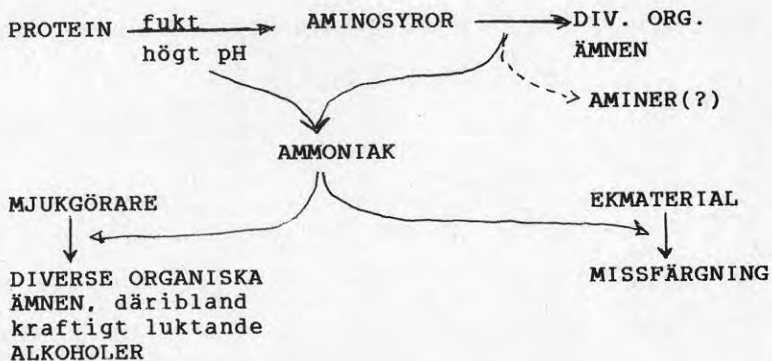
Provningsanstalten har sedan maj 1982 varit knuten till den pågående utredningen "Skador i golv" i BFR:s regi.

Vi framförde en teori att observerade problem skulle kunna förklaras genom kemiska reaktioner som äger rum i golvbeläggningen, om hög fuktighet samt högt pH-värde råder där. Vi redovisar i denna rapport försök som bestyrker denna teori.

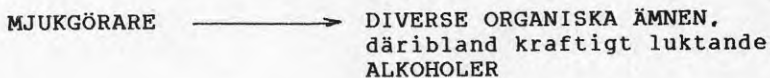
Rapporten innehåller redovisning av laboratorie- och fältförsök som visar att

- ammoniak avges från flytspackel vid hög fuktighet men ej vid uttorkning annat än i spårmängder
- mjukgörare i PVC-mattor under inverkan av ammoniak sönderdelas till bla starkt luktande högre alkoholer
- studerade luktande lokaler visar alltid en förhöjd halt av alkoholer i luften, varför dessa lämpar sig väl som indikatorsubstans

På grundval av utförda försök kan följande kemiska reaktioner förklara problemen med synliga skador (mörkfärgning) och lukter från syntetmaterial:



Dessutom kan vid hög fuktighet efter lång tid följande reaktion ske:



#### 4. Metoder för provtagning och analys

Vid utveckling av provtagnings- och analysmetoder har vi så långt möjligt inriktat oss mot att modifiera generella metoder för undersökning av luktande kemiska föreningar. Vi har strävat efter att använda absorberare av vanligt förekommande slag samt uppberedning och extraktion enligt standardiserade förfaranden.

##### 4.1 Provtagning av ammoniak

###### 4.1.1 Provtagning och analys vid laboratorieundersökningar

Ammoniakprovtagning i material har i allmänhet utförts med reagensrör av typ Dräger (NH<sub>3</sub> 5/a). (bilaga 10:1).

Reagensrörmätning medger inte kvantifiering med tillräcklig noggrannhet varför de endast använts för jämförande haltuppskattningar vid mätning av emissioner från flytspackel. Observera att reagensrören inte är helt specifika för ammoniak utan att reaktion även erhålles för andra basiska kväveföreningar. Notera även att låg eller hög relativ fuktighet i den luft som provas ger störning.

Vid kvantitativa mätningar har i stället en spektrofotometrisk metod med absorption i utspädd svavelsyra (NIOSH P&CAM 205) (ref 1) använts.

###### 4.1.2 Provtagning och analys vid fältundersökningar

Vid mätningar i fält har oftast ovannämnda spektrofotometriska metod använts. De provtagna volymerna har varierat från 250 till 1000 liter luft.

För orienterande försök t ex för konstaterande mätningar under uppbrutna mattor har reagensrörsmetoden använts.

##### 4.2 Formaldehyd

###### 4.2.1 Provtagningsmetod och analys vid laboriemätningar

I ett litet antal fall har i golv ingående material analyserats med avseende på emission av formaldehyd. Vi har därvid använt oss av ett direktvisande instrument (LION Formaldemeter) som inte är helt specifikt för formaldehyd.



#### 4.2.2 Provtagningsmetoder och analys vid fältmätningar

Formaldehyd har i samtliga förekommande fall provtagits i impingerflaskor enligt Arbetarskyddsstyrelsens metodrapport 1003 (ref 2) följt av en spektrofotometrisk analys. De provtagna volymerna har i allmänhet varierat mellan 75 och 100 liter.

#### 4.3 Organiska ämnen

Det vanligast förekommande sättet att adsorbera organiska ämnen vid miljöundersökningar är att pumpa luft genom ett skikt av aktivt kol. På laboratorium desorberas därefter kolet i t ex koldisulfid (1-5 ml) och en delvolym (ca 1 ul) injiceras därefter på gaskromatograf. Detta tillvägagångssätt lämpar sig väl för arbetsmiljöundersökningar där halterna i allmänhet ligger på nivån 1 - 100 ppm men det är olämpligt för undersökningar i boendemiljön. De väsentligt lägre halter som förekommer där skulle inte kunna detekteras annat än om mycket stora volymer luft pumpades genom kolet, vilket är olämpligt ur andra synpunkter.

Vi sökte därför på ett tidigt stadium efter en annan adsorbent, där desorptionsförfarandet inte skulle ge ett stort utspädningsförhållande. En aspekt var självfallet att adsorbenten skulle vara lämplig för de ämnen vi var intresserade av. Våra försök ledde så småningom fram till att Tenax GC (bilaga 10:2) var lämpligast. På senare tid har även en annan kvalitet, Tenax TA, blivit tillgänglig. Denna adsorbent desorberas termiskt vilket resulterar i en förbättring av känsligheten med ca 1000 gånger jämfört med aktivt kol.

Provtagningarna har på intet sätt varit inriktat mot att kartlägga bakteriologisk eller mykologisk aktivitet utan visa förekomst av organiska föreningar av skilda slag.

##### 4.3.1 Upparbetningsmetod för organiska ämnen vid laboratorieundersökningar

Vid bestämning av organiska ämnen i material har upparbetning skett antingen genom extraktionsförfarande (se fig 1) eller purge/trap-teknik (se fig 2).

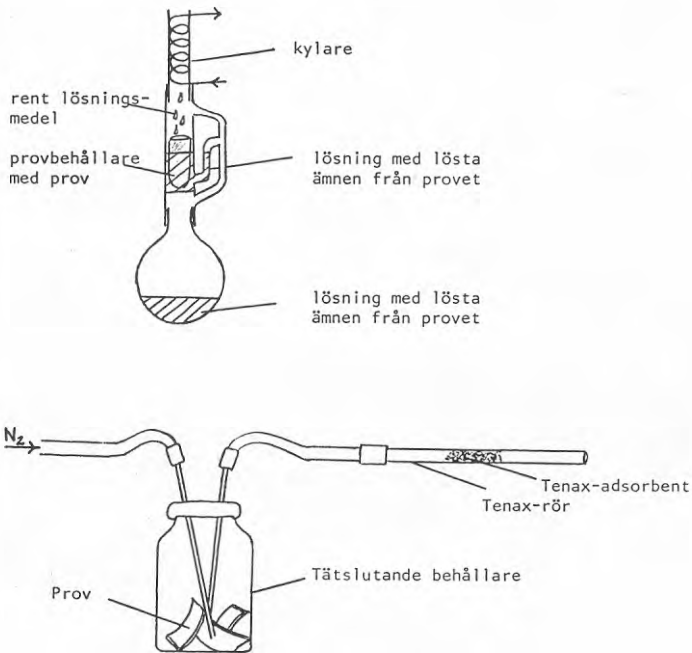


Fig 2

Extraktionstekniken har oftast applicerats på PVC-mattor och innebär att 1-10 g material extraheras i Soxhletutrustning över natt med 50-100 ml dietyl-eter. Efter koncentrerings i rotationsindunstare har återstoden lösts i några ml etanol för utfällning av eventuell upplöst PVC, vars närvaro inte är lämplig för det fortsatta analysförfarandet. Försök med direkt extraktion i etanol har givit otillfredsställande utbytesresultat.

Vid användning av purge/trap-tekniken inneslötts material i septumförsedda glasflaskor med ca 125 ml volym. Flaskorna genomspolades med kvävgas med ett flöde på 30-50 ml/min under tid varierande från några minuter till ca 15 timmar. Kvävgasströmmen leddes därefter genom adsorptionsrör innehållande Tenax GC. För att erhålla snabbare avgång av flyktiga komponenter från materialet och därmed förbättra analyskänsligheten uppvärmdes glasflaskorna vid några tillfällen till ca 75 grader C på vattenbad.

Purge/trap-metoden har avvänts för både allmänna undersökningar av flyktiga komponenter som för specifika av särskilda föreningar, främst alkoholer från nedbruten mjukgörare.

#### 4.3.2 Provtagningsmetoder för organiska ämnen vid fältundersökningar.

Vid provtagning av organiska ämnen i bostäder eller andra lokaler har vi provat olika adsorptionsmedel såsom aktivt kol, silica gel, Amberlite XAD-2 och Tenax GC. Efter genomförda kontroller visade sig Tenax GC vara mest lämpad vid våra applikationer. Tenax består av en porös polymer baserad på 2,6-difenyl-p-fenyleneoxid. En närmare presentation av materialer och dess användningsområden ges i bilaga 10:2.

#### 4.3.3 Analys av organiska ämnen

##### A. Aminer

Parallellt med egna analyser av aminer har vi låtit Institutionen för Analytisk Kemi, Kemicentrum, Lund utföra analyser på samma absorptionslösning som vi själv använt. Deras analysmetod medger lägre detektionsgräns än vår egen eftersom de använder speciellt utarbetad teknik för aminer.

Som detektionsgräns för aminer kan på grundval av parallella nollprovsanalyser sättas 0,01 ppm.

##### B. Organiska ämnen genom termisk desorption

Organiska ämnen anrikade på Tenax GC har analyserats genom termisk desorption vid 250 grader C antingen direkt till gaskromatografisk kolonn eller via en kylfälla till kolonnen. De separerade ämnena har detekterats med flamjonisationsdetektor eller med masspektrometer.

Vi har strävat efter att använda så få kolonner som möjligt och har efter test funnit att en 2 m packad stålkolonn med 5% FFAP på Chromosorb W AW-DMCS eller 5% AT 1000 på Chromosorb AW ger tillfredsställande resultat. Kvävgas med flödet 30 ml/min har använts med flamjonisationsdetektorn och heliumgas med samma flöde vid utnyttjande av masspektrometrisk detektor. Kromatografens ugn har temperaturprogrammerats enligt följande

- isotermt vid 60 grader C under 2-4 min
- 60 till 220 á 240 grader C med hastigheten 5-10 grader/min
- isotermt vid 220 á 240 grader C under 5-20 min

#### C. Analyser efter extraktionsförfarande

Vid extraktioner, direkta upplösningar eller våtkemiska desorptioner har 1-4  $\mu$ l lösning injicerats direkt till gaskromatografen, som i övrigt körts enligt ovanstående betingelser.

Vid de våtkemiska desorptionerna (desorption av aktivt kol resp Amberlite XAD-2) har koldisulfid respektive dietyleter använts.

Vid en provtagningsvolym på ca 25 l rumsluft på TENAX kan halter av oktanoler på 1  $\mu$ g/m<sup>3</sup> kvantifieras. I lokaler utan problem påträffas oftast högre alkoholer i halter om ca 1-3  $\mu$ g/m<sup>3</sup>. Dessa koncentrationer härrör från resthalter av alkoholerna i mjukgörarna från tillverkningen och har således inget att göra med nedbrytningsprocesser.

#### 4.4 Mätning av temperatur och relativ fuktighet

Vid flertalet fältundersökningar har luftens temperatur och relativ fuktighet mätts med kvicksilvertermometer, termolement och slungpsykrometer.

Mätningar av relativ fukt och temperatur i byggekstruktionen har utförts i en del fall och då av Laboratoriet för Byggnadsfysik vid provningsanstalten i Borås. För närmare beskrivning av tillvägagångssättet hänvisas till bilaga 10:3.

## 5 Laboratorieundersökningar

Med de erfarenheter vi fått från fältundersökningarna har vi genomfört en lång rad laboratorieundersökningar för att försöka reproducera de kemiska reaktioner som vi förmodade skedde i fält. Laboratorieundersökningarna kan indelas i

- kemisk analys av 8 prov flytspackel
- ammoniakemission från 30 spackel i nygjutet, uttorkat och återfuktat tillstånd
- ammoniakemission från 30 spackel i uttorkat och återfuktat tillstånd
- ammoniakemission från 4 spackel i normalt resp. steriliserat tillstånd
- hydrolysförsök med dioktylfthalat (DOP)
- hydrolysförsök med PVC-mattor.

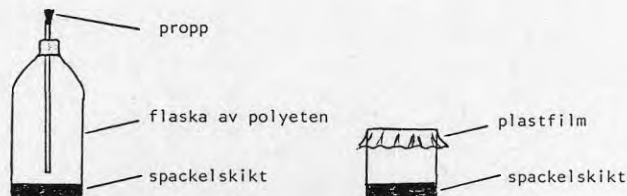
### 5.1 Kemisk analys av flytspackel

8 prov flytspackel insändes till provningsanstalten för analys av i första hand kväveinnehåll. Analysresultat anges i bilaga 10:4.

Det framgår att spacklen C och D innehåller mera kväve än den halt som motsvarar uppgiven halt kasein.

### 5.2 Ammoniakemission från 30 spackel i nygjutet, uttorkat och återfuktat tillstånd

Spackel har gjutits i 1-liters flaskor av polyeten till ett 10 mm tjockt skikt eller maximalt tjockt skikt enligt anvisningar på förpackningen. Flaskan tillslöts genast och efter 2 dygns förvaring mättes  $\text{NH}_3$ -halten i luften ovanför spacklet.



Därefter klipptes flaskan ner till en bägare. Spacklet tilläts på detta sätt torka i minst en vecka, varefter kärlet tillslöts med plastfilm. Efter ett dygn mättes åter  $\text{NH}_3$ -halten i luften ovanför spacklet. 10 ml vatten tillsattes och kärlet tillslöts med plastfilm. Överskottet vatten hälldes av på morgonen dagen efter. Senare samma dag mättes  $\text{NH}_3$ -halten på nytt.

Mätningarna har i samtliga fall utförts med reagensrör (Dräger,  $\text{NH}_3$  5/a).

Resultaten framgår ur bilaga 10:5 "serie I"

Enligt överenskommelse med tillverkarna har spacklen kodats. Respektive tillverkare har delgivits resultat från mätningar på egna spackel.

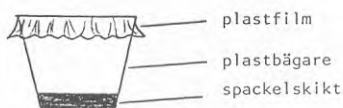
Mätvärdena har angivits i:

-	inga spår		
(x)	spår	< 2 mm	färgskikt
x	påvisbara halter	2-10 mm	"
xx	höga halter	> 10 mm	"

Höga halter uppmäts efter beredning då spacklet ej tillåtits torka. Flertalet spackel slutar emittera efter ordentlig uttorkning. Efter återfuktningen erhålls förhöjda värden på vissa spackel.  $\text{NH}_3$ -avgivningens varierar dock mycket.

### 5.3 Ammoniakemission från 30 spackel i uttorkat och återfuktat tillstånd

Vid redovisning av resultaten från 5.2 framkom synpunkter på att tillvägagångssättet vid dessa försök inte helt återspeglade verkligheten. Framförallt gjordes invändningar mot att spacklen hölls fuktiga genom tillslutning av flaskan direkt efter gjutning. Därför utfördes en ny serie mätningar där spackel gjöts i öppna plastbägare. Spacklet tilläts torka i en vecka, varefter de täcktes med plastfilm. Därefter behandlades proverna som vid tidigare försök, serie I. Mätning av  $\text{NH}_3$ -halten efter ett dygn - 10 ml vatten tillsattes - täckning - överskottet hälldes av - mätning av  $\text{NH}_3$ -halten efter ett dygn.



Resultaten framgår av bilaga 10:5 "serie II"



Vid betraktning av resultaten i "serie I" och "serie II" finner man

- flertalet spackel avger påvisbara eller höga halter i nygjutet tillstånd
- endast några få spackel avger spårmängder ammoniak i uttorkat tillstånd
- en del spackel avger ammoniak i spårhalter eller påvisbara halter efter återfuktning
- skillnaden i resultatet mellan "serie I" och "serie II" är marginella

#### 5.4 Ammoniakemission från fyra flytspackel i normalt och steriliserat tillstånd

Vid redovisning av resultaten från försöken i 5.2 och 5.3 anfördes synpunkter på att den frigjorda ammoniaken inte skulle komma från kemiska reaktioner utan från bakteriella angrepp på kaseinet. Det hävdades även att alkalisk hydrolys av proteiner inte gick till aminosyror utan endast till polypeptider. Dessa synpunkter har betraktats genom att två parallella serier med spackel direkt ur förpackning resp. steriliserat spackel gjorts och underkastats kontinuerliga mätningar på ammoniak. Steriliseringen utfördes vid Sahlgrenska Sjukhuset i Göteborg med etylenoxid och steriliteten bekräftades genom undersökning vid Akademiska Sjukhuset i Uppsala. Vid gjutning av steriliserat spackel användes steriliserade plastflaskor och sterilt vatten. Alla prov hölls vid högsta möjliga fuktighet.

Mätningar under totalt fyra månader, med återkommande renblåsning. Inom  $\pm 25\%$  d v s inom analysrörens noggrannhetsintervall, är halterna av ammoniak överensstämmande mellan det sterila provet och det vanliga. Samma resultat erhålles för alla spacklen. Något belägg för att ammoniakemissionen skulle härröra från biologisk aktivitet har denna undersökning ej givit.

#### 5.5 Hydrolysförsök med dioktylfталat (DOP)

Vid fältförsöken har vi i flertalet fall observerat 2-etylhexanol eller annan högre alkohol i rumsluften och samtidigt subjektivt märkt lukt.

Dessa alkoholer kan knappast ha annat ursprung än via mjukgörarna i mattorna. De kan antingen förekomma som resprodukter från tillverkningen eller ha bildats till följd av reaktioner av kemisk eller biologisk art. Vi har därför utfört en serie försök med ren DOP.

- behandling med 4 mol/l KOH vid 100 °C i 15 timmar
- behandling med 8 mmol/l Ca(OH)<sub>2</sub> vid rumstemperatur, 65 °C och 100 °C under tider varierande mellan 70 och 200 timmar
- behandling med konc. NH<sub>3</sub> vid rumstemperatur, 65 °C och 100 °C under tider varierande mellan 70 och 675 timmar
- DOP över en 1 %-ig ammoniaklösning i rumstemperatur under 6 månader

Vid vissa försök har krossad betong respektive natriumlakrylsulfat (tensid) tillsatts för att utröna om dessa tillsatser katalyserar förväntade reaktioner. Efter försöken har DOP-fasen extraherats med dietyleter.

Resultaten framgår av bilaga 10:6.

Vi finner att nedbrytning av DOP har skett

- i hög grad med 4 M KOH
- med koncentrerad NH<sub>3</sub> vid alla tre temperaturerna
- med 8,2 mM Ca(OH)<sub>2</sub> vid kokning och vid 65 °C
- med NH<sub>3</sub> i gasfas

15 timmars behandling av DOP med KOH vid ca 100 °C ger en ökning av halten 2-etylhexanol med ca 10 000 gånger. Efter 7 månaders behandling av DOP med gasformig ammoniak (halt ca 800 ppm) har vi funnit en fördubbling av halten 2-etylhexanol jämfört med ett referensprov som enbart exponerats för luft.

#### 5.6 Hydrolysförsök med PVC-mattor

Parallellt med tidigare redovisade försök med DOP har direktförsök med PVC-mattor gjorts. Mattorna har

- behandlats med konc. NH<sub>3</sub> vid rumstemperatur, 70 °C och 100 °C under ca 190 timmar
- behandlats med 8 mmol/l Ca(OH)<sub>2</sub> vid rumstemperatur, 70 °C och 100 °C under ca 190 timmar

Vid försöken har betong tillsatts. Mattorna har upp-  
arbetats enligt förfarande beskrivet i avsnitt 4.

Resultaten framgår av bilaga 10:6.

Vi finner att nedbrytning av matta har skett

- med koncentrerad  $\text{NH}_3$  vid 100 °C
- med 8,2 mM  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  vid 70 °C

I en påverkad plastmatta, extraherad med eter, upp-  
mäts ofta 2-etylhexanol-halter på omkring  
200-2 000 ppm (=  $\mu\text{g}$  2-etylhexanol/g matta). I  
opåverkade mattor kan man uppmäta 30-40 ppm 2-etyl-  
hexanol. I ren DOP (dioktylfthalat, en mjukgörare som  
till 20-30 % ingår i plastmattor) kan ca 100 ppm upp-  
mätas.

I laboratorieundersökningarna erhåller vi i vissa  
fall halter av 2-etylhexanol som är 3-5 gånger högre  
än i en opåverkad matta, d v s nedbrytning har  
konstaterats. Dessa förhöjningar är dock lägre än  
vad som påträffats i matta från skadeobjekt. Detta  
torde ha sin grund i att laboratorieproven pågår  
endast i ca 8 dygn medan mattorna från skadeobjekten  
 varit lagda i 6-36 månader.

## 6. Fältmätningar

Under tidsperioden april 1982 - augusti 1983 har vi arbetat med ett 35-tal fall av golvsador. I flertalet av dessa har skadorna utgjorts av en kombination av missfärgningar, släppningar, blåsbildningar och lukter. I något enstaka fall förekommer endast missfärgning. En detaljerad redovisning av de olika skadeobjekten ges i bilagorna 10:7.

Vid genomgång finner man att flertalet fall finns på platta på mark, där marken till synes har hög fuktbelastning. Det finns många exempel på objekt byggda i f d kärr, mossar etc.

Redan på ett tidigt stadium fann vi att luftens sammansättning i skadeobjekten på en del punkter skiljer sig från luft från icke skadade lokaler. En avvikelse är förekomst av ammoniak. Ammoniak måste ha sitt ursprung från material som innehåller kväveföreningar. Sådana material i en golvkonstruktion är flytspackel med kasein eller melaminharts-tillsatser samt vissa typer av golvlim. En annan avvikelse är förhöjd förekomst av tyngre alkoholer, huvudsakligen med 8-10 kolatomer i kedja. Dessa förekommer naturligt i mycket låg halt som restprodukter i mjukgörare. Därför kan man även i icke skadade lokaler finna låga halter av t ex 2-etylhexanol. I skadefall med mjukgjorda material i golvkonstruktionen förekommer kraftigt förhöjda halter (10-1 000 gånger), varför dessa alkoholer lämpar sig mycket väl som indikatorsubstans.

I debatten återkommande påståenden att aminer skulle vara huvudorsaken till lukter har vi inte kunnat finna kemiskt analytiska belägg för. Utöver egna analyser har vi låtit andra institutioner, som specialiserat sig på aminanalyser, utföra mätningar. I inget av de på aminer undersökta fallen har totalhalten aminer varit signifikant skild från referenserna.

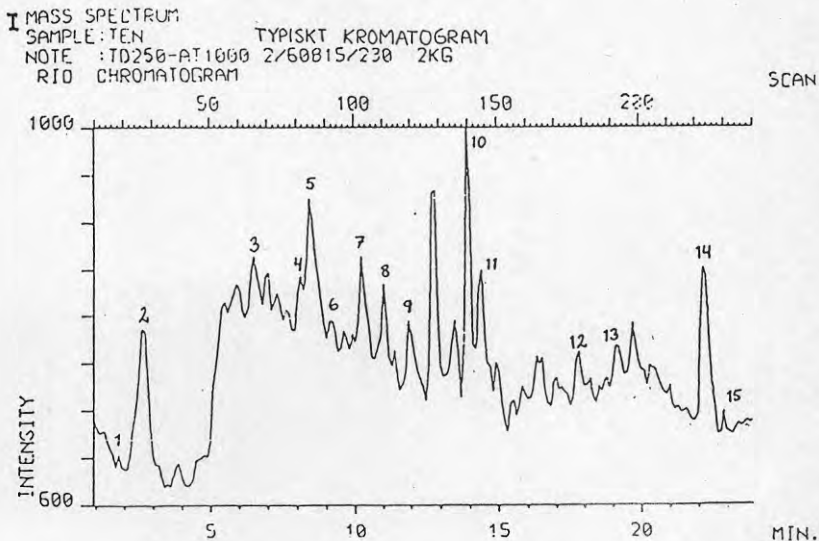
Bland de synliga skadorna dominerar missfärgningar av korkmaterial samt ekparkett. I korkmaterialet har skador observerats huvudsakligen i skarvarna medan parketten kan vara missfärgad slumpmässigt. Vid skador på parkett har det visat sig att rekommenderad läggning av polyeteenfolie varit slarvigt genomförd utan överlappning. I ett fall var delar av folien partiellt "försvunna" med cirkelrunda mörkfärgningar av ovanför liggande parketten som följd.

Vid skador på PVC-mattor kan blåsbildning ibland iakttas. I de fall vi närmare undersökt innehåller blåsorna - till vår förvåning - inte gas utan en majonnäsliknande massa, som visat sig bestå av huvudsakligen förtvålade, starkt luktande limrester.

Ett återkommande problem vid försöken att förklara orsakerna till observerade skador har varit den stora svårigheten att få uppgifter på golvet konstruktion. Det är förvånande hur ofta entreprenörerna, förvaltare m fl inte säger sig veta exakt vilka material som ingår i golvkonstruktionen. Sammansättning på ingående komponenter i flytspackelskiktet har alltid varit omöjligt att få reda på.

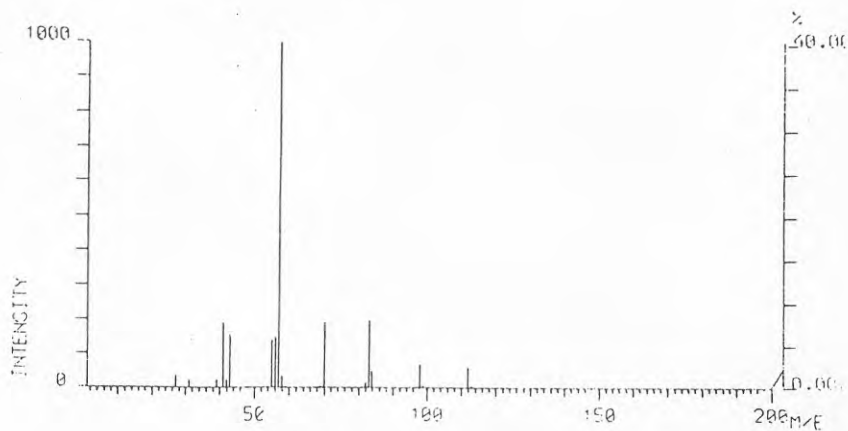
Nedan ges några exempel på analyser av luft respektive material i lokaler med skadade golv.

- I Typiskt kromatogram (rekonstruerat från masspektrogram) för lokal med skadad PVC-matta  
Masspektrogram för föreningen 2-etylhexanol
- II Kromatogram från Kommunhuset i Gällivare
- III Materialanalyser från mattan som varit inlagd i Kommunhuset i Gällivare respektive samma material som aldrig varit inlagt

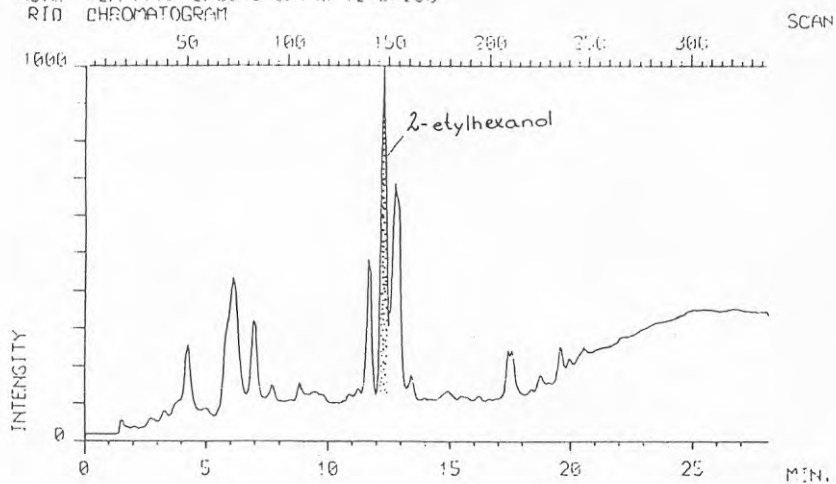


1. hexan 2. hepten 3. toluen 4. etylbensen
5. undekan 6. xylen 7. dodekan 8. trimetylbenzen
9. tridekan 10. 2-etylhexanol 11. isooktanol
12. naftalen 13. bensylalkohol 14. fenoxyetanol
15. dibutylfosfat

I MASS SPECTRUM : (145) - 1.22A(145) 2-ETHYLHEXANOL  
 SAMPLE: TENH1 G-VARE  
 NOTE : 2M FFAP 2/60-8-0/140-12:0/230  
 BASE PEAK : M/E 57.0 INT. 217.9



II MASS SPECTRUM  
 SAMPLE: TENH1 G-VARE LOKAL I GÄLLIVARE  
 NOTE : 2M FFAP 2/60-8-0/140-12:8/280  
 RID CHROMATOGRAM





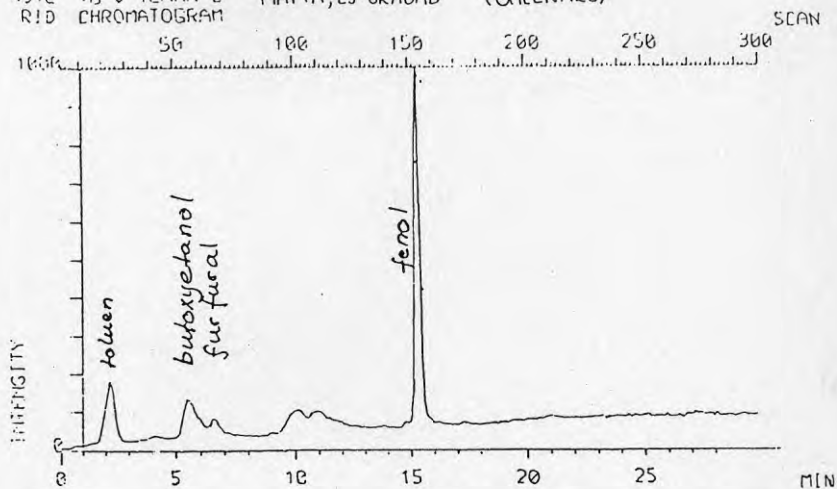
III

## MASS SPECTRUM

SAMPLE: 2M FFAP 2/100-5-0/150-10-10/240 1.5KG

NOTE :G-V TENAX L MATTA, EJ SKADAD (GÄLLIVARE)

RID CHROMATOGRAM

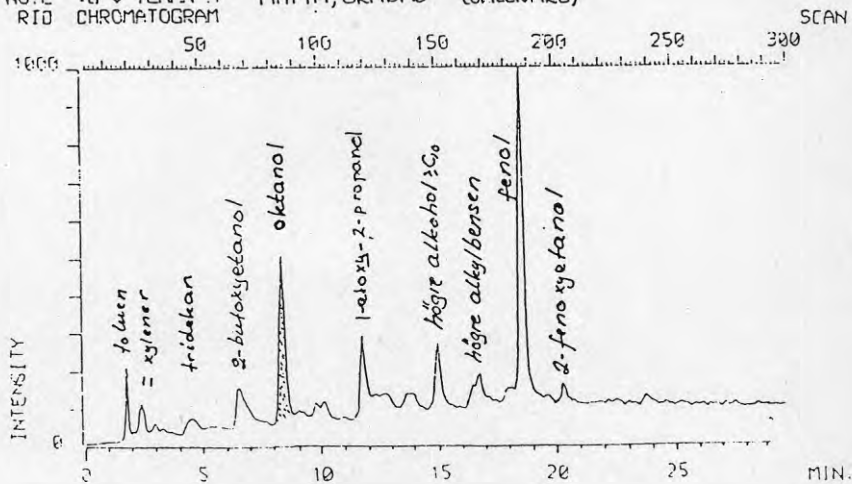


## MASS SPECTRUM

SAMPLE: 2M FFAP 2/100-5-0/150-10-10/240 1.5KG

NOTE :G-V TENAX A MATTA, SKADAD (GÄLLIVARE)

RID CHROMATOGRAM



Som framgår av figuren nederst på sid 17 samt figurerna på sid 18 är topparnas retentionstider ej konstanta. Detta beror på att kromatogrammen är skonstruerade gaskromatogram från analyser på masspektrometer. Vid sådana analyser är inte trycket konstant från en analys till en annan och detta resulterar i skiftande tider för ett och samma ämne. Identifiering av ämnena har gjorts med masspektrometri och ej via retentionstider.

Exempel på fuktmätning i golvets konstruktion från mätobjekt i Gimo och i Västervik ges i bilaga 10:8.

## 7. Mekanismer och resultatdiskussion

### Flytspackel

Enligt uppgift från byggbranschen kan flytspackel innehålla följande:

cement	
sand	ca 98 %
flygaska	
flytmedel t ex kasein, melamin	
bindningsregulator	ca 2 %
skumdämpare t ex alkoholer	

På senare tid har kaseinet helt ersatts med melaminharts i de flesta flytspackel.

Kasein, ett protein, innehåller 18 olika typer av aminosyror totalt ca 200, varav följande är kväveinnehållande (utöver peptidkedjans kväve):

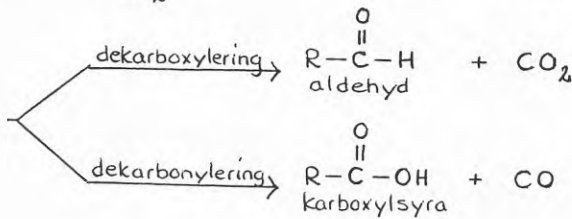
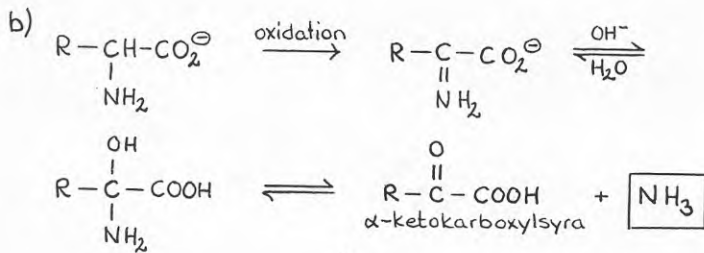
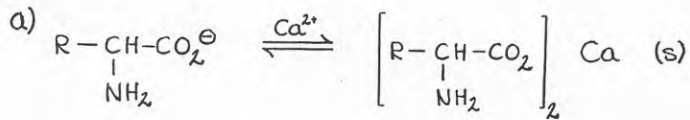
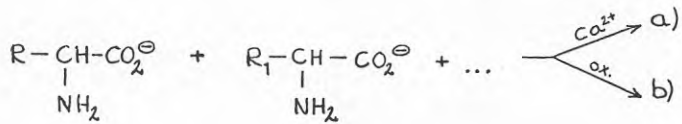
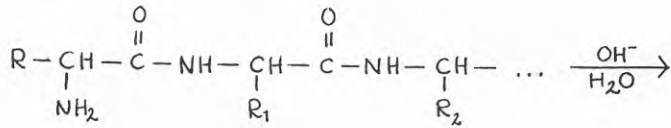
lysin	ca (7 mol%)
argin	ca (4 mol%)
histidin	ca (3 mol%)

### Kasein

~ 200 aminosyror  
~ 24 000 g/mol  
pI = 4,6

Ammoniak

Vid höga pH sönderdelas kasein enligt nedanstående modell och bl a  $\text{NH}_3$  avges.



I reaktionen frigöres således ammoniak, vilken drivs ur flytspackelskiktet genom det höga pH-värde som råder där. Vid beläggning av golvet med ekparkett utan skyddsfolie eller med korkplattor kan ammoniaken reagera med materialets innehåll av tannin (garvsyra) med mörkfärgning som följd. I våra mätningar med reagensrör har vi kunnat uppmäta halter  $\text{NH}_3$  på ca 100 ppm under uppbruten missfärgad ekparkett. Den kritiska ammoniakhalten för att erhålla missfärgning är inte känd (arbete pågår vid annan institution) men ekparkett missfärgas vid lägre koncentrationer än korkplattor och vid väsentligt lägre halter än ovan angivna.

Emissionen av ammoniak från flytspackel förutsätter kväveinnehållande föreningar (kasein, melamin, urinämne, nitrater etc) samt tillgång till vatten. Vid laboratorieförsöken på ett 30-tal spackel visar det sig att ett torrt spackel i allmänhet inte avger ammoniak annat än i obetydliga mängder. Vid laboratoriemätningarna har dessa halter inte givit upphov till missfärgningar.

Kasein innehåller "två typer" av kväve. Den ena typen är bunden i peptidbindningen, och den andra aminogruppen,  $-\text{NH}_2$ , i vissa aminosyror (se sid 19). Aminogruppen hydrolyseras omedelbart vid vattentillsats och ger således upphov till ammoniak vid spridning av flytspackel.

Kvävet i peptidbindningen hydrolyseras också, men avsevärt långsammare. En förutsättning för att reaktion överhuvud taget skall ske är tillräckligt god tillgång på vatten.

Ett liknande resonemang finns i ref 3, kap 3.2, men med den fundamentala skillnaden att vi hänför den kontinuerliga ammoniakproduktionen huvudsakligen till kemiska reaktioner men den i ref 3 anses ha mikrobiella orsaker.

Det har hävdats (ref 3) att ammoniak från flytspackel skulle ha annat ursprung än via kemiska reaktioner, nämligen via bakteriologisk aktivitet. Våra mätningar visar, inom reagensrörens felgränser, att vi erhåller samma värden på ammoniakemissionen från ett spackel direkt ur förpackningen som för ett steriliserat varför vi betraktar emissionen i huvudsak styrd av rent kemiska faktorer.

## 7.2 Sönderdelning av mjukgörare

### Alkoholer

De senare årens luktproblem i bostäder orsakade av golvbeläggning har visat sig till stor del orsakas av de i plastmattorna ingående tillsatsämnena och då särskilt mjukgörarna. Enligt upplysningar vi erhållit från branschen innehåller en modern PVC-matta följande beståndsdelar:

PVC

mjukgörare, t ex DOP i 20 - 30 vikts%

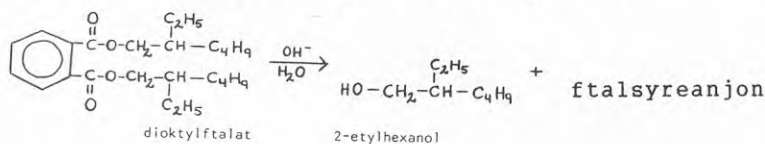
pigment

lacknafta eller dodekylbensener (viskositetsnedsättande)

UV-stabilisatorer

Mjukgörarna tillhör huvudsakligen den kemiska familjen estrar, som vid låga eller höga pH-värden sönderdelas i alkoholoch syradel. Den baskatalyserade sönderdelningen är snabb i motsats till den syrakatalyserade.

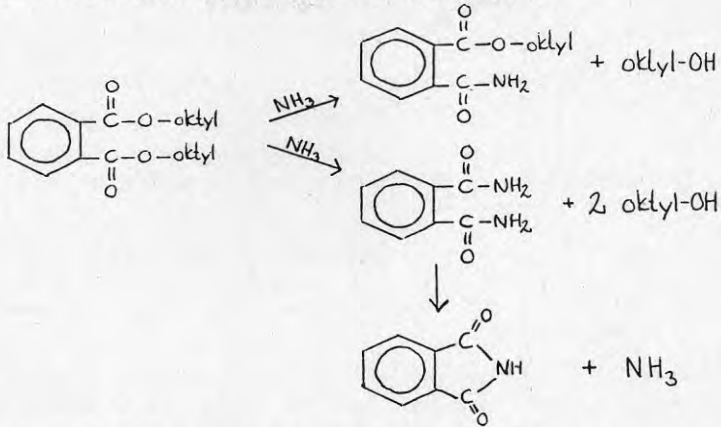
Vid hydrolylys av dioktylfthalat i en lagd matta bildas 2-etylhexanol samt ftalsyrans anjon som förmodligen reagerar med tillgängliga kalciumjoner i betongoch flytspackelskikt till ett fast ämne.



Fuktigt flytspackel avger enligt laboratorieförsöken ammoniak som också kan attackera estern genom nukleofil substitution och här erhåller man alkohol och karboxamid som slutprodukt.



För dioktylfthalat kan mekanismen vara



De angivna slutprodukterna, ftalimid och mono- och ftalsyrediamid, har vi trots ansträngningar ej påträffat i något materialprov.

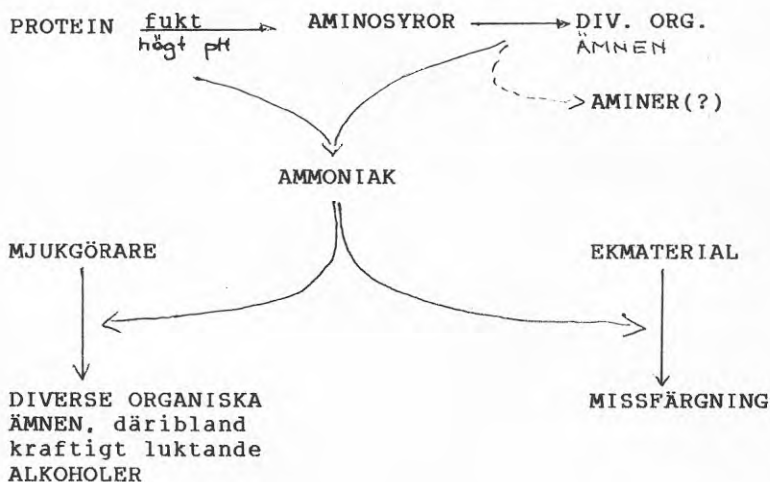
Utöver i denna rapport påvisade ämnen förekommer i en del skadeobjekt en rå unken lukt. Komponenterna i denna lukt är ännu ej bestämda. Detta arbete bedrivs vid annan institution.

## 8 Bedömning

Sammanfattningsvis kan konstateras

- vissa fuktiga flytspackel emitterar ammoniak bildat i kemiska reaktioner
- flertalet skadefall som provningsanstalten undersökt uppvisar hög fuktighet i bottenplatta respektive flytspackelskikt
- vid lyftning av plastmatta eller ekparkett/korkplattor från fuktigt flytspackel förnimmer man en stickande lukt av ammoniak. Halten kan uppgå till hundratals ppm
- ammoniak har visat sig kunna missfärga ekmaterial vid koncentrationer som är lägre än de som kan förekomma under beläggningar
- ammoniak kan initiera sönderdelningsreaktioner hos mjukgörare
- laboratorieförsök visar att förhållanden som råder i golvsiktet vid hög fuktighet är tillräckliga för att på kemisk väg sönderdela mjukgörare och ge upphov till lukt.

Mekanismen för uppkomst av missfärgningar och lukter kan på kemisk väg beskrivas enligt följande schema:



Dessutom kan vid hög fuktighet efter lång tid följande reaktion ske:

MJUKGÖRARE → DIVERSE ORGANISKA ÄMNEN,  
däribland kraftigt luktande  
ALKOHOLER

## 9. Referenser

1. NIOSH Manual of Analytical Methods, Vol 1, Second Edition, P&CAM 205, Cincinnati 1977.

2. Arbetarskyddsstyrelsens Metodrapport 1003, Bestämning av formaldehyd i luft, Stockholm 1977.

3. Albertsson, Bånhiidi, "Kemiska och bakteriologiska undersökningar i samband med golvproblem och flytspackel, KTH, Stockholm 1983.

Utöver ovanstående refereras till följande protokoll från provningsanstalten till utredningen

4. Analys av lukter i bostäder, lägesrapport 820603.

5. 8211,171 Fukt - Vallonskolan (Gimo)

6. 8220,1077 Mätning av fukt, temperatur och lukt i Vallonskolan i Gimo

7. Bestämning av mjukgörare och sönderdelningsprodukter i mattor. Bestämning av emitterande ämnen 830111.

8. 8220,1129B Oktanol i luftoch materialprov från Gällivare, Enskede och Skurup.

9. 8220,1129C Oktanolförekomst i mattprov.

10. 8220,1129D Provtagning och analys av etylhexanol och ammoniak i Herrljunga

11. 8220,1129E Analys av 2-etylhexanol i fyra mattprov.

12. 8311,17 Orsak till dålig lukt, Mungårdeskolan, Kungälv.

13. 8220,1129F Provtagning och analys av 2-etylhexanol, ammoniak och aminer i Vallonskolan i Gimo.

14. 8220,1129G Undersökning av förekomst av 2-etylhexanol i luft i Västervik.

15. 8220,1129H Provtagning och analys av 2-etylhexanol och andra oktanol i luft i Uddevalla.

16. 8360,163 Undersökning av ammoniakförekomst under bottenplatta på mark i Skurup.

17. 8320.1129I Oktanoler på Tenax och ammoniak i utspädd svavelsyr, prov från Kabi Vitrum, Stockholm.

18. 8320.1129J Provtagning och analys av luftoch materialprov från Hövdingavägen i Gävle.

## 10. Bilagor

1. Reagensrör Dräger, NH<sub>3</sub>, 5/a, produktinformation.
2. Tenax GC och Tenax TA, produktinformation
3. Fuktmätningar, tillvägagångssätt
4. 8220,338 Analys av flytspackel, resultatsammanställning
5. Ammoniakemission från spackel, resultatsammanställning
6. Hydrolys av DOP och PVC-matta, resultatsammanställning
7. Fältmätningar. Sammanställning av observationer och resultat från mätningar i 34 objekt
8. Fuktmätningar

I samband med tryckningen av denna bilaga 6 bifogas som underbilagor:

Bilaga 10:4 Utdrag ur 8220,338 Analys av flytspackel.

:5 Ammoniakemission från spackel, resultatsammanställning.

:6 Hydrolys av DOP och PVC-matta, resultatsammanställning.



Laboratoriet för kemisk analys  
 Lars-Henrik Österholm, ES

1982-11-02 Utdrag ur 8220,338

## Resultatsammanställning: Analys av flytspackel

Prov	Kalcium- <sup>1)</sup> oxid, CaO, %	Svavel- trioxid, SO <sub>3</sub> , %	Fukthalt %	Glödför- <sup>2)</sup> lust 500 °C, %	Kväve N %
A	20,0	1,68	0,2	1,1	0,12
B	34,0	0,26	0,2	2,2	0,10
C	16,8	1,04	0,3	3,3	0,45
D	17,6	0,95	0,2	1,8	0,15
E	17,3	0,85	0,1	1,8	0,07
F	18,8	1,05	0,2	1,9	0,13
G	28,5	0,93	0,2	3,2	0,07
H	29,7	2,06	0,5	3,8	0,07

1) Cementhalten är beräknad under antagande att cementet är Portlandcement innehåller 63 % CaO.

2) Glödförlusten är ett mått på maximalt organiskt material.

OBS! -Beteckningarna, A - H, är ej identiska med motsvarande i bilaga 10:5.


 Oppdragsnr.

BFR

Matning Ammoniak från spackel

Ordernr. Bilaga 10:5

Blad

Datum april 1983

Sign.

SPACKEL	SERIE I			SERIE II	
	24 h efter gjutning	efter ut- torkning	efter äter- fuktning	efter ut- torkning	efter äter- fuktning
A	xx	-	x	-	x
B	(x)	-	-	-	-
C	xx	(x)	x	x	x
D	(x)	-	-	-	-
E	x	-	(x)	-	(x)
F	(x)	-	-	-	-
G	-	-	-	-	-
H	-	-	-	-	-
I	x	-	-	-	-
J	-	-	-	-	-
K	x	-	(x)	(x)	(x)
L	(x)	-	-	-	-
M	-	-	-	-	-
N	-	-	-	-	-
O	-	-	-	-	-
P	-	-	-	-	-
Q	(x)	-	(x)	-	(x)
R	xx	-	(x)	(x)	x
S	xx	-	-	(x)	x
T	xx	(x)	x	-	x
U	xx	-	(x)	-	-
V	-	-	-	-	-
X	xx	-	x	x	x
Y	(x)	-	-	-	-
Z	xx	-	(x)	-	-
Ä	xx	(x)	x	(x)	x
Å	x	(x)	x	(x)	(x)
Ö	-	-	-	-	-
Û	-	-	-	-	-
Ø	-	-	-	-	-



Lupinläskare  
Märning

BFR  
Hydrolysis av DOP

Ordernr.  
Blad  
Dat. april-maj 1983  
Sign

Anm	Prov	Bas	Hydrolysis temp	Hydrolysis tid	Hydrolysis sätt	Betong tillsoH efter ~70h	Na-låmsylt-sulfat tillsoH efter ~80h	2-ethylhexanol förekomst
0-prov (=ej hydrolysis)	DOP	—	—	—	—	—	—	0.07 g/l DOP = 0-prov
	DOP	8,2 mM* Ca(OH) <sub>2</sub>	~100°	190h	återloppsökning i E-kolv med omrörning	betong	—	0.26 g/l DOP
	"	"	~65°	70h	"	—	—**	0.12 g/l DOP
	"	"	"	170h	"	betong	sulfat**	0.14 g/l DOP
	"	"	rumstemp.	200h	"	betong	sulfat	0.07 g/l DOP
	DOP	konc NH <sub>3</sub> (aq)	100°	675h	i reaktionsampull i E-kolv	—	—	0.32 g/l DOP
	"	"	~65°	70h	med omrörning	betong	—	0.11 g/l DOP
	"	"	"	150h	"	betong	sulfat**	0.15 g/l DOP
	"	"	rumstemp	675h	"	betong	sulfat**	0.12 g/l DOP
DOP över 1% NH <sub>3</sub> -lös	DOP	NH <sub>3</sub> (g)	rumstemp	7 man	i burk i NH <sub>3</sub> -dm.	—	—	0.14 g/l DOP
Caracti uttän vid 100°C	DOP	4M KOH	~100°	15h	återloppsökning	—	—	570 g/l DOP
Caracti uttän vid 100°C	Matta	8,2 mM* Ca(OH) <sub>2</sub>	~100°	190h	" i E-kolv	betong	—	spår
Caracti uttän vid 100°C	"	"	~70°	190h	utan omrörning	betong	—	120 ppm
	"	"	rumstemp	190h	"	betong	—	som obehandlad matta
	Matta	konc NH <sub>3</sub> (aq)	100°	190h	i reaktionsampull i E-kolv	betong	—	150 ppm
	"	"	~70°	170h	utan omrörning	betong	—	som obehandlad matta
	"	"	rumstemp	190h	"	betong	—	som obehandlad matta

DOP över 1% NH<sub>3</sub>-lös  
sept-april  
Caracti uttän vid 100°C  
Caracti uttän vid 100°C

\* mätvärden i pH 12  
\*\* mätvärden i pH 12



ANALYS AV LUKT FRÅN SPACKEL

Civ ing Maria Risholm-Sundman  
KemaNobel, Analyscentrum

Denna rapport ingår som en delrapport till BFR-projektet  
Skador i golv.

Maria Risholm-Sundman

I denna rapport beskrivs det analysarbete vi utfört för att identifiera den lukt, som betecknats såsom rå, unken i BFR's utredning "Skador i golv".

Spackel från skadeobjekt har Soxhletextraherats med metylenklorid. Efter extraktionen var spacklet luktfritt och metylenkloridfasen analyserades på en gaskromatograf med snifferdetektor. I sniffern, som kopplats parallellt med en vanlig flamjonisationsdetektor (FID), kan man lukta på utgående gas och identifiera vilka toppar i kromatogrammet, som innehåller luktande komponenter.

Vid dessa analyser har vi fått följande resultat:

I. Samma lukt i prov från olika problemhus

Samma unkna lukt har identifierats i följande prov från olika skadeobjekt:

- Spackel från Hövdingavägen 79 A                      Fig. 1
- Matta från Hövdingavägen 79 A                      Fig. 2
- Spackel från kvarteret Vindfället,  
  Uddevallan                                              Fig. 3
- Spackel från Hövdingavägen 67 A                      Fig. 4

II. Lukten har samma retentionstid

Den obehagliga lukten kommer efter 14 - 16 minuter på vår 30 m långa kapillärkolonn DB-1, vid temperaturen: 50°C i 4 min., 10°/min. till 310°. Lukten kommer mellan dodekan och tetradekan och dess relativa retentionstid är 1,4-1,6 jämfört med etylhexanol.



### III. O-prov från Valbo innehåller inte samma unkna lukt

Ett begagnat spackel, där man inte har besvärats av dålig lukt, Valbo B23, har analyserats på samma sätt.

Provet luktade etylhexanol och man hade uppmätt ammoniak under mattan.

Vid gaskromatografering med sniffer fann vi ingen unken doft, se figur 5.

### IV. Mycket låg halt av det luktande ämnet

Vid analys av extrakt från FID får vi ingen större topp från det luktande ämnet.

Detektionsgränsen är vanligen  $10^{-9}$  g för FID-detektorn, så det skulle innebära att halten i vårt spackel är i eller under ppm-området.

Vi har försökt att identifiera lukten med mass-spektrometri, men inom det intressanta området finner vi inga föreningar, som kan ge upphov till lukten.

Uddevallaspacklet har även analyserats med kvävekänslig detektor (NPD), men ingen topp registrerades i det luktande området, se fig. 6.

Näsan är dock mycket känslig för lukten. Man känner den till och med vid kromatografering av utspädda extrakt.

## VI. Referenssubstanser

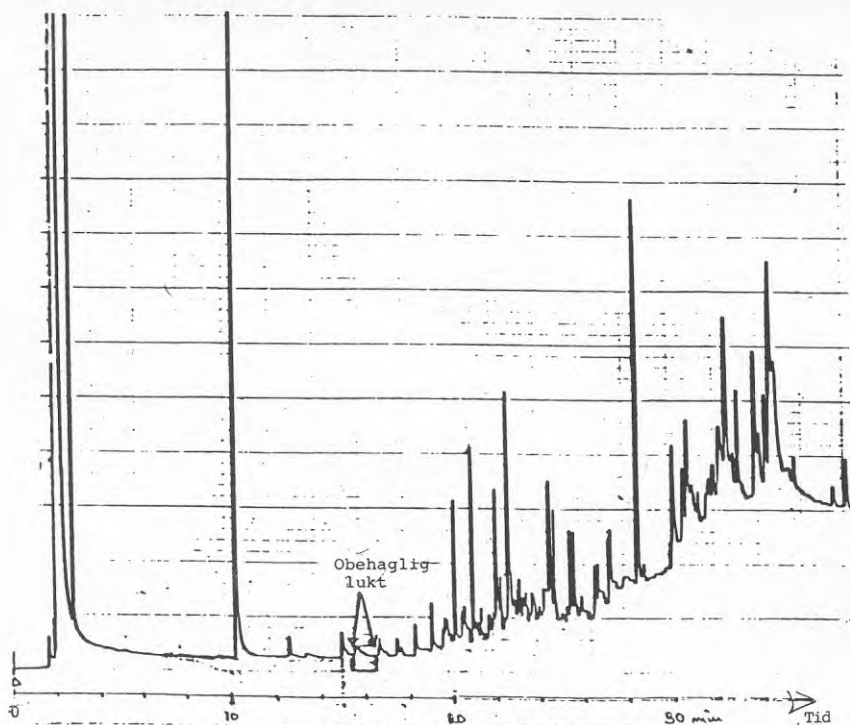
För att kontrollera om lukten kunde komma från några av de diskuterade aminerna har deras retentionstid på vår kolonn kontrollerats

		Relativ retentionstid (ref.etylhexanol)
putrescin	1,4 diaminbutan	0,7
cadaverin	1,5 diaminbutan	0,9
spermidin	N-(3-aminopropyl)-1,4-butandiamin	1,6
$\alpha$ -och $\beta$ -fenyletylamin		Se fig. 7

Endast spermidin ligger inom rätt retentionstidsintervall men lukten överensstämmer inte med spacklets.

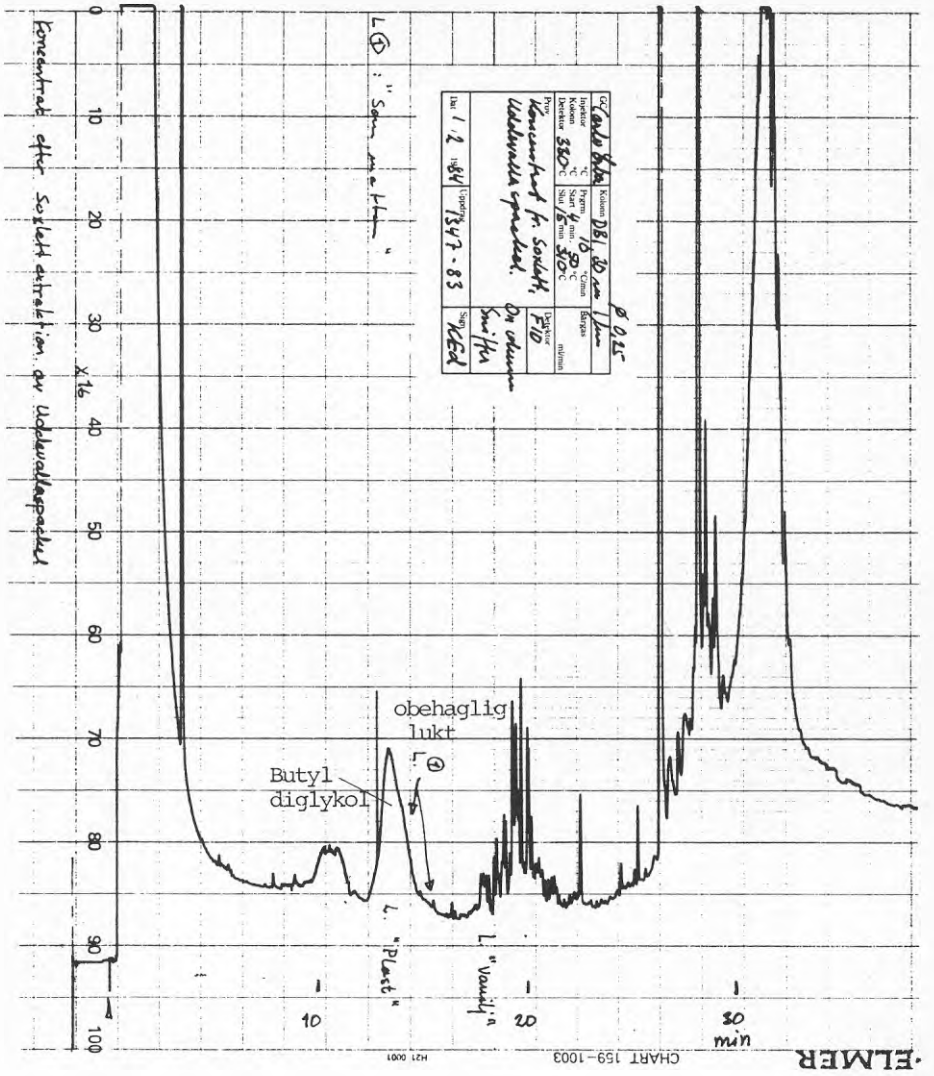
## BILAGA 1 - ERHÅLLNA UPPGIFTER OM ANALYSERADE PROV

	Byggår =====	Material =====	Obehag =====
Hövdingav. 79A Korallen Bomhus Gävle	1981	ABS 143 Rickett	Ammoniak Lukt
Hövdingav. 67A Korallen Bomhus Gävle	Våren 1981	ABS 143 Vacol Rickett	Ammoniak Lukt Missfärgning
Vindfället Uddevalla	1981	BPA flyt.	Lukt
Gävle-Tele-Valbo B23	1981	Okänt spackel Linoleum med juteväv	Ammoniak Ej luktproblem



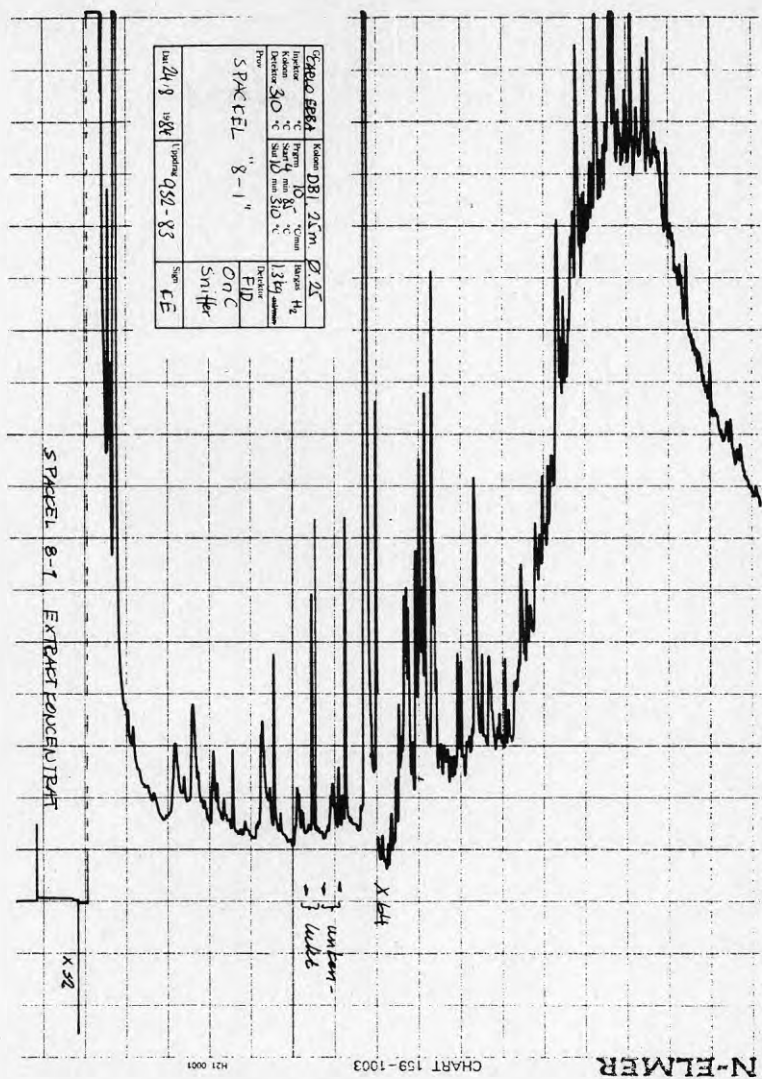
Figur 1 Gaskromatogram från diklormetan-  
extrakt av Bomhusspackel 830818  
Carlo Erba med FID och sniffer,  
5  $\mu$ l prov, känslighet x 4, 10 mV,  
Kolonn DB-1, id, 0,22 mm  
temp. 50 $^{\circ}$ , 10 $^{\circ}$ /min. till 300 $^{\circ}$ C.



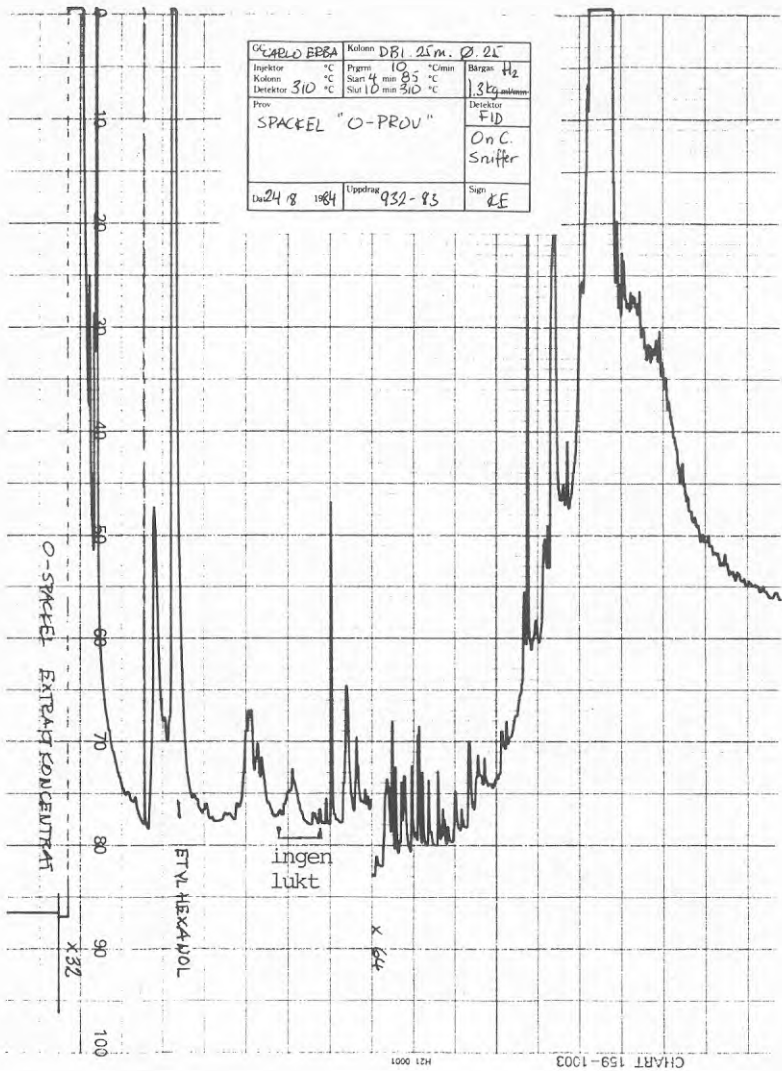


Figur 3 Gaskromatogram på extrakt av Uddavalla-spackel. Obehaglig lukt efter butyldiglykoltoppen.



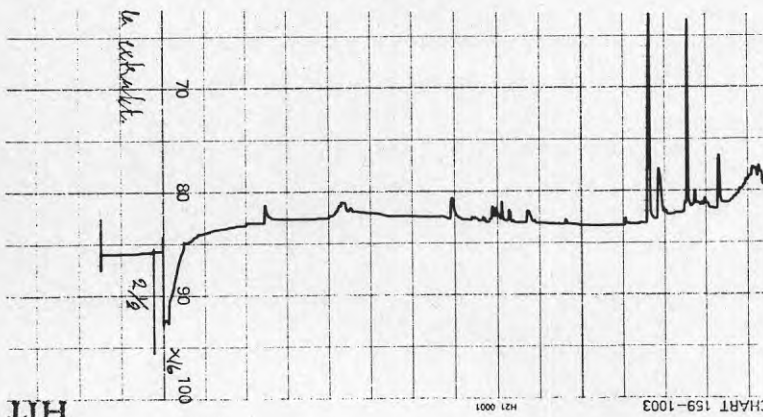
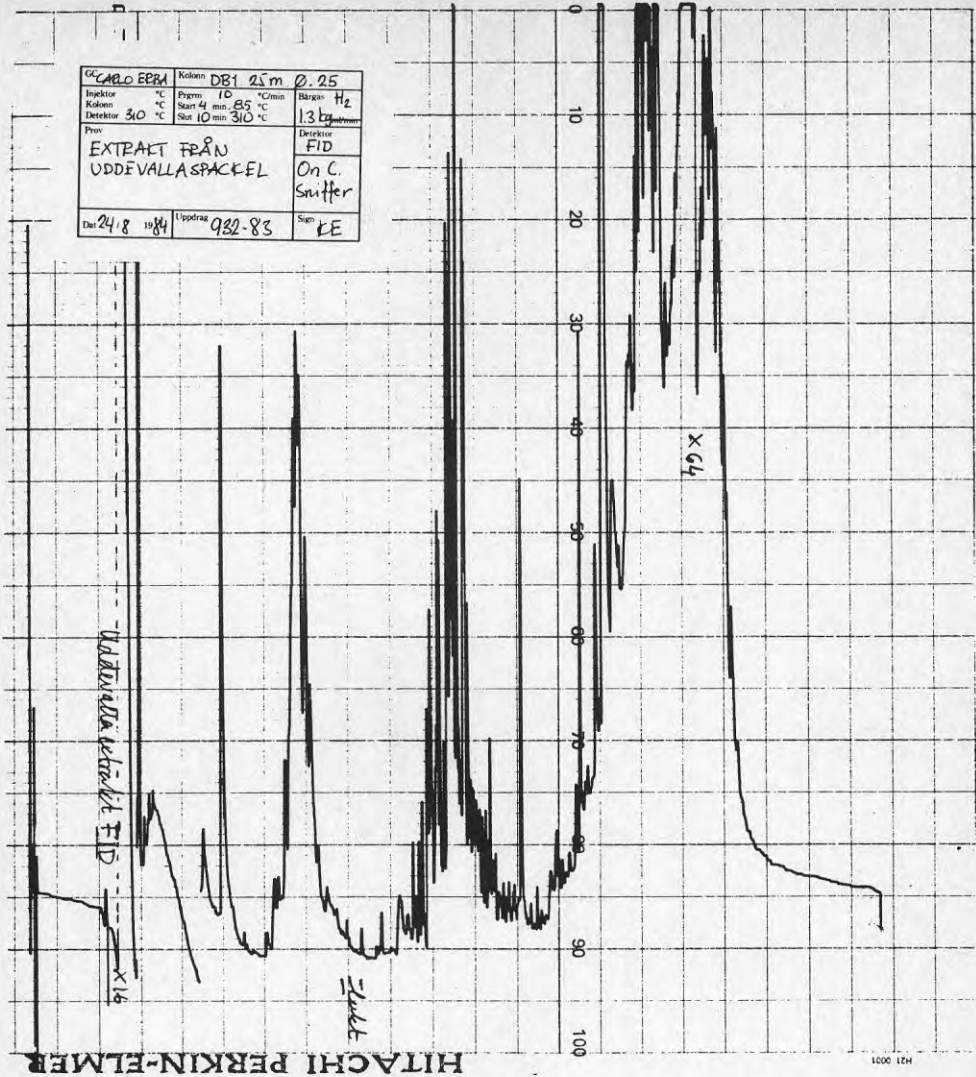


Figur 4 Extrakt av spackel från  
Hövdingavägen 67 A, Bomhus, Gävle



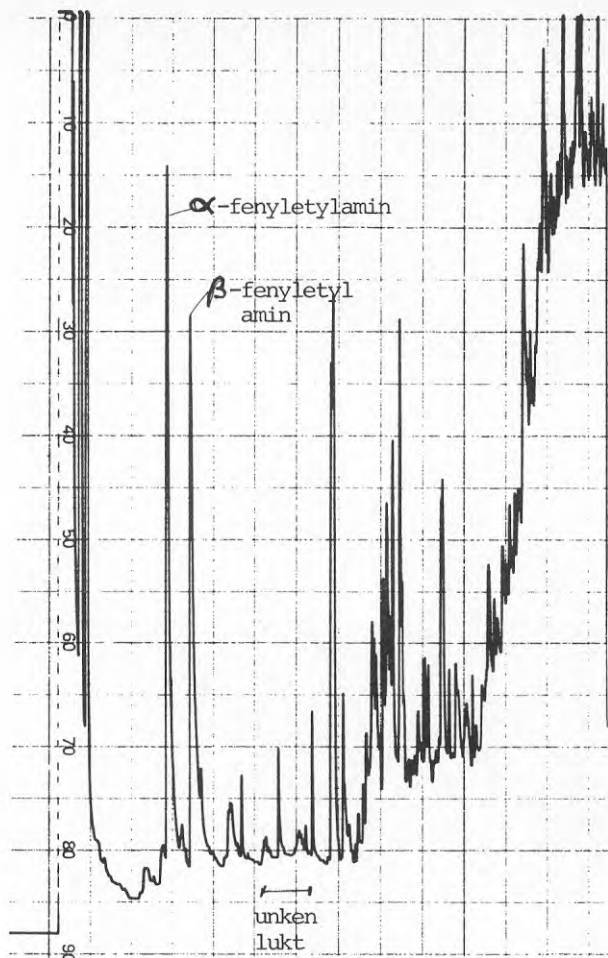
Figur 5 Extrakt från O-spackel, Valbo B 23  
Ingen unken lukt.

GC CARO EPPA	Kolonn DB1 25m Ø. 25
Injektor °C	Program 10 °C/min
Kolonn °C	Start 4 min. 85 °C
Detektor 310 °C	Slut 10 min 310 °C
Prov	
EXTRAKT FRÅN UDDEVALLASPAKKE	
Detektor FID	
On C. Sniffer	
Sign KE	
Dat. 24.8 1984	Uppdrags 932-83



HIT

Figur 6 Analys av extrakt från Uddevalla. Övre kromatogrammet FID/Sniffer detektor. Nedre NP-detektor.



Figur 7 Koncentrat av extrakt från spackel, Hövdingavägen 67A Gävle 8-1 med tillsats av  $\alpha$ - och  $\beta$ -fenyletylamin. 840828 CE kolonn DB-1,  $85^{\circ}$  i 4 min.  $10^{\circ}/\text{min.}$  till  $320^{\circ}$ .

SAMMANSÄTTNING AV PLASTMATERIAL I MATTOR OCH LIM SAMT  
POLYMERA TILLSATSER TILL BETONG OCH SPACKEL

Tekn dr Göran Canbäck, Göteborg

Denna rapport ingår som en delrapport till BFR-projektet  
Skador i golv.

SAMMANSÄTTNING AV PLASTMATERIAL I MATTOR OCH LIM SAMT POLYMERA  
TILLSATSER TILL BETONG OCH SPACKEL

Följande sammanställning baseras på uppgifter erhållna från materialtillverkare och egna erfarenheter.

## 1 PVC-MATTOR

PVC-mattor består i huvudsak av följande komponenter.

1.1 Polyvinylklorid, PVC

PVC är antingen av emulsions- eller suspensionstyp.

Emulsionstypen används huvudsakligen vid mattframställning enligt pasta/bestrykningsmetoden. Suspensions-PVC används främst vid extruderings- och kalandreringsprocesserna.

Materialen kan innehålla små mängder av emulgatorrester och skyddskolloidrester.

1.2 Mjukgörare

## 1.2.1 Primära mjukgörare

Primära mjukgörare utgör 20 - 30 vikt-% av den färdiga mattan.

Dessa är så gott som uteslutande estrar av ftalsyra. Vanliga är

Namn	Förkortning	Alkoholkomponent
diisooctylftalat	DIOP	blandade isooctanoler med stor andel 2-etylhexanol
dioctylftalat	DOP	oktanol
diethylhexylftalat	DEHP	etylhexanol
butylbensylftalat	BBP	butanol, bensylalkohol
diisodecylftalat		blandade isodekanoler
nonylftalat		blandade nonylalkoholer

Dessa mjukgörare innehåller redan i nyskick ca 100 ppm alkoholkomponent (gäller t ex 2-etylhexanol i DIOP).

Andra mjukgörare, ej angivna av mattfabrikanter, är fosforsyra-estrar och trimellitsyraestrar. Vidare finns adipater, acelater och rebacater.

## 1.2.2 Sekundära mjukgörare

Sekundära mjukgörare används för att dryga ut de primära. De sänker viskositeten hos blandningen före gelning.

De används i halter om 5 - 10 % av den primära mängden mjukgörare.

Exempel på vanliga sekundära mjukgörare är dodekylbensen (alkylaromat) och klorparaffiner.



### 1.3 Stabilisatorsystem

Stabilisatorer erfordras under matt-tillverkningsprocessen och under brukstiden.

De förekommer i mängder om 1 - 2 % av den färdiga mattan.

Vanliga stabilisatorer är olika fenolater och Ba/Zn-laurater.

Vid extrudering/kalandrering tillkommer smörjmedel av typ stearater och stearinsyra.

### 1.4 Jäsningsmedel

För att ge en skumstruktur används jäsningsmedel, vilka sönderdelas termiskt och då utvecklar kvävgas.

Vanligt jäsningsmedel är azodikarbonamid,  $H_2N-CO-N=N-CO-NH_2$ .

### 1.5 Lösningsmedel

Vid ytlackering och tryckning kan vissa organiska lösningsmedel förekomma, t ex lacknafta, metyletylketon.

### 1.6 Pigment och fyllmedel

Vanligen används blandade organiska och oorganiska föreningar.

### 1.7 Flamskyddsmedel

Vanligen används aluminiumhydrater.

### 1.8 Hydrolys av PVC-mattor

En enkel hydrolys av använda mjukgörare i PVC-matta kan förväntas visa någon eller några av följande komponenter som reaktionsprodukt:

- isooktanoler
- oktanol
- butanol
- bensylalkohol
- dekanoler
- nonylalkoholer
- monoftalsyraestrar av dessa.

Dessutom förekommer som tillsats till mattorna:

- alkylaromater typ dodekylbensen
- fenolater
- Ba/Zn-laurater
- stearater, stearinsyra
- lacknaftakomponenter och andra lösningsmedel såsom metyletylketon.

Dessa tillsatser kan förväntas förekomma vid analys av PVC-mattor. Spår av tillsatserna kan förväntas förekomma vid analys av luft och spackel, särskilt om hydrolys av mattan har ägt rum.

## 2 LIM

### 2.1 Allmänt

De använda limmen är av dispersionstyp, dvs de har vatten som "lösningsmedel" och består av följande komponenter. Vattenhalten uppgår vanligen till 40 - 50 % av dispersionsviketen.

Dispensionslimmen är av två typer, häftlim samt golv- och vägglim.

#### 2.1.1 Häftlim

Polymerdelen består av

- akrylatsampolymer, 88 - 90 %
- abietinsyrahartser, 10 - 12 %, se 2.4.

Häftlim häftar snabbt men är mindre beständiga mot mjukgörare och alkali på grund av mjuk akrylatsampolymer och lätthydrolyserat abietinsyraharts.

#### 2.1.2 Golv- och vägglim

Polymerdelen består av

- akrylatetenvinylacetatsampolymer, 93 - 94 %
- abietinsyrahartser, 6 - 7 %.

Golv- och vägglim är beständigare än häftlim. Akrylatdelen är hårdare och mer beständig mot mjukgörare. Halten hydrolyserbart abietinsyraharts är lägre än den är hos häftlimmen.

### 2.2 Polymerdispersion

Polymeren är antingen en ren akrylsampolymer eller en akryletenvinylacetat-sampolymer. Dispersioner innehåller dessutom emulgatorer och skyddskolloider. Den kemiska strukturen av dessa är omgivna av sekretess, men en del kan innehålla kväve.

### 2.3 Mjukgörare

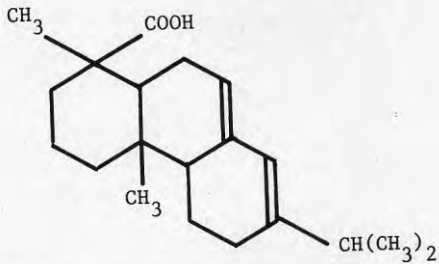
Mjukgöraren består vanligen av diisooktylfthalat (DIOP) eller dibutylfthalat (DBP). Den tillsätts vanligen till ca 5 % av polymerdispersionens vikt.

En enkel hydrolys av mjukgörarna ger som vid mattor oktanol eller butanol.

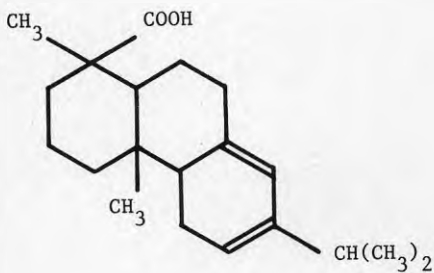
### 2.4 Harts

För att ge limmet "klibb", dvs en snabbare häftning används abietinsyrahartser, även kallade colifonium i halter om 6 - 12 % av dispersionsvikten.

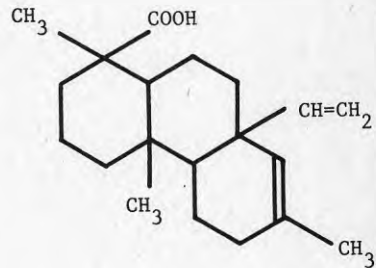
Abietinsyrahartser innehåller estrar av abietinsyra och liknande syror såsom pimaric acid. Exempel på strukturformler visas i följande figurer.



Abietinsyra



l-pimaric acid



d-pimaric acid

Dessa material är naturprodukter och erhålls från träd, olika Pinusarter. Sammansättningen varierar från art till art.

### 2.5 Lösningsmedel

För att lösa abietinsyrahartserna används lösningsmedelsblandningar innehållande etanol/bensin/toluen samt lösningsmedel av typen etylenglykolmonofenyleter.

Lösningssmedlen kan förväntas återfinnas vid analys av lim, mattor och spackel.

### 2.6 Antimikrobiella tillsatser

För att skydda lim och limfog tillsätts baktericid och fungicid i halter om ca 0,5 % av dispersionsvikten. Vanliga är 2-fenylfenol och 1,2-benisothiazolin-3-on.

## 2.7 Övriga

För att justera pH i dispersioner av akrylater tillsätts ibland ammoniak.

## 3 POLYMER TILLSATSER TILL BETONG OCH SPACKEL

Polymerdispersioner används som tillsatser till betong och spackel. I dispersionerna kan samma typ av mjukgörare som finns i mattor och lim förekomma med samma risk för hydrolys.

Om polyvinylacetat(PVAc)dispersioner används kommer dessa att hydrolyseras i polyvinylalkohol och ättiksyra.

GOLVLIM OCH MEDEL FÖR FULTISOLERING

Ing Martin Bjurvald, Stockholm

Denna rapport ingår som en delrapport till BFR-projektet  
Skador i golv.

1 LIM

1.1 Allmänt

Lim består av minst två komponenter. Ett fast ämne, bindemedlet, och ett flytande vari bindemedlet är löst eller dispergerat (finfördelat) i vatten. Som fästmedel för golvbeläggningar ingår även fyllmedel (filler), klibbmedel och andra mindre tillsatser.

Reaktionslim (härdlim) förekommer i sällsynta fall vid golvläggning. Bindemedlet är flytande och stelnar kemiskt med härdare, t ex polyuretanlim.

Lim skall vara godkänt enligt Arbetarskyddsstyrelsens Lim-anvisningar nr 78 1971. Detta begränsar i Sverige valet av i limmet ingående komponenter.

1.1.1 Dispersionslim

Numera används övervägande dispersionslim vid golvläggning. Sammansättningen beror på användningsområdet och fabrikantens receptur. Vedertagna benämningar på dispersionslim inom golvbranschen är golv- och vägglim, häftlim, våtrumslim och kontaktlim i latexform. Tillverkaren kan ha egna varumärken inom varje grupp.

1.1.2 Golv- och vägglim

Golv- och vägglim är den mest använda limtypen för vinylmattor och -plattor, linoleum, korkplattor, textilmattor m fl material. De består av en polymerdel, i regel en kombination av etenvinylacetat- och akrylatdispersion, vari akrylnitril kan ingå. För att öka klibbeffekten tillsätts hartslösning där träharts, s k kolofonium (abietinsyrharts), är löst i en blandning av t ex bensin, toluen, etanol, glykolester. Inerta filler såsom dolomit, krita m fl tillsätts för att styva upp limskiktet, förkorta bindetiden och reducera kostnaden. Därtill kommer mindre tillsatser av vätmedel, skumdämpare och konserveringsmedel.

På grund av tillverkares och råvaruleverantörers sekretess kring recepturer och dispersionssammansättning kan inga detaljerade uppgifter lämnas men en ungefärlig formulering kan se ut på följande sätt:

polymerdispersion (50 - 60 %-ig)	40 - 45 %
kolofonium	7 - 8 %
filler	30 - 35 %
lösningsmedel	4 - 5 %
extra vatten	5 - 8 %

Torrhalten är vanligen 65 - 70 % vilket innebär ett limskikt under mattan på ca 150 g/m<sup>2</sup>.

Det för klibbeffekten nödvändiga hartset har också negativa egenskaper. Hartset kan förtvälas i alkalisk fuktig miljö. Hartset kan också påverkas av migrerad mjukgörare från vinylbeläggning med önskad klibbighet som följd.



Huvudbindemedlet i limmet, den högmolekulära polymeren, ökar emellertid motståndsförmågan, vilket erfarenheterna visar. I regel klarar limskiktet 90 - 93 % relativ fuktighet.

### 1.1.3 Häftlim

Häftlim ger som namnet antyder ett starkt häftande limskikt efter torkning. De används vid läggning av vinylmattor i våtrum, där mattkanterna viks upp mot väggen.

Häftlim har liknande sammansättning som golv- och vägglim men innehåller i regel enbart akrylpolymer och större hartsmängd (10 - 15 %) som ökar klubbeförmågan. Häftlim blir därigenom mindre beständiga mot alkalisk fukt och mjukgörare. Trots reducering av kohesjonen i uppmjukat limskikt fungerar häftlimmet tillfredsställande då vinylmattorna alltid svetsas i fogarna.

### 1.1.4 Kontaktlim

Kontaktlim (latexlim) används i mindre omfattning när en omedelbar vidhäftning erfordras och häftlim inte räcker till.

Kontaktlim består av kloropren-gummilatex (ca 50 %) och som klubbmedel i regel terpenfenolhartser, som inte påverkas i nämnvärd grad av alkali och mjukgörare. Dock mjukas limskiktet upp i vatten (vitnar) på grund av hydrofila emulgatorer i limmet.

### 1.1.5 Våtrumslim

Våtrumslim är speciellt avsett för vägglimning av tunn vinylplast men det kan också i vissa fall användas som golvlim.

Våtrumslim består huvudsakligen av en etenvinylacetatdispersion utan hartser och andra tillsatser, som kan orsaka missfärgning. De har god mjukgörarresistens. Missfärgning sker när hartset eller andra kemikalier löses av mjukgöraren i vinylmaterialet och dras upp till ytan.

## 1.2 Lösninglim

För 20 - 30 år sedan var harts-spritlim, s k mattcement, den mest använda limtypen till linoleum. De förekommer numera i blygsam omfattning.

Kontaktlim i lösningsmedelsform användes tidigare till vinylbeläggning i våtrum men får sedan 1971 ej förekomma annat än vid limning av mindre ytor på grund av hälsorisk och brandfara genom den höga halten lättflyktiga och eldfarliga lösningsmedel. De av Arbetskyddsstyrelsen fastställda hygieniska gränsvärdena på lösningsmedelsångorna får ej överskridas (Anvisning nr 100 1978).

### 1.2.1 Harts-spritlim

Harts-spritlim för bl a linoleum kan bestå av 25 - 30 % kolofonium löst i 20 - 25 % etanol och förstärkt med någon polymer, t ex polyvinylacetat eller polyvinyleter (2 - 5 %), samt 40 - 50 % filler.

Eftersom hartset är lätt hydrolyserbart i alkalier blir betong-fukttresistensen dålig. Harts- och spritlim stryks därför aldrig direkt på nya betonggolvet utan isolerpapp eller fuktisolering.

### 1.2.2 Kontaktlim

Kontaktlim används vid limning av t ex trappnosar och socklar eller vid uppvik och kring golvbrunnar i våtrum.

Kontaktlim kan bestå av 25 - 30 % polykloropren + terpenfenol-hartser och 70 - 75 % lösningsmedel, t ex toluen-bensin-etyl-acetat, samt mindre mängd oxider och andra kemikalier. Alkali-beständigheten och mjukgörarresistensen är god. På lång sikt kan dock en mindre uppmjukning ske, i synnerhet vid limning av starkt mjukgjorda vinylmaterial.

## 2 FUKTISOLERING

### 2.1 Allmänt

Under många år har bstrykningsmedel för isolering av betong-golv använts som skydd mot mark- och byggfukt. Tidigare förekom asfaltlösning vid linoleumbeläggning, oftast tillsammans med underlagspapp. När vinylmaterialen så småningom tog över större delen av marknaden passade inte asfalten. Den ersattes till en början med förtunnat kontaktlim (neoprenlösning) med stor brand- och hälsorisk.

Nästa steg blev en fuktspärr av epoxi, effektiv men diskutabel ur hälsosynpunkt för arbetarna.

Alkalibeständiga hartslösningar förekom men avlöstes sedan sedan 1977-78 av de nuvarande fuktisoleringsmedlen baserade på PVDC-bas, se 2.2.

### 2.2 Fuktisolering av PVDC-dispersion

En polyvinylidendispersion (PVDC) med ca 50 % torrhalt stryks på minst två gånger på betonggolvet (spacklet). Det ger ett gott diffusionsmotstånd mot betongfukt (samma storleksordning hos ånggenomgångsmotståndet som 0,2 mm polyetenfolie) men hindrar inte genomgång på lång sikt vid hög fuktbelastning, t ex 100 % r f i betonggolvet på mark. Enligt HusAMA 83 erfordras fuktisolering vid 85 - 98 % r f (beroende på typ av beläggning). Vid högre fuktvärden blir isoleringseffekten osäker.

BETYDELSEN AV AMMONIAK OCH AMINER VID MÖRKFÄRGNING AV  
EKTRÄ (QUERCUS ROBUR) OCH KORK FRÅN KORKEKENS BARK  
(QUERCUS SUBER)

Fil dr Sture Strömberg  
KTH, inst för organisk kemi

Denna rapport ingår som en delrapport till BFR-projektet  
Skador i golv.

BETYDELSEN AV AMMONIAK OCH AMINER VID MÖRKFÄRGNING AV EKTRÄ  
(QUERCUS ROBUR) OCH KORK FRÅN KORKEKENS BARK (QUERCUS SUBER)

1 OMFATTNING

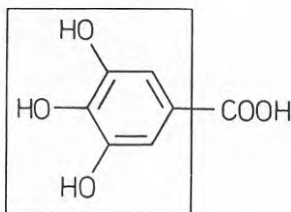
Föreliggande rapport är en sammanfattning av en litteraturgenomgång, som endast omfattat monografier, översiktsartiklar och handböcker, men som kompletterats med synpunkter inhämtade från forskare och tekniker med erfarenheter inom fenoldehydrogenerering, träkemi, naturproduktkemi, ligninkemi, organisk kemi, träteknik och limteknik.

Genomgången redovisades muntligt 1983-01-27 för referensgrupp 3 inom BFR-projektet Skador i golv.

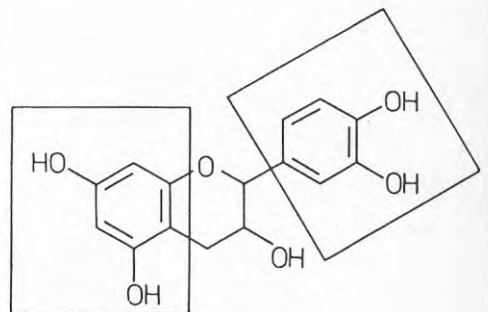
2 REDOVISNING

Ek och korkek utgör träslag med särskilt hög halt av garvännen, även benämnda tanniner eller polyfenoler. Mörkfärgningen beror på att garvämnena bildar färgade föreningar. Dessa föreningar är polymera och har komplicerad struktur och sammansättning, som inte är känd i detalj.

På empirisk grund indelas garvämnena i hydrolyserbara och kondenserbara tanniner. Mycket förenklat kan dessa två typer sägas karakteriseras av var sin dominerande "moderförening", gallussyra (figur 1) i hydrolyserbara och catechin (figur 2) i kondenserade tanniner. De fenoliska strukturelementen är inringade i figurerna 1 och 2.



Figur 1. Gallussyra.



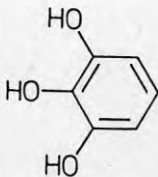
Figur 2. Catechin.

Färger uppkommer genom att "moderföreningarnas" fenoliska delar dehydrogeneras och oxidativt kopplas eller, som man säger i dagligt tal, oxideras och polymeriseras. Reaktiva specier uppstår då och bygger på olika vägar upp mörkfärgade polymerer, bl a via en kedjereaktion.

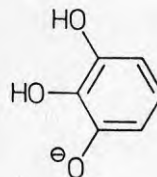
Två reaktionstyper kan nämnas, enzymatisk dehydrogenering samt autoxidation. Båda förekommer i levande och färskt material. I torkat trä är endast autoxidation av betydelse. Båda är radikalreaktioner med mycket likartad initialmekanism. Reaktionen initieras genom bildning av en s k resonansstabiliserad fenoxiradikal. Mycket förenklat kan autoxidationens initialskede beskrivas sålunda:

Oxygen (luftsyre) genererar en fenoxiradikal från "moderföreningens" joniserade fenoliska del, dvs dess anjon (figur 4). Förutom i initialskedet av kedjereaktionen kan oxygen också delta i uppbyggnadsstadiet av polymeren (propageringen). Oxygen är en s k elektrofil och föredrar negativt laddade positioner såsom ovan nämnda anjoner (figur 4).

Ammoniak och dess organiskt kemiska släktingar aminerna, t ex trimetylamin, har en basstyrka, som räcker för att bilda anjoner av de fenoliska delarna. Uppträder ammoniak eller aminer i trämaterialiet påskyndas därför bildandet av färgade produkter från garvämnen. Som exempel på enzymatisk dehydrogenering kan nämnas den snabba mörkfärgningen av snittytor hos vissa frukter, t ex äpple, päron eller banan.



Figur 3. Pyrogallol.

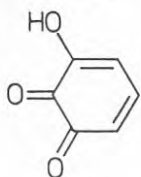


Figur 4. Anjon av pyrogallol.

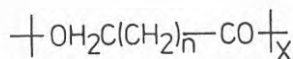
En av de vanligaste fenoliska strukturelementen hos garvämnen är pyrogallol (figur 1 och 3). Som ett mått på garvämnenas reaktions-

benägenhet gentemot oxygen kan nämnas att den vanligaste laboratoriemetoden att befria nitrogen (kvävgas) från restmängder oxygen tidigare bestod i att bubbla nitrogen genom en alkalisk lösning. Även med de små mängder oxygen som fanns i nitrogen svartfärgades lösningen inom loppet av minuter. Detta ger även en fingervisning om intensiteten hos uppkomna färgämnen.

Strukturelement som kan uppkomma vid autoxidation av "moderföreningarnas" fenoliska delar kan utgöras av s k kinoner (figur 5). Det är känt att kinoner kan addera aminer och resultera i färgade polymerer, men kinoner kan även reagera med fenoliska anjoner till mörkfärgade humusliknande produkter.



Figur 5. Kinon.



Figur 6. Suberin.

Flera av korkens speciella egenskaper kan hänföras till ett polymert material suberin, som är en polyester (figur 6) av hydroxyfettsyror, en s k polyestolid. Under mer drastiska betingelser (värme, stark alkali) kan denna polyestolid hydrolyseras. Vid de förhållanden som råder i praktiken bör nedbrytningen på grund av hydrolys av suberin vara ringa.

### 3 SAMMANFATTNING

Träslagen ek och korrek är rika på garvännen. Dessa kan under härför gynnsamma omständigheter bilda starkt mörkfärgade produkter. Den kemiska bakgrunden är till en del känd. Alkaliska betingelser verkar starkt accelererande på bildandet av färgade föreningar.

Det är därför sannolikt att närvaro av även små mängder ammoniak och/eller aminer på sikt bidrar till mörkfärgning. Vidare är bildningen av färgade produkter från nukleofila angrepp av aminer på kinoner en väl känd reaktionstyp. Sådana reaktioner är troligen också av stor betydelse vid mörkfärgningen av tanninhalteniga material.



## LITTERATUR

Hillis, W, 1962, Wood Extractives. (Academic Press.)

Taylor, W, J, Battersby, A, R, 1967, Oxidative Coupling of Phenols.  
(Marcel Dekker.)

Ollis, W, D, 1961, Chemistry of Natural Phenolic Compounds.  
(Pergamon Press.)

Gustavson, K, H, 1956, The Chemistry och Tanning Processes.  
(Academic Press.)

Rodd's Chemistry of Carbon Compounds. 2nd Ed. Vol. III Part D.  
1976. Elsevier.

Kollmann, F, Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe.  
Zweite Auflage.

Zechmeister, L, Fortschritte der Chemie Organischer Naturstoffe.  
Vol. 3, 5, 9, 11, 13, 16, 17, 28 och 47.



KOMMUNALHUSET I GÄLLIVARE - FÖREDRAG 1983-04-26

Byrådir Lena Dahlgren  
Arbetskyddsstyrelsen

Denna rapport ingår som en delrapport till BFR-projektet  
Skador i golv.

Inneklimat och industriventilation tisdagen, den 26 april  
session III "Sjuka byggnader"

#### Kommunalhuset i Gällivare

Lena Dahlgren, byrådirektör, arbetarskyddsstyrelsen, 171 84 Solna.

Under hösten 1981 kulminerade problemen i den nybyggda delen av Gällivare kommuns förvaltningsbyggnad. Över 50 % av de anställda i byggnaden uppvisade ett eller flera av de symptom som sätts i samband med sjuka byggnader.

Nybyggnaden, som är sammanbyggd med den gamla delen av kommunalhuset, består av källare, två plan samt vindsvåning. Plan 1 och 2 utgörs av kontorslokaler och i vindsvåningen finns bl a motionslokaler med bastu.

Byggnaden är utförd av konventionellt byggnadsmaterial. Pelarstomme och bjälklag är av betong. Ytterväggarna består av fasadtegel med en isolering av mineralull mot betongvägg. Innerväggarna är till övervägande delen uppförda av gipsskivor. Golven är avjämnade med flytspackel och ovanpå detta är golvbeläggning limmad. Golvbeläggningen utgörs i kontorsrummen av linoleummattor, i korridorer av vinylplattor och i övriga utrymmen av cork-o-plast.

Byggnaden projekterades under 1978 och uppfördes under 1979 med planerad inflyttning 1 april 1980. Månaden före inflyttning inträffade ett vattenläckage på vindsvåningen som orsakade att ca 75 % av byggnaden vattenskadades. På grund av saneringen efter vattenskadan uppsköts inflyttningen till 1 juni.

Redan på hösten samma år anmälde en kvinna nytillkomna eksem som enbart kom på arbetet, men riktigt akut blev inte situationen förrän under hösten 1981. Enligt företagsläkarens rapport, som grundar sig på intervjuer med sammanlagt 63 personer som arbetat inom byggnaden, uppvisar 54 personer ett eller flera symptom. Torrhet i mun

och svalg, huvudvärk och trötthet rapporterades av ca 50 % och besvär som ögonirritationer, hudrodnad och ansiktsklåda av ca 30 %. Dessutom förekom två allvarliga fall av periorbitala eksem (eksem runt ögonen).

I november började personalen flytta till andra lokaler och i februari 1982 var byggnaden utrymd.

Utredningsarbetet startades redan i september och ett antal mätningar utfördes, men de flesta visade inget anmärkningsvärt. Detta gäller t ex formaldehydhalt, strålning från belysning, kemisk och mikrobiell luftanalys. I de rum som hade linoleummattor kunde förnimmas en svag lukt, som blev stark och obehaglig vid vaskning. Viss missfärgning av cork-o-plastgolv observerades även. Detta gjorde att intresset riktades mot golven, speciellt sedan det framförts misstankar om att anaeroba sporbildande bakterier kan tillgodogöra sig vissa näringsämnen som förekommer i spackel och genom sin metabolism förorsaka problem av teknisk och sanitär natur, som t ex de observerade.

Förhållandena i Gällivare förvaltningsbyggnad föranledde en fråga i riksdagen angående flytspackelproblematiken. Dåvarande statsrådet Friggebo uppdrog åt Statens planverk och Byggforskningsrådet att låta utreda frågan.

Utredningen omfattar teknisk skadeinventering, bedömning av hälsorisker samt teknisk bedömning av skadornas uppkomst. Skadeinventeringen visar att problem förekommit i ett stort antal hus i olika delar av landet. De mest frekventa skadorna är missfärgning av korkplattor och parkett samt obehaglig lukt. Skadefrekvensen uppskattas till någon eller några procent av de sedan 1977 på flytspackel lagda golven om totalt 10-15 miljoner m<sup>2</sup>.

De medicinska problemen är svårutredda, men man har med bestämdhet avvisat tanken att de i låga halter påvisade mikroorganismerna skulle orsaka fortskridande och bestående infektionssjukdomar hos dem som visats i miljön.

De tekniska undersökningarna är ännu inte avslutade, men hittills finns inget stöd för teorin att de isolerade mikroorganismerna spelar någon framträdande roll vid uppkomsten av de iakttagna skadorna. Mikroorganismer har påvisats, men endast i låga halter. Det anses vara en förutsättning att mikroorganismer skall förekomma i betydande mängd för att de skall kunna orsaka skada. En troligare mekanism är att kväveinnehållande föreningar i spackel bryts ner i fuktig alkalisk miljö på kemisk väg varvid bl a ammoniak bildas. Om ammoniak anrikas under golvbeläggningen kan den ge upphov till skador som t ex missfärgning av korkplattor. Den fuktiga alkaliska miljö som ofta råder i problemgolv kan också orsaka nedbrytning av mjukgörare som finns i golvbeläggningar av PVC och därigenom bidra till den dåliga lukt som ibland uppträder.

I Byggeforskningsrådets lägesrapport 1983-02-15 avråder man från användning av "tillsatser i spackel som efter beläggningen avger ammoniak, även vid en senare ofrivillig nedfuktning av materialet".

I maj 1982 gavs VBB i uppdrag att utföra en analys av inomhusklimatet i förvaltningsbyggnaden i Gällivare. Vid den klimat- och luftkvalitetsanalys som utfördes av YMC, Göteborg, konstaterades att flera ogynnsamma faktorer uppträtt i kombination med varandra

- låg luftfuktighet
- höga laddningshalter
- höga uppladdningspotentialer
- förekomst av grovkornigt damm

dessutom detekterades gasavgivning från golvet under mattan.



Undersökningarna ledde fram till ett åtgärdsprogram som omfattade golvsanering, översyn och sanering av ventilations-systemet samt dammsanering. Golvmattor och spackel avlägsnades. Betongen fick torka ut och noggranna fuktmätningar utfördes innan nytt spackel av konventionell typ och nya mattor med högre konduktivitet lades. Hela ventilationssystemet rengjordes och vissa delar byttes ut. Ventilationen går nu dygnet runt och i systemet med återluftsinblandning är halten returluft låg. Hela byggnaden har rengjorts noga från damm.

I mars i år startade återinflyttningen till förvaltningsbyggnaden. Hela personalen har flyttat tillbaka och ännu har inga klagomål rapporterats.



MINNESANTECKNINGAR FRÅN SAMMANTRÄDE OM PROBLEM  
MED INOMHUSKLIMATET I NYBYGGDA BARNSTUGOR

Byrådir Elisabet Erwall  
Socialstyrelsen

Denna rapport ingår som en delrapport till BFR-projektet  
Skador i golv.

SOCIALSTYRELSEN  
Byrå FAP 3  
Tf ad Elisabet Erwall  
Ed Arne Edholm

1982-04-02

## MINNESANTECKNINGAR

från

sammanträde om problem med inomhusklimatet i nybyggda barnstugor

### 1. INLEDNING

Ordföranden Lennart Rinder hälsade välkommen och gav en sammanfattning av de problem rörande inomhusklimatet i nybyggda barnstugor som föranlett sammanträdet. LR framhöll vidare att mot bakgrund av den omfattning problemet förefaller ha, är det värdefullt att företrädare för berörda myndigheter och andra organisationer samlas för en diskussion angående fortsatta åtgärder för att avhjälpa problemen i barnstugorna. Myndigheterna/organisationerna bör enas om riktlinjerna beträffande arbetet med att identifiera de faktorer som utlöser de s k dagissjukesyntomen samt hur dessa faktorer skall elimineras.

### 2. LÄGESREDOVISNING

I verksamheten vid SML:s bostadshygieniska sektion pågår i samarbete med Stockholms universitet ett flerårigt projekt för att utarbeta underlag för ventilationsnormer. I projektet ingår kartläggning av luftkvaliteten i olika typer av byggnader, bl a barnstugor. Vid studium av husets funktion som föroreningsalstrare/luftrenare har bl a ventilationstekniska problem undersökts.

SML

Ett undersökningsobjekt är en barnstuga, byggd 1979 enligt Svensk Byggnorm (SBN) 1975, i Nacka kommun. Barnstugan har mekanisk ventilation med återluftssystem. Föroreningsnivån utomhus är låg och några luftkvalitetsproblem inomhus föreligger inte heller. Kemiska analyser genomförs av luften i barnstugan. SML har utvecklat och utvärderat en väl fungerande metod för att undersöka flyktiga organiska ämnen i inomhusluft. Av genomförda undersökningar kan

följande slutsatser dras:

- Koncentrationerna av organiska ämnen i inomhusluften är
  - = mycket högre än utomhus
  - = mycket lägre än arbetarskyddsstyrelsens hygieniska gränsvärden
  - = ungefär lika i problemhus och problemfria hus.
- De organiska ämnena kommer främst från byggnaden själv, ej från människorna.
- Rekommendationer för nybyggda hus
  - = ingen återluftförling under de första 6 månaderna
  - = därefter begränsad återluftförling till dess att byggnaden är 18-30 månader.

I en barnstuga utan hälsoproblem analyserades organiska ämnen i inomhusluften med gaskromatografi. Av totalt 160 toppar i kromatogrammen har hittills 32 ämnen identifierats i högre halter.

För att systematiskt kunna studera prediktionsmöjligheter när det gäller luktande och andra irriterande ämnen i gasblandningar har en databas med hittills 500 profiler (kemiska och lukt-) från luftprover byggts upp. Genom jämförelse av olika kemiska profiler skall möjligheterna undersökas att urskilja mönster som karakteriserar problemhus respektive "normalhus".

Exempel på besvärssymtom i problemhus (problembarnstugor) är bl a ögonsveda, torr/ond hals, torr hy, utslag, huvudvärk, klåda, bihåleinflammation, yrsel, heshet, långdragna infektioner.

Kommunalarbetsareförbundets erfarenheter av bl a besvärssymtom stämmer väl överens med SML:s redovisning.

SKAF

Svenska facklärarförbundet genomförde 1981 en undersökning av 800 nybyggda barnstugor och skolor i landet. Undersökningen visade att 40% av undersökningsobjekten har problem som förknippas med dålig luftkvalitet.

TCO/SFL

Med ledning av sammanställning av undersökningsresultaten har SFL givit rekommendationer om åtgärder gällande ventilation, brister i

konstruktionen, risk för läckage, bristande skötsel (t ex igensatta filter), risk för mögelbildning etc (tekniska aspekter).

Undersökningen visade bl a att aktiviteter i barnstugorna och skolorna bedrevs i "olämpliga" utrymmen eller på olämpligt sätt. Som exempel kan nämnas att utrymmen som inte var avsedda för vattenlek ändå utnyttjades för detta. Vidare visade undersökningen att impregnerat trä användes i slöjdverksamheten och att begagnade mjölkförpackningar som kunde orsaka mögelbildning användes i bygg- leken. Det kan inte uteslutas att dessa "felaktigt" bedrivna aktiviteter har bidragit till eller orsakat de problem som förknippats med dålig luftkvalitet.

I Stockholms kommun har mellan 1977 och 1982 problem av här aktuellt slag noterats på ett 80-tal av totalt 1 500 daghem och fritidshem. Som exempel på besvärssymtom kan nämnas ögonsveda, torr hud, utslag, torr och ond hals, heshet, bihåleinflammation, yrsel, håravfall. Personer med allergier får ofta en förvärrad situation när de vistas i dessa barnstugor.

Soc. förv.  
Sthlm

De barnstugor som har problem är - med undantag av äldre hus som isolerats med karbamidskum - byggda efter 1975, dvs enligt de nya byggnormerna. Problem förekommer framför allt i

- friliggande barnstugor
- lokaler i nybyggda hus (t ex Dalen, Reymersholme)

På senare tid har problem också rapporterats från några lägenhetsbarnstugor i bostadshus med TF-ventilation och i villor (Kista, Bromsten).

Av samtliga entreprenader med friliggande barnstugor är det bara två i vilka inget hus rapporterat klimatproblem. I just dessa entreprenader har en speciell sorts plattvärmeväxlare för ventilationen använts. I Stockholms kommun är roterande värmeväxlare vanligast. Det kan dock konstateras att det oavsett ventilations-system förekommer problem. En stark glödljusbelysning och en felaktig uppvärmningsanordning för tilluften har resulterat i att vissa barnstugor haft +26°C på eftermiddagarna. Samtidigt har reglersystemet varit utformat så att den höga värmen i tak gjort att takvärmen slagit av med konsekvens att golven blivit kalla.



Mätning av luftomsättningen har visat att denna är mycket ojämn: Den varierar från 0,5 till 4 omsättningar per timme. Ofta är omsättningen relativt låg, ca 1 - 2 omsättningar per timme. Utöver osystematiskt varierande luftväxling förekommer också problem med felaktigt dimensionerad ventilation. Enligt socialförvaltningens uppfattning är en väl fungerande luftomsättning mycket viktig för ett bra inomhusklimat och skötseln av ventilationssystemet är härvid synnerligen betydelsefull.

Som exempel på effekter av olika åtgärder kan följande nämnas.

I en barnstuga genomfördes en omfattande och kostsam ombyggnad med utbyte av spånplattor till gipsskivor, takvärme till el-radiatorer och glödljusarmatur till lysrörsarmatur. Ventilationen förstärktes också. Efter ombyggnaden har barnstugan åter tagits i bruk och fungerar i dag utan störningar. I en annan barnstuga genomfördes mindre omfattande ombyggnader. Bland annat byttes systemet med takvärme ut till el-radiatorer, glödlampor byttes ut mot lysrör och ventilationen ökades. Eftersom resultatet inte blev tillfredsställande är stugan fortfarande stängd.

I Falu kommun har dagisjukeproblemet resulterat i att två barnstugor stängt. I den ena barnstugan undersöks olika fysikalisk-kemiska och mikrobiologiska faktorer av bl a SML. Vid den andra barnstugan genomför kommunen olika åtgärder för att undanröja problemen.

HVN,  
Falun

ASF har två utredningsgrupper som arbetar med ventilation respektive mikroorganismer. Bland annat har ett projekt startats som berör ventilationssystemets inverkan på mikroorganismer.

ASF

Provningsanstalten har 4 klimatkammare i vilken klimatbetingelserna kan varieras. Klimatkammarutrustningen kan användas för att mäta formaldehyd och andra flyktiga ämnen som kan avges från inrednings- och byggnadsmaterial. Utrustningen finns beskriven i Bfr-rapporten "Luftföroreningar från inrednings- och byggmaterial". Där anges även en metod att mäta formaldehydavgivning till luft. Metoden överensstämmer med förslag till europeisk standard. Nya material i kombination med minskad ventilation kan leda till en koncentration av icke önskade ämnen i luften i bostäder. Det är därför viktigt

Sp, Huvudförv.  
Borås

att de provningsmetoder som utformas för att mäta avgivning av flyktiga ämnen till omgivande luft så långt möjligt efterliknar normala betingelser t ex vad gäller inomhusklimatet. Genom att placera t ex byggnadsmaterial i en ventilerad klimatkommare kan man få en uppfattning om vilka halter av ämnen som kan uppkomma eller föreligga i bostäder och andra lokaler.

Inom landstinget pågår en vetenskaplig studie i syfte att undersöka om allergi lättare utvecklas i "dagissjukemiljö". Studien, som är enkätbaserad, kommer att avslutas under hösten 1982. Den kommer bl a att redovisas vid medicinska riksstämman i Stockholm.

Sthlms läns  
landsting

Vid mykologiska sektionen, SBL, utförs rutinemässigt kvalitativa och kvantitativa mykologiska undersökningar i byggnader. Dessutom utförs immunologisk/toxikologiska analyser för utredning av sambandet mellan hälsoeffekter och exponering av mögel - bl a vid en rad barnstugor i landet. För närvarande genomförs under ledning av Kenneth Holmberg, SBL, två forskningsprojekt om hälsoeffekter i samband med mögelexponering. Det ena projektet, som finansieras av ASF, är en jämförande metodundersökning av den kliniska signifikansen av olika immundiagnostiska texter. I det andra forskningsprojektet, som finansieras av BFR, genomförs en undersökning av mögel i byggnader. Denna undersökning syftar bl a till att i longitudinella studier klarlägga mögelförekomst och exponeringsnivå för mögel i representativa svenska byggnader och dess samband med byggnadskonstruktion och ventilationslösningar.

SBL

Vidare kartläggs i vilken utsträckning mögelexponering i bostäder bidrar till hälsoeffekter hos exponerade individer. I samband härmed undersöks i hur hög grad mögelexponering medför immunstimulering och allergisk sjukdom hos exponerade personer. Referensvärden (hygieniska gränsvärden) skall fastställas för sensibilisering mot mögel. Dessa värden ska utgöra bedömningsgrund vid bestämmande av krav på byggnadsutformning, ventilationslösningar och effekten av saneringsåtgärder. För analys av exponerade individers sensibiliseringsgrad mot mögel undersöks serumprov på förekomsten och halten av specifika IgE-IgG-antikroppar mot en panel av allergenextrakt från omgivningsmögelt och mot allergenextrakt framställt från isolerat mögelt i respektive byggnader. För den serologiska analysen används nyutvecklade gel-analytisk teknik.

Problem av s k dagissjukekaraktär förekommer inte enbart i barnstugor. Likartade problem förekommer bl a i kontorsbyggnader. Dagissjukeproblemen har i hög grad förknippats med formaldehyd. Sannolikt beror problemet på en rad samverkande faktorer inklusive psykosociala sådana.

ASS

Byggeforskningsrådet har initierat ett projekt med syfte att ta fram kunskap för att kunna bygga en "felfri" barnstuga.

BFR

### 3. REDOGÖRELSE FÖR BYGGNADSTEKNISKA ERFARENHETER SAMT VENTILATIONSSYSTEM

Enligt socialförvaltningens erfarenhet är de barnstugor som byggts efter 1975 inte sämre byggda än de som togs i bruk före 1975. Där emot ställer täta hus/tätning av hus i energisparande syfte stora krav på ventilationssystemet och skötseln av detsamma.

Soc.förv.,  
Sthlm

Vid användning av roterande värmeväxlare kan läckage på ett par procent förekomma. Rotorn har kontakt med både till- och från-luften. Vid en föroreningskoncentration på 400 ppm är återföringsgraden ca 0 - 5 %. Återföringsgraden ökar procentuellt vid minskad föroreningskoncentration. Vid en föroreningskoncentration på 40 ppm är återföringsgraden 0 - 20 % vilket kan jämföras med en föroreningskoncentration på 40 ppb där återföringsgraden är 30 - 80 %.

SML

Se bilaga.

SIB

### 4. BEHOV AV ÅTGÄRDER

På kort sikt bör följande åtgärder genomföras

SML

- En rådgivande grupp bör bildas för att snabbt ta fram rekommendationer med avseende på byggnadsteknik, materialval, ventilationsteknik, brukarrekommandation, rapportsystem (feed back).

Rekommendationerna kan t ex tas fram via BFR:s grupp Hälsoskydd i byggnader.

Socialstyrelsen bör ha ansvar för samordning av insatser från olika berörda myndigheter/organisationer.

På lång sikt bör följande göras

Ett särskilt programområde för Problem med inomhusklimat i nybyggnader bör etableras.

När det gäller FoU bör

- diagnosmetoder tas fram för aktuella sjukdomar och besvär
- orsaker till dessa besvär/sjukdomar belysas.  
Orsakerna kan vara ämnen, biologiska faktorer, fysikaliska förhållanden, sociala förhållanden, interaktioner (samverkan) mellan olika komponenter,
- identifiering av riskgrupper genomföras
- biologiskt relevanta funktionskrav på byggnader utarbetas.

På kort sikt bör ändringar göras i SBN. Dessa bör bestå av "uppstramningar" med avseende på placering av don, luftomsättning etc.

Soc.Förv.  
Sthlm

Det är viktigt att en samordning av kunskap kommer till stånd. Från lokal nivå måste man kunna vända sig till någon instans som har överblick över vilka olika undersökningar som pågår och vart man kan vända sig för att få olika specialfrågeställningar belysta. Det är vidare viktigt med samordning vad gäller finansiering av olika aktiviteter för att lösa dagissjukeproblemet.

HVN,  
Falun

Socialstyrelsen bör administrativt svara för denna samordning, t ex enligt SML:s förslag.

Yrkesinspektionen bör kunna ge information och råd/stöd till dagispersonalen m fl yrkesmässigt berörda. Detta gäller även yrkesmedicinarna som bör få riktlinjer av ASS.

SFL

Representanter för de organisationer som är företrädare vid dagens sammanträde bör delas upp i grupper enligt följande

ASS

- Den ena gruppen bör bestå av företrädare för socialstyrelsen, arbetarskyddsstyrelsen, statens planverk, byggforskningsrådet, facklärarförbundet samt kommunföreträdare.
- Den andra gruppen, som bör fungera som en fältgrupp, bör bestå av SML som bör ha en central roll samt eventuellt ytterligare berörda organisationer.

Enligt regeringens forskningsproposition är social- och hälsovårdsområdet ett av de prioriterade områdena. För perioden 1982-1986 kan följande tre viktiga forskningsområden urskiljas.

- Hälso- och sjukvård
- Alkohol
- Epidemiologisk forskning.

Av propositionen framgår att även följande områden prioriterats.

- Barn- och familjepolitisk forskning
- Primärvård och socialtjänst
- Miljömedicin.

Beträffande långsiktig kunskapsuppbyggnad inom dessa prioriterade områden kommer planer för fortsatt FoU att presenteras redan 1983.

Enligt DSF:s bedömning bör forskning rörande "dagissjukan" kunna rymmas inom ovan nämnda, prioriterade forskningsområden. Riksdagen har vidare givit regeringen i uppdrag att kartlägga pågående FoU inom barnomsorgsområdet (socialstyrelsen och universitet). Denna kartläggning skall leda till en plan för insatser inom barnomsorgsområdet. "Dagissjukan" bör rymmas även inom denna kartläggning.

Den barn- och familjepolitiska forskningen avser enligt DSF:s uppfattning inte i första hand den typ av problem som diskuteras vid detta möte. Eftersom problemen ändå är angelägna för framtiden vill DSF ha fortsatt tankeutbyte beträffande dessa - framför allt med socialstyrelsen och SML.

Det är väsentligt att en grupp bildas för att samla kunskaper och sprida dessa till berörda målgrupper. Gruppen bör dock inte endast studera problem i barnstugor utan även i andra lokaler där hälso- problem av här aktuellt slag noterats. Detta kommer att tas upp vid BFR:s nästa möte i gruppen för Hälsoskydd i byggnader (april).

BFR

BFR har för övrigt en arbetsgrupp för ventilationsteknik med en målsättning att såväl människan som huset skall "må bra".



En rådgivande grupp bör tillsättas omedelbart. Det bör observeras att problem av här aktuellt slag föreligger i flera typer av lokaler än vad som har diskuterats i dag.

SFL

Sammanfattningsvis föreslås att en arbetsgrupp med representanter för lämpliga organisationer bildas.

SoS

I arbetsgruppen för förslagsvis ingå

- arbetarskyddsstyrelsen
  - socialstyrelsen
  - statens miljömedicinska laboratorium
  - statens planverk
  - Svenska facklärarförbundet
  - Svenska kommunalarbetsareförbundet
- samt eventuellt ytterligare berörda organisationer.

Socialstyrelsen bör kunna fungera som teknisk samordnare/sammanställande.

Gruppen bör ha följande uppgifter.

1. På kort sikt bör följande genomföras.

Kort information bör sammanställas om

- nuvarande kunskapsläge beträffande dagisjukeproblemet
- att problemet kan delas upp i två delproblem med avseende på orsaker nämligen
  - = problem på grund av att anläggningen inte sköts/fungerar som avsett (förvaltningsfråga)
  - = problem vars orsaker hittills är okända eller endast delvis kända och som kan bero på olämplig byggnadsteknik, olämpligt utformat ventilationssystem, olämpligt byggnadsmaterial.
- praktiska erfarenheter vad gäller bl a tillämpning av givna normer för skötsel/drift vilka skall följas noggrannare än vad som i dag på vissa ställen är fallet.

Målgrupper bör vara

- byggnadsnämnderna
- hälsovårdsnämnderna
- yrkesinspektionen
- socialnämnderna.



Informationen bör tas fram under vårterminen 1982. Arbetsgruppen bör träffas ca var tredje vecka för att ta fram denna information.

I anslutning till utskick av informationen bör en enkät sändas ut som underlag för rapportering av berörda kommunala förvaltningar till arbetsgruppen om erfarenheter och omfattningen av de problem som i dag har diskuterats.

2. På lång sikt bör följande genomföras.

Ett nationellt sammanhållet program för "sick buildings at large" bör bildas. Programmet bör vara såväl medicinskt som åtgärdsinriktat.



Elisabet Erwall



# **Fukt i betongkonstruktioner**

*orsaker och åtgärder*

**Lars-Olof Nilsson**

## **Förord**

I föreliggande uppsats redogör civilingenjör Lars-Olof Nilsson, Avdelningen för Byggnadsmateriallära vid Lunds Tekniska Högskola, för det nuvarande vetandet om fukt i betongkonstruktioner. En stor del av erfarenheterna är resultat av avdelningens egen forskning, utförd med anslag från Statens råd för byggnadsforskning.



Fig. 1 Skador på PVC-matta

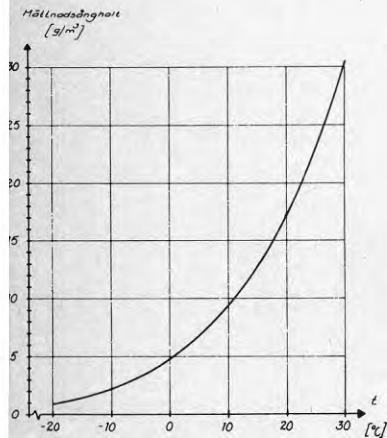


Fig. 2 Mättnadsåmhalten som funktion av temperaturen.

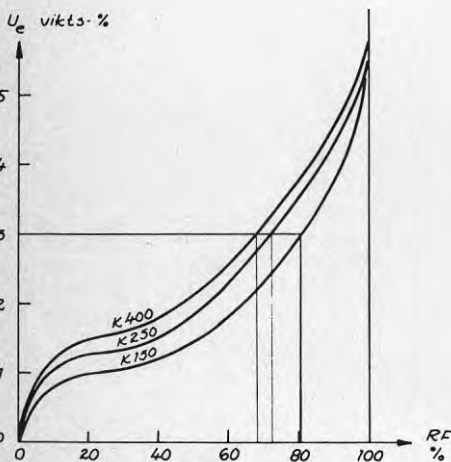


Fig. 3 Jämviktsfuktkurvor för olika betongkvaliteter.

Ärligen inträffar en mängd skador på golvbeläggningar som har sin orsak i för höga fuktillstånd i underliggande betongplatta. Detta beror på att byggfukten i betongen inte fått tillfälle att torka bort eller att fukt tillförts golvkonstruktionen t ex i form av markfukt.

Skadorna yttrar sig främst genom att täta golvbeläggningar, typ PVC-mattor, lossnar från underlaget och bildar bubblor, se exemplet i fig 1. Men även andra golvkonstruktioner är fukt känsliga, t ex övergolv av spånskivor och andra träbaserade material.

I många fall beror skadorna på konstruktionsfel eller fel i inbyggda material, varför kostnaderna för åtgärdande av skadorna blir betydande. Man har uppskattat kostnaderna för skador av dessa typer till mer än 10 milj. kronor per år.

Avdelningen för Byggnadsmateriallära vid Lunds tekniska högskola har under en följd av år studerat dessa problem dels i forskningsprojekt, finansierade av Statens råd för byggnadsforskning, dels genom ett stort antal utförda skadeutredningar. Här redovisas en sammanfattning av våra resultat och erfarenheter, samtidigt som en del grundläggande begrepp om fukt i betong förklaras.

### Fuktbegrepp

Luftens innehåll av vatten i form av ånga definieras oftast genom att ange temperatur och relativ fuktighet (RF). Luftens RF anger vattenånginnehållet i förhållande till ånginnehållet då luften är mättad, dvs då RF = 100 procent. Luftens innehåll av vattenånga vid mätnad är starkt beroende av temperaturen, se figur 2.

Normal rumsluft har en RF av 30—50 procent, och 100 procent RF innebär kondens.

Mängden fukt i ett byggnadsmaterial anges ofta som fuktkvot,  $u$ , uttryckt i viktprocent, dvs fuktkvot uttryckt i procent av materialets torra vikt.

Mellan fuktkvoten vid jämvikt och den relativa fuktigheten i materialets omgivning finns ett samband. Sambandet kallas jämviktsfuktkurva och ger information om hur stort fuktkvoten är i ett byggnadsmaterial som kommit i jämvikt med omgivande lufts RF. Detta samband är mycket varierande för olika material och är t ex för betong helt olika för olika hållfasthetsklasser, vilket åskådliggörs i figur 3.

Sambandet gäller emellertid inte endast i den riktning som nämnts ovan. Har man t ex en viss given fuktkvot i en punkt mitt inne i en betongplatta, talar jämviktsfuktkurvan om vilken relativ fuktighet man har där i materialets porer, dvs hur "fuktigt" materialet är. Har man exempelvis en fuktkvot av 3 procent i betong av olika hållfasthetsklasser, kan man ur respektive jämviktsfuktkurva utläsa att betongen i den högre klassen är betydligt torrare än den lägre vid samma fuktkvot. Av denna anledning är det klart olämpligt att använda begreppet fuktkvot för att ange kritiska gränsvärden för vad golvbeläggningen kan tåla. I stället har vi valt att ange ett kritiskt fuktillstånd uttryckt som relativ fuktighet.

FÖRSLAG TILL KRITISKA FUKTTILLSTAND (i samband med golv)			
Material	Skadetyper	Skadeorsak	RF KRIT (%)
Plastbaserade material	Svällning, blåsbildning	fuktrörelser	95-100
	krympning	mjukgörarvandring + nedbrytning av lim	jfr golvlim
Golvlim	nedbrytning, vidhäftningsförlust	förtvålning, ofullständig torkning	90-95
Träbaserade material	svällning	fuktrörelser	>75
	röta	svampangrepp	~ 80
Organiska material (inkl trä)	dålig lukt	mögelsvampangrepp	~ 75

De kritiska fukttillstånden beror i vissa fall på materialkvaliteter samt i andra på materialens funktion i konstruktionen.

Tabell 1.

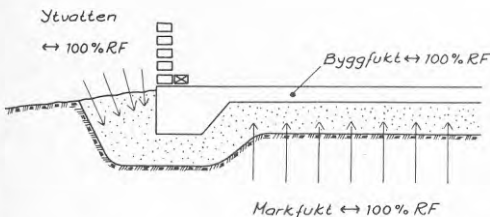
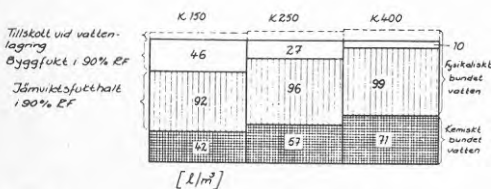


Fig. 4 Fuktkällor aktuella för golv- och grundkonstruktion.

Fig. 5 Byggfukt i betong av olika kvaliteter. Exempel med vattenhalt 180 l/m<sup>3</sup> och membranhärdade. Streckade linjer anger mängd byggfukt vid konstant vattenlagring.

I tabell I ges en sammanställning av de kritiska fukttillstånden för material som är aktuella i golvkonstruktioner. Som riktvärde för limmade plastbeläggningar föreslås högsta värde omkring 90 % RF och för syllar och vid övergolvkonstruktioner av träbaserade material bör ej 75–80 % RF överskridas. De kritiska fukttillstånden beror i vissa fall på materialkvaliteter samt i andra på materialens funktion i konstruktionen.

Ovan föreslagna värden utgör endast en rekommendation och bör omprövas efter det att material i marknaden har genomgått tester under **längre tid**.

De fuktällor som måste beaktas vid golvkonstruktioner är ytvatten, markfukt och byggfukt, jfr figur 4, och konstruktioner måste utformas med nödvändiga skydd mot dessa fuktbelastningar.

## Fukt i betong

### Fuktbindning

Vatten i betong är bundet på olika sätt. En del har reagerat kemiskt med cement och är mycket hårt bundet. Mängden kemiskt bundet vatten är proportionellt mot cementhalten, se figur 5. I betongens por-system är en del fukt bundet fysikaliskt, olika mängder beroende på hållfasthetsklass enligt figuren. Där är markerat den mängd fysikaliskt bundet vatten som får finnas kvar om fuktigheten skall understiga den kritiska enligt ovan. Resten av vattnet måste alltså torkas bort och ur figuren framgår att vid membranhärdning har den högre hållfasthetsklassen K400 mycket lite överskottsvatten, ca en femtedel av vad K150 har!

Sker härdningen istället med konstant tillgång till vatten, kommer den högre betongkvaliteten att ta åt sig mest vatten. De streckade linjerna i fig 5 visar att vid vattenlagring ökar mängden byggfukt för K400 till nästan det tredubbla. K250 får ca 50 % mer byggfukt och K150 ca 20 % mer. Det är alltså **av största vikt att en högre betonghållfasthetsklass inte fukthärdas**, utan en membranhärdning måste användas för att hålla mängden byggfukt nere.

### Uttorkning av byggfukt

Fukttransporten i olika hållfasthetsklasser går naturligtvis olika fort. I K400, som är mycket tät, sker denna uttorkning långsammare än i lägre kvaliteter. Ovan visas emellertid att det är mycket mindre vatten som behöver torkas bort och dessa båda motverkande faktorer inverkar på sådant sätt att erforderlig uttorkning fås avsevärt snabbare för K400 än för K250 och K150, vilket också framgår av tabell II, där man kan utläsa att torktiden för K400 blir ungefär hälften av den som behövs för K250.

I tabellen ges en sammanfattning av hur olika faktorer inverkar på den erforderliga torktiden för betong vid läggning av täta, fukt känsliga ytskikt, som inte klarar högre fuktbelastning än 90 % RF.

Utgångsvärdet för erforderlig torktid i tabell II gäller en normalbetong K250 i en 10 cm tjock platta som



ERFORDERLIG TORKTID FÖR BYGGFUKT I BETONG (vid läggning av täta, fukt känsliga ytskikt; $RF_{KRIT} = 90\%$ )		
"NORMALFALL"		Ex. platta på mark gjutet på plastfolie Erforderlig torktid <b>60 dygn</b>
Vid avvikelse från "normalfallet" multipliceras erforderlig torktid med nedan angivna "multiplikatorer" <input type="checkbox"/>		
VARIABEL	MULTIPLIKATOR	ANM.
BETONGKVALITET	K150 <input type="checkbox"/> ~2x K250 <input type="checkbox"/> 7x K250luft <input type="checkbox"/> ~0,5x K400 <input type="checkbox"/> 0,5-0,6x K400luft <input type="checkbox"/> 0,3x	"luft" = kraftig luftinblandning OBS! För ej utvärderas för vattenbegjutning, regri- & smältvatten
ÅLDER	7 veckas ålder vid torkstart plattjocklek < 15cm <input type="checkbox"/> ~0,7x plattjocklek > 15cm <input type="checkbox"/> 7x	
TORKKLIMAT	RF: 20-50% <input type="checkbox"/> 1x, 60% <input type="checkbox"/> 1,2x, 80% <input type="checkbox"/> 1,5x T: 10°C <input type="checkbox"/> 1,3-1,4x, 20°C <input type="checkbox"/> 7x, 30°C <input type="checkbox"/> 0,6-0,7x	
PLATTJOCKLEK	L = 6 8 10 12 14 16 20 30 [cm] <input type="checkbox"/> 0,4x <input type="checkbox"/> 0,7x <input type="checkbox"/> 1x <input type="checkbox"/> 1,4x <input type="checkbox"/> 1,8x <input type="checkbox"/> 2,3x <input type="checkbox"/> 3,3x <input type="checkbox"/> 6,3x (gäller vid K250, några kvalitetsgr. lägre värden.)	Gäller vid ensidig uttorkning vid tvåsidig är L = halva plattjockleken
UNDERLUGGÅNDE VÄRMEISOLERING	5cm cellplast <input type="checkbox"/> 0,9-1x 15cm lättklinker <input type="checkbox"/> 0,7-0,8x 5cm min ull <input type="checkbox"/> 0,6-0,7x	OBS! Ej plastfolie mellan betong och värmeisolering

Tabell II.

torkar åt ett håll i +20° och 40 % RF. Dessutom förutsätts, att maximal fuktbelastning på ett efter uttorkningen anbragt, tät ytskikt får bli högst 90 % RF. Inverkan av olika faktorer anges med multiplikatorer som normalbetongens torktid, 60 dygn, skall multipliceras med.

Naturligtvis blir noggrannheten sämre ju fler multiplikatorer som används, speciellt om variablerna antar ytterlighetsvärden.

Sammanfattningsvis gäller för att erhålla så kort erforderlig torktid som möjligt bl a

- Hög betongkvalitet, ev. luftinblandning
- Tidig torkstart, uppvärmning
- Tunn platta. Ingen plastfolie på underliggande värmeisolering

### Konstruktiva lösningar

För att skydda känsliga material mot för höga fuktbelastningar av byggfukt, måste den färdiga konstruktionen ges ordentliga möjligheter att torka. Erforderliga torktider kan, enligt ovan, reduceras avsevärt genom lämpligt val av material och konstruktion.

Ett skydd mot markfukt och ytvatten måste däremot utformas redan på ritbordet och kan svårigen rättas till i efterhand om det försummas där.

Kontroll på byggsplatsen att arbetet blir utfört enligt anvisningarna är väsentligt!

### Skydd mot markfukt

Många golvsador har uppkommit därför att betongplattan har tillförts fukt ifrån marken. Det räcker här inte med att bara ha ett kapillärbrytande skikt, utan det erfordras också ett skydd mot transport av markfukt i ångfas.

För att göra en riktig utformning av en grundkonstruktion ur markfuktsynpunkt är det endast några få enkla fysikaliska regler som behöver beaktas. Dessa enkla regler, som beskrivs nedan, är också till god hjälp då en färdig konstruktion skall värderas, med hänsyn till markfukt, med utgångspunkt från ritningar. En hel del skadefall har lösts genom att enbart studera ritningar och på utförda konstruktioner tillämpa dessa regler.

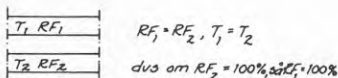
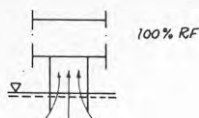
Vissa av reglerna nedan är ytterst elementära, men trots detta har skadefall inträffat på grund av att de inte följts.

#### I. Dränering

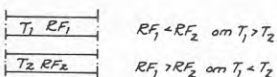
En dräneringsledning kan inte suga vatten från omgivande material utan vatten rinner till ledningen. Man måste därför, vid icke självdränerande jordar, förutsätta att det står fritt vatten under hela huset upp till en nivå som motsvarar vattengången i dräneringsledningen. Konstruktionsdelar som går ned till en nivå under denna, blir med nödvändighet utsatta för fritt vatten som kan sugas vidare kapillärt.

**Åtgärd: Dräneringen läggs tillräckligt djupt!**





$RF_1 = RF_2, T_1 = T_2$   
 dvs om  $RF_2 = 100\%$ , så  $RF_1 = 100\%$

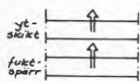


$RF_1 < RF_2$  om  $T_1 > T_2$   
 $RF_1 > RF_2$  om  $T_1 < T_2$

Om  $RF_1$  skall vara  $\leq 90\%$  så gäller

för  $RF_2$ :

$\Delta T = T_2 - T_1$	$RF_2$
$-2^\circ\text{C}$	$\leq 100\%$ (Ex. golv på mark)
$0^\circ\text{C}$	$\leq 90\%$ (Ex. utan isolering)
$+30^\circ\text{C}$	$\leq 20\%$ (Ex. uppvärmt golv)



$K_{\text{spärr}} \leq K_{\text{yt-sikt}}$

II. Material med kapillärkontakt med vatten  
 De flesta porösa byggnadsmaterial är mer eller mindre kapillärt sugande. Om en konstruktionsdel, t ex kantbalk, grundmur eller påle, står i kontakt med fritt vatten och i sin tur har kontakt med andra, kommer fuktbelastningen även på angränsande material att i sin om tid bli 100% RF.

**Åtgärd:** Ett kapillärbrytande materialskikt läggs in mellan alla konstruktionsdelar och dräneringens högsta nivå!

III. Material i ångkontakt utan temperaturskillnad  
 Två material som kan utbyta fukt i ångfas med varandra, även via ett kapillärbrytande skikt, får samma relativa fuktighet om de har samma temperatur. Finns ingen temperaturskillnad mellan en golvkonstruktion och den fuktiga marken, blir konstruktionen lika fuktig som om vatten kapillärt sugits upp; det tar bara avsevärt längre tid. En eventuell avdunstningsmöjlighet "på vägen" kan förhindra att så sker.

**Åtgärd:** Skapa en temperaturskillnad med en värmeisolering eller lägg in en ångspärr!

IV. Material i ångkontakt med temperaturskillnad  
 Vid en temperaturskillnad mellan två material som kan utbyta fukt i ångfas, kommer materialen att eftersträva samma ångtryck. En golvkonstruktion, som är varmare än den fuktiga marken, får lägre RF än 100%. Om en del av golvkonstruktionen är uppvärmd, får övriga delen, som är kallare, en högre RF; risken för kondens är överhängande vid större temperaturskillnader.

**Åtgärd:** Om det varma materialet skall hållas torrt: tillse att temperaturskillnaden bibehålls i hela konstruktionens utsträckning. Om det kalla materialet skall bibehållas torrt, lägg in en ångspärr eller torka ut det fuktiga, varma materialet ordentligt!

#### V. Fuktspärr

För att en fuktspärr skall göra skäl för namnet bör dess ånggenomsläpplighet vara mindre än genomsläppligheten hos ytskiktet.

**Åtgärd:** Använd en tillräckligt tät fuktspärr, en mera genomsläpplig beläggning eller en annan konstruktionslösning!

Ett skydd mot markfukt i ångfas kan teoretiskt utformas på olika sätt. Det är tänkbart att använda en ångspärr under plattan av t ex plastfolie. Eftersom det av naturliga skäl kan vara svårt att bibehålla en ångspärr hel under gjutning är det en metod som är mycket osäker i praktiken. Försök att hindra markfukt med en fuktspärr på plattan har i många fall misslyckats därför att de fuktspärrar som finns i marknaden inte är tillräckligt täta vid användande av plastbeläggningar som ytsikt.

Det tillförlitligaste sättet att stoppa markfukt är därför användande av en värmeisolering, eventuellt i kombination med ett kapillärbrytande skikt om värmeisoleringen i sig själv inte är kapillärbrytande. En värmeisolering medför att det uppstår en temperaturskillnad i de flesta fall på minst 2—3°C mellan golvkonstruktionen ovanför isoleringen och den fuktiga marken. Även om marken har högsta möjliga fukt-

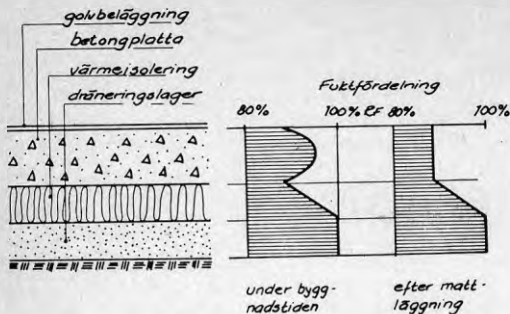


Fig. 6 Golvkonstruktion och fuktfordelning vid betongplatta med underliggande värmeisolering.

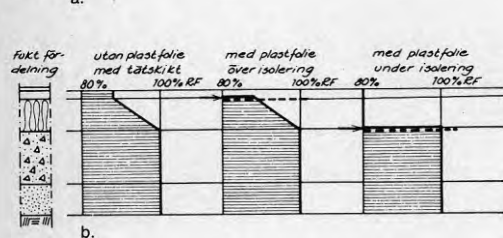
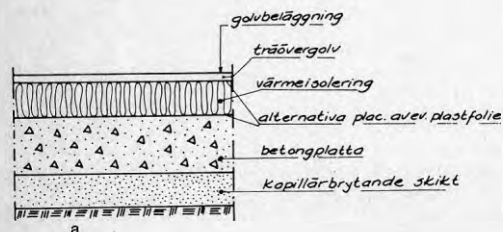
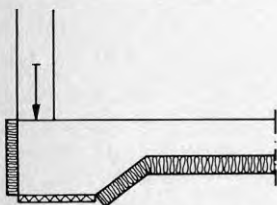
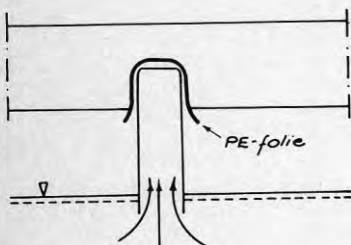


Fig. 7 Golvkonstruktion (a) och fuktfordelning vid betongplatta med överliggande värmeisolering (b).

innehåll, 100 % RF, blir det ångtryck som detta motsvarar avsevärt lägre än mättnadsångtrycket vid den högre temperaturen som golvkonstruktionen håller.

### Underliggande värmeisolering

Principutförandet och fuktfordelningen i denna konstruktionstyp framgår av fig 6. För att konstruktionen skall fungera tillfredsställande krävs att värmeisoleringen är kapillärbrytande eller kompletterad med kapillärbrytande skikt samt att den förmår skapa en temperaturskillnad på minst 2°C.

Det bör observeras att en underliggande värmeisolering måste ligga under **hela** plattan. Det är helt förkastligt att begränsa sig till enbart randisolering eftersom plattans inre då blir helt oskyddad mot markfukt. I vissa fall kan det emellertid vara svårt att ha en obruten värmeisolering av grundläggningsskål vid t ex pålning eller vid kantbalkar och dylikt. Ett pålhuvud som är direkt kringgjutet av platta och som har direkt kontakt med grundvattnet kan fungera som "veke" och tillföra vatten kapillärt till golvkonstruktionen. Pålhuvuden bör därför vattenisolereras med t ex en plastfolie före gjutning.

Vid isolering under kantbalkar och voter där större laster nedföras, kan isoleringsmaterial med större tillåten last väljas. Enbart ett makadamlager är inte tillräckligt utan någon form av värmeisolering bör inläggas.

Observera att det som ovan sagts gäller vid normala temperaturförhållanden. Vid omvänd temperaturgradient, t ex vid värmegrunder eller värmekulvert under huset, måste konstruktionen kompletteras med en ångspärr.

### Överliggande värmeisolering

Principutförandet och fuktfordelningen i denna konstruktionstyp framgår av fig 7. Konstruktionen användes så gott som alltid i kombination med någon typ av träövergolv och måste därför innehålla en ångspärr, plastfolie, för att fuktbelastningen på de träbaserade materialen inte skall överstiga 80 % RF. Detta innebär att värmeisoleringen normalt inte har någon större funktion att fylla som skydd mot markfukt, utan detta fås av ångspärren. Det är därför av största vikt att denna kan bibehållas hel under byggnadstiden och att hela ytan är täckt. Även syllar till bärande mellanväggar måste avskiljas från den fuktiga plattan med en ångspärr såvida lasterna inte är så små att syllarna kan placeras ovanpå isoleringen.

### Praktikfall med enbart randisolering

Detta skadefall visar med all önskvärd tydlighet betydelsen av att isolera hela plattan och inte bara nöja sig med en randisolering som annars är tillräcklig ur värmesynpunkt.

Vid en tillbyggnad utfördes grundkonstruktionen, på samma sätt som i den äldre byggnaden, med en randisolering av lättklinker, enligt fig 8. I övrigt var plattan oisolerad. I figur 8 bör observeras att i byggnadens mitt är plattan isolerad då detta är randisoleringen i den äldre byggnaden.

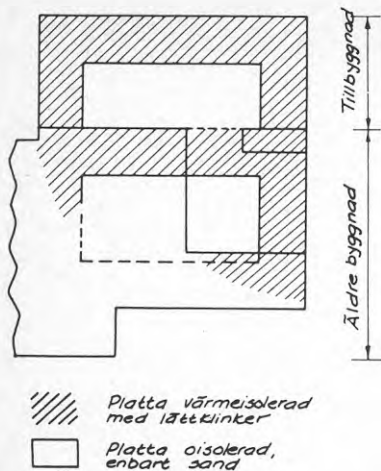


Fig. 8 Betongplattans värmeisolering.

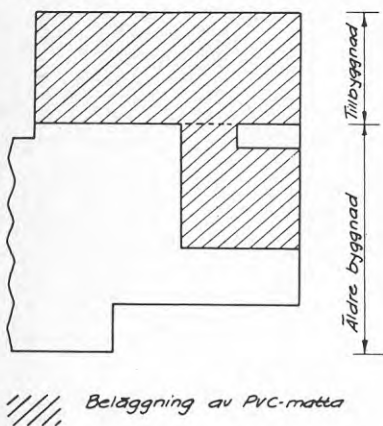


Fig. 9 Golvbeläggning i samband med tillbyggnad.

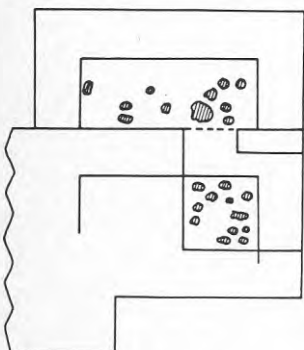


Fig. 10 Ungefärlig skadebild.

I samband med tillbyggnaden lades en tät beläggning i hela tillbyggnaden samt i en del av den äldre byggnaden, så att det finns en kontinuerlig plastmatta över den tidigare randisoleringen i byggnadens mitt, se fig 9. Härvid användes en fuktspärr.

Efter några månader började plastmattan släppa från underlaget och vid skadeinventeringen var skadorna lokaliserade till de områden som framgår av fig 10. Vid en jämförelse med fig 8 upptäcker man att skador har uppkommit enbart där plattan är oisolerad. Över den äldre randisoleringen är plastmattan helt intakt.

På några punkter gjordes en provtagning genom golvkonstruktionen. På de inre oisolerade delarna fanns naturligtvis ingen temperaturskillnad och därmed inget skydd mot markfukt i ångfas. Fuktbelastningen på ytskiktet var här 95—100 % RF.

Där plattan är isolerad, fanns en temperaturgradient av ca 2°C och därmed hade fuktbelastningen minskat till under 90 % RF. Inom randisolerat område fanns en enda skada, intill ytterväggen, och denna kunde med hjälp av ritningarna härledas till en för högt liggande dränering och frånvaro av värmeisolering vid kantbalk.

Av det redovisade skadefallet och givna regler, kan följande enkla råd anvisas vid utförande av golvkonstruktioner på mark:

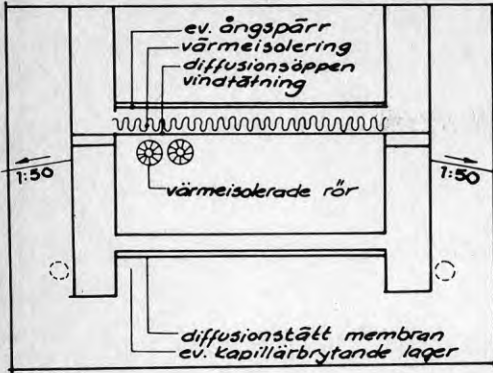
- Lagg dränering tillräckligt djupt!
- Tillse att byggdelar ej kan suga kapillärt!
- Skydda mot markfukt med värmeisolering; enbart randisolering är otillräckligt!
- Lita inte på att en "fuktspärr" alltid gör skäl för namnet!
- Var extra försiktig då fuktiga material har förhöjd temperatur!

#### Krymprumsgrundläggning

Krymprumsgrundläggning med bjälklagsplatta av betong kan ur fuktsynpunkt betraktas som en platta på mark där den kapillärbrytande effekten erhålles av kryputrymmet.

Precis som vid platta på mark, erfordras ett skydd mot markfukt i ångfas och det kan utformas på samma sätt. En värmeisolering under bjälklagsplattan ger detta skydd samtidigt som betongplattan kan torka ut nedåt. Placeras isoleringen ovanpå plattan erfordras, p. s. s. som vid platta på mark, en ångspärr under eller ovanpå värmeisoleringen. Detta innebär att det för grundkonstruktionens funktion inte är nödvändigt att ventileras kryputrymmet. En viss minimiventilation om ca 0.5 oms/h rekommenderas dock för att minska riskerna för korrosion på ev. rörledningar samt mögelangrepp på organiska material som kan finnas kvarlämnade.

En minskning av fuktillskottet till kryputrymmet från marken erhålles med en plastfolie utlagd på marken, dock inte ända in till grundmurarna så att kondensvatten på dessa kan rinna ner i marken.



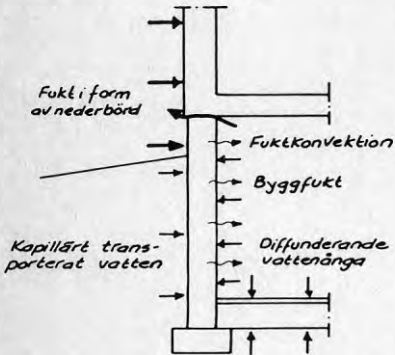
### Källarväggar

Fuktbelastningarna på en källaryttervägg kan jämföras med fuktkällorna vid golv på mark. **Utanför** väggen har man fritt vatten i marken som inte får tillföras väggen. **Inuti** väggen finns stora mängder byggfukt som måste ges tillfälle att torka ut, inåt eller utåt. **Inneluftens** fuktighet kan vid ogynnsamma temperaturförhållanden kondensera på väggens insida eller inuti väggen.

Om man väljer en isolering på insidan stoppas utifrån kommande fukt med slamning och asfaltstrykning men problem uppstår med inneluften. En ångspärr hindrar byggfuktens enda väg att torka ut, men på den delen av källarytterväggen som ligger ovan mark, t ex vid suterränghus, kan kondensproblem uppstå då väggen här är betydligt kallare än delen under mark. En ångspärr bör därför inläggas, men först sedan byggfukten torkat bort i viss omfattning.

En källarvägg av betong bör därför ur fuktsynpunkt utformas som en platta på mark med en värmeisolering av mineralull på den kalla sidan. De yttersta millimetrarna av mineralullen fungerar som dränering av utifrån kommande fukt, medan resten fungerar som värmeisolering. Hela väggen blir varm och har möjlighet att torka ut både inåt och utåt, varför asfaltstrykningen på utsidan utelämnas utom längst ner vid grundsulan. Delen av väggen ovan mark kan isoleras med ett sockelelement, men om denna del är stor rekommenderas invändig värmeisolering av hela väggen.

Dränering inläggs under golvnivå för att ta hand om nedträngande ytvatten genom marken och längs mineralullen. Mellan grundsula och källarvägg bör en fuktisolering göras för att förhindra att markfukt den vägen suggs upp i väggen.





**Litteratur:**

Andersen, N. E., Blach, K. och Christensen, G. 1973, "Fugt 4: Fugt og kældre" & "Fugt 5: Fugt og krybekældre" (Statens Byggeforskningsinstitut). København.

Elmroth, A., 1975, "Kryprumsgrundläggning". (Byggeforskningen). Rapport 12:1975. Stockholm.

Elmroth, A. & Höglund, I., 1971, "Nya källarytterväggar ger bostadsklimat under mark". (Byggförlaget) Stockholm.

Nilsson, L-O, 1977, "Fuktproblem vid betonggolv". (Byggnadsmateriallära, LTH) Rapport TVBM-3002. Lund.

















**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 821190-1  
från Statens råd för byggnadsforskning till Hepa  
Byggkonsulter AB, Vällingby.**

**R193: 1984**

**ISBN 91-540-4293-3**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6704193**

**Abonnemangsgrupp:  
Z. Konstruktioner och material**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirkapris: 55 kr exkl moms**