

# Kartering av skadefrekvens för golvbeläggningar på betongbjälklag

Historisk återblick av golvsystem med parkett eller limmade  
plastmattor

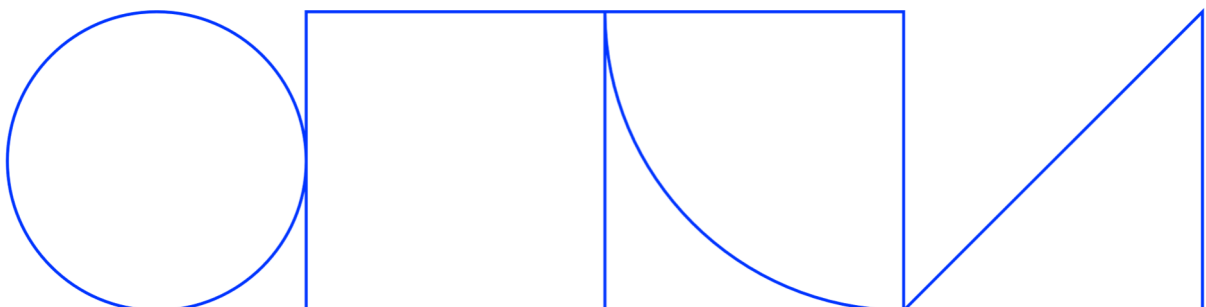
---

Mikael Oxfall  
NCC Sverige AB

Johan Tannfors  
Polygon Sverige AB

Linus Torstensson  
Raksystem AB

2023-08-30



## Förord

Projektledare för projektet tillika huvudförfattare av rapporten har varit Mikael Oxfall NCC Sverige AB. I projektgruppen har även Johan Tannfors, Polygon Sverige AB och Linus Torstensson, Raksystem AB ingått. Delstudie 1 har genomförts och sammanställts av Mikael Oxfall, delstudie 2 av Mikael Oxfall och Linus Torstensson, och delstudie 3 av Johan Tannfors och Linus Torstensson med internt stöd inom respektive organisation. Samtliga i projektgruppen har stöttat i rapportsammanställningen och genom interngranskning.

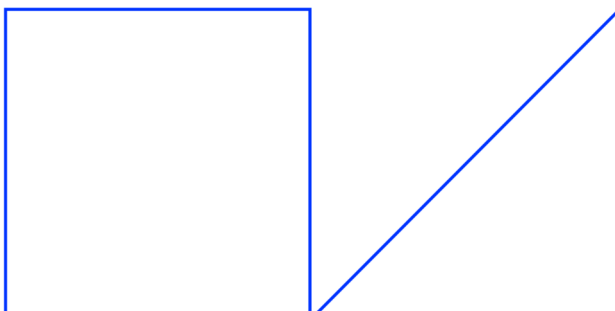
Projektet har primärt finansierats av SBUF. Övriga finansiärer har varit de i projektet involverade företagen samt från respektive projektdeltagares egetid. Ett stort tack riktas till projektets finansiärer för att ha möjliggjort denna studie.

Ett stort tack riktas även till projektets referensgrupp som utgjort ett gott stöd genom projektet, i grupp och genom enskilda insatser. Utan inbördes ordning

Jenny Adnerfall, GBR  
Linda Malirén, Veidekke Entreprenad AB  
Mikael Taberman, Forbo Flooring AB  
Allan Rasmussen, JM AB  
Joakim Hillborg, Skanska Sverige AB  
Anette Ekman, NCC Building Sverige AB  
Stefan Granöö, Tarkett AB

Mikael Oxfall

2023-08-30

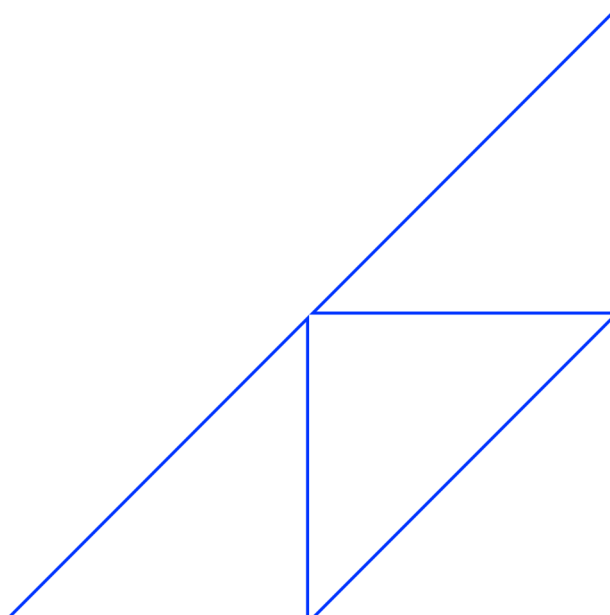


## Sammanfattning

Studiens mål att med en detaljerad skadefrekvenskartering se trender över tid och förklara förändringar kopplat till material- eller byggtekniska-förändringar var ej möjlig inom ramen för projektet. Orsaken till detta var att de från entreprenörerna kända eller inrapporterade skadefallen var så få att dessa ej kunde utvärderas ur ett trendperspektiv. Det går dock att utläsa igenom subjektiva uppskattningen av skadefrekvens att skadefrekvensen över tid har varit låg. Vidare under 10-talet har skadefallen varit mycket ovanligt både vad avser emissions-skador från plastmattor eller svärtningsproblematik hos parkett. Avsaknaden av tydlig skadefrekvens försvårar en analys av vilken inverkan byggtekniska- och materialförändringar har haft på skadefrekvensen. Flertalet av förändringarna torde dock ha medfört en förhöjd säkerhetsmarginal. Exempelvis så medför en tätare betong en mindre inverkan på limskiktets fuktnivå och en ökad användning avjämning tyder på en ökad alkali- och fuktbuffert, detta tillsammans med förändringar i mätmetodik som medför att det generellt mäts högre RF i konstruktionerna bidrar ytterligare till en större säkerhetsmarginal till de olika kritiska RF för olika limmade system.

Problem med förhöjda emissionsnivåer eller förtvålning av lim i golvsystem har varit ett reellt, om än begränsat problem. Ett stort antal studier har genomförts för att beskriva och förstå problematiken och flera åtgärder har gjorts inom byggbranschen för att minska risken för dess uppkomst samt effekt. Tydligt är att varje golvsystem måste beaktas enskilt eller på adekvat grupp-nivå, tex typ av mjukgörare i plastmatta, kemisk bas i lim, mattans täthet, typ av avjämningsmassa, betongens täthet och alkalitet. Att det inte finns en generellt kritisk fuktnivå är tydligt och dessa måste tas fram för respektive materialkombination eller materielsystem för att möjliggöra en kostnads och klimat optimering för systemen med bibehållen låg risk. Metodiken är även avgörande för att minska risken för framtida skadefall i och med att nya material når marknaden.

Baserat på tillgänglig information kring ammoniak-källor i betongkonstruktioner och dess kopplingar till svärtningsproblematik på parkett och hur det ändrats över tid så kan sänkningen av  $RF_{OK}$  från 95 till 90 %RF 2011, retrospektivt, ifrågasättas. Enstaka

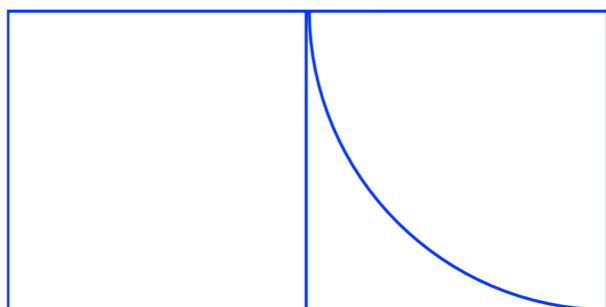


skadefall har uppkommit sedan Heidelberg Materials Cement (Cementa) bytte malhjälpmedel. Det bör dock med tydlighet framföras att problematiken kan återkomma vid förändringar av ingående material och risken för en ökad ammoniakavgång bör därmed beaktas vid införande av nya supplementära cementbaserade material. Vidare bör även kraven möjligen differentieras då risken för svärtning av ett laminatgolv torde vara mycket lågt, även vid förhöjda ammoniaknivåer. Vid förändrade kravnivåer bör dock andra risker beaktas. En återgång till historiska nivåer bör dock ej medföra en förhöjd risk.

# Innehåll

Inledning	5
Bakgrund	5
Problembeskrivning	5
Syfte	7
Metod	8
Litteraturstudie: skadetyper, kravställning, skadehistorik	9
Limmad plastmatta	9
Definition skada	9
Avgörande faktorer för nedbrytningsprocessen	9
Kritisk fuktnivå	10
Trägol, Parkett	12
Definition skada	12
Avgörande faktorer för nedbrytningsprocessen	12
Kritisk fuktnivå	13
Byggteknik, mätmetodik, material	14
Byggteknik	14
Mätmetodik	14
Betong	15
Golvavjämning	17
Lim	18
Plastmatta	20
Parkett/Laminat	22
Tidslinje	22
Skadefrekvensstudie	26
Metodbeskrivning Enkätundersökning entreprenörers eftermarknadsenheter	26
Resultat	27
Fråga 1: Skadefrekvens Plastmatta/Linoleum	27
FRÅGA 2. Skadefrekvens. (Parkett/laminat)	28
FRÅGA 3. Eftermarknadsstatistik	29
Sammanställning skadeutredningar	31
Sammanställning av resultat från frågeformulär	31
Diskussion slutsats	40
Litteraturstudie	40

Limmad plastmatta	40
Parkett	41
Enkätundersökning	42
Skadefallssammanställning	42
Slutsats	45
Referenser	47



# Inledning

## Bakgrund

Byggbranschen har under lång tid arbetat för att styra och modellera betonguttorkningen för att minska risken för uppkomst av skada för limmade plastmattor samt för trägolv genom att nå kravställda fuktnivåer inom produktionstidplanen. Att det förekommer risk för olika typer av skada är känt dock är kunskapen hur vanligt förekommande de är, och har varit, på branschnivå låg.

Under lång tid har utredningar och studier kring uttorkning av betong bedrivits med syfte att förbättra prognosverktyg samt förstå uttorkningsprocessen bättre, tex (Eliasson, et al., 2018) (Stekmarczyk, et al., 2019) (Hedlund & Stelmarczyk, 2020) (Kumlin, et al., 2021). En av de större drivkrafterna för dessa arbeten kopplas till att i produktion säkerställa att betongen i golvbjälklagen torkar till sådan nivå att de underskrider respektive golvsystems krav på högsta tillåtna fuktillstånd (relativ fuktighet),  $RF_{ok}$ . Med högsta tillåtna fuktillstånd avses, i enlighet med BBR 6:52, materialet eller systemets kritiska fuktnivå inklusive beaktan av osäkerheter i beräkningsmodell, ingångsparametrar eller mätmetoder.

De, idag, gällande kraven för när limmade golvbeläggningar får läggas är likvärdiga med dem som förankrades i och med AMA 1998 och för löslagd trägolv AMA 2011. Rådande kontrollprogram för att säkerställa om det är godkänt att lägga en golvbeläggning baseras på en väl etablerad mätmetod delgiven via Fuktmättningsmanual Betong och Avjämning från Råd för Byggkompetens (RBK), som introducerades 1999. Metodiken härstammar från 1979 (Nilsson, 1979) och har tidigare standardiserats 1995 (Nordtest method, 1995). RBK har sedan 1999 uppdaterats med ökad mätnoggrannhet samt mätosäkerhets påslag men fortsatt baserat på samma grundmetodik. Grundpremisen förutsätter dock en kontinuerligt uttorkande betongplatta/bjälklag utan avjämningsmassa samt en helt tät golvbeläggning. Inom ramen för RBK systemet så inkluderas även möjligheten till konstruktionsanpassad fuktomfördelning där materialens egenskaper och en adekvat fuktprofil beaktas, (Kumlin, et al., 2021).

## Problembeskrivning

Den dominerande drivkraften bakom produktionsstrategin för betongstommar i Sverige har varit att korta produktionstiden och i och med det sänkta kostnaderna för projekten. Detta har i kombination med den nationella kravställningen på uttorkning, med tillhörande kontrollprogram, uttorkningsberäkning samt kontroll genom RBK, till del medfört en produktionsstrategi som baseras på omfattande användning av självuttorkande betong. I tidiga tekniska rekommendationer framlyftes ofta användandet av betong med signifikant självuttorkning till tjocka konstruktioner eller konstruktioner som har svårt att torka ut på grund av svåra geometriska former, till exempel tjocka sulor eller voter. Metodiken med självuttorkande betong har dock i mångt och mycket övergått till att hela bjälklagssystem gjuts med betong med en betongkvalité som inte ens används till brokonstruktioner eller kärnkraftverk (Oxfall, 2016).

Produktionsstrategin, kontrollprogrammet och gränsvärdena för de olika golvbeläggningarna har historiskt inte fullt anpassats mot varandra och korrigerats i och med den teknikutveckling och byggtekniska förändringar som skett under de senaste decennierna. Bland de större byggtekniska förändringarna kan nämnas en ökad användning och tjockare avjämnning, ett genomgående lägre vattenbindemedel/cement tal (vbt/vct), högre andel gjutningar med självtorkande (byggfuktsfri betong), förändringar i cementtyp samt införandet av supplementära cementbaserade material (SCM), och förändringar i cementtillverkning, tex typ av malhjälpmiddel. Vid varje förändring ges nya förutsättningarna för de olika nedbrytningsmekanismerna som är kravsättande men även ändrade produktionsförutsättningar.

I de skadekarteringar som finns publicerade från senare tid förekommer emissioner och förtvålningsskador till en låg frekvens. En möjlig orsak till detta är att skadorna ofta är så pass ekonomiskt begränsade att de åtgärdas direkt av entreprenören eller fastighetsägaren (pga. hög självrisk) och därför inte resulterar i försäkringsärenden vilka oftast är underlaget för studierna. I rapporten -Ständiga förbättringar- (Odén & Täljsten, 2018) sammanställs en stor mängd skadefall kopplade till försäkringsärenden. Av 5500 skadefall avsåg 12 skador emission- och förtvålning av golvbeläggning på betongbjälklag, missfärgning av parkett omnämns ej. I Lindvalls rapport från 2014 (Lindvall, 2014) fastställs att inga skador med avseende på svärtning på parkett uppkommit i byggnader uppförda efter 2008.

Få studier har påvisat en hög frekvens skadefall under de senaste åren men problem att nå kravställd uttorkning är dock ett dokumenterat, reellt och aktuellt problem. I Boverkets sammanställning av byggsador (Boverket, 2018) omnämns bjälklagsproblematiken i form av problem med uttorkningstider. I en enkätundersökning presenterad i rapporten, Inventering Uttorkning betong (Svensson Tengberg, 2018) rapporterar 30 % att de upplever problem med uttorkning av betong. Problematiken kopplas till en ökad täthet i betongen genom sänkt vct/vbt eller ökad användning av SCM. Problematik med avseende på osäkerheter vid mätning i tät betong uppmärksammades på bred front runt 2010 och utreddes senare (Johansson, 2016).

En konsekvens av den ökande uttorkningsproblematiken har lett till att ett ökat antal projekt där fuktomfördelningsberäkningar (Kumlin, et al., 2021) genomförs inom ramen för RBK kontrollsystem. Data saknas dock på hur många sådana beräkningar som gjorts och det kan antas att det fortsatt står för en mindre procentandel av projekten. Fuktomfördelningsberäkningar innebär i praktiken att grundförutsättningarna för RBK mätningarna anpassas till det aktuella fallet i stället för det tidigare konservativa antagandet om ett helt tätt tätskikt och avsaknad av avjämningsmassa. Metodiken medför generellt ett lägre krav på uttorkningsnivå i betongen än vid konventionell RBK mätning.

Det kan vidare antas att fuktnivåerna i de bjälklag som golvbeläggs under tidigt 20-tal har en annan fuktfördelning än hur det sett ut under 90-talet när kravnivåerna och mätmetodiken togs fram, samt under, 00-, och tidigt 10-tal, till följd av ändrade bindemedelskombinationer och betongsammansättning. Detta blir tydligt vid jämförelser i materialens sorptionsisotermer där tex en hög slagghalt vid relativt låga

vbt ger en mycket låg fuktkapacitet i det för kravställningen relevanta intervallet samt att betongen blir tätare (Nilsson, 1980) (Norling Mjörnell, 1997) (Olsson, et al., 2020) (Linderoth, et al., 2020). Förändrade egenskaper för betong med hög inblandning av SCM med avseende på dess förändrade täthet var även grunden till de SBUF finansierade projekten kring framtida golvsystem (Stelmarczyk, et al., 2021).

För flytande trägolvsystem har relativt få studier gjorts under senaste 10 åren, skadefallen har som tidigare påvisats varit sparsamma i skadestatistikstudier något som följer slutsatsen från "Emissioner av ammoniak från golvkonstruktioner" (Lindvall, 2014) kring att den under 00-talet dominerande orsaken till ammoniakavgången från underkonstruktionen härrördes från ett malhjälpmedel som användes vid framställningen av cement, som senare ersattes 2008. Om någon ökad trend uppkommit i och med återinförandet av slagg på svensk byggmarknad eller höga halter flygaska har inte påvisats i tidigare studier. Ett fåtal skadefall har dock påvisats till följd av inblandning av frysskyddande tillsatser i betongen.

Sammantaget har stora insatser gjorts kring problematiken med plastmattor och parkettgolv, dock har fokus generellt varit ur uttorkningsperspektivet och ej ur skadeperspektivet under de senaste 10–15 åren. För att validera rådande kontrollprogram och gränsvärden krävs en ökad medvetenhet kring avvikelsernas inverkan och omfattning. Vi vet att det kan bli skador men frågan om, när, hur, och varför är obesvarad.

## Syfte

Projektet avser sammanställa och kartera skadeärenden för golvbeläggningar, primärt plastmattor och parkett, på betongbjälklag och visa hur detta kopplas till teoretisk kunskapsläge, bjälklagsuppbyggnad, hur detta ändrats över tid, samt, om möjligt, sammanställa faktiska skadeorsaker i ett representativt axplock av inrapporterade skadefall. Studien avser komplettera tidigare studier genom att belysa de byggnadstekniska förändringarnas inverkan på skadefrekvensen ur ett eftermarknadsperspektiv och koppla detta till tidigare studier kring skadefenomenen. Projektet syftade till att uppföra en "anonymiserad" sammanställning av skadefrekvens baserad på entreprenadbolagens erfarenheter över en 25 års period. Arbetshypotes för projektet var att det förekom ett större antal skadefall än tidigare påvisats i tidigare sammanställningarna och att skadefrekvensen påverkats i samband med större förändringar i byggteknik, till exempel efter golvbranschens rekommendation om avjämning vid limmade golvsystem, ökad användning av slagg och flygaska i betong, ändrad mjukgörare i plastmattor eller kemisk bas i limmerna. En sekundärhypotes var att de avvikelser som uppkommit på parkett och limmade plastmattor till en avgörande del kan kopplas till vattenläckage eller att golvbeläggning lagts på våt betong-/avjämningsyta, eller icke kompatibla materialkombinationer.

Målet med projektet var att kunna visa på sambanden hur, forskningsresultat, konstruktionslösningar samt materialkombinationer påverkar skadefrekvensen. Produktionen styrs ofta av uttorkningshastigheten av betongbjälklag och därmed av de historiska  $RF_{ok}$  kraven för olika golvbeläggningar. De idag gällande  $RF_{ok}$  kraven är dock inte anpassade till de förändringar i byggteknik som skett sedan införandet och de har inte heller beaktat de förändringar som gjorts med mätmetodiken. Genom att



identifiera sambanden mellan när och varför avvikelser uppkommer ges förutsättningarna för ett adekvat kontrollprogram med systemanpassade kravnivåer. Ett sådant system säkerställer fuktsäkra framtida golvsystem samt möjliggör klimat- och kostnads-optimerat lösningar.

## **Metod**

Del 1:

Litteraturstudie och informationsinsamling för att kartera hur mellanbjälklagens uppbyggnad förändrats de senaste 20–30 åren, hur kravställningen uppkommit och förändrats samt hur litteraturen beskriver skadehistoriken, skadetyper och kopplingen där emellan.

Del 2:

Enkätundersökning där anonym skadefrekvens från entreprenadbolagens eftermarknadsenheter sammanställs. Med anonym skadefrekvens menas att det inte skall framgå entreprenör, region, golvbeläggingsleverantör, produkt eller liknande.

Del 3:

Detaljstudie av stickprovsmässigt urval av Polygon och Raksystems skadefall under 2010 och -20 tal. Sammanställningen och utvärdering av skadesamband med, konstruktionstyp, konstruktionens fukthistorik, samt skadeorsak.

# Litteraturstudie: skadetyper, kravställning, skadehistorik

## Limmad plastmatta

### Definition skada

Definitionen på vad som är en skada i ett golvsystem med limmade plastgolv på ett cementbaserat underlag skiljer sig mellan olika studier. Generellt kan en skada delas in i två huvudgrupper, kemisk nedbrytning som medför "förhöjd" emissionsnivåer samt funktionsskada i lim eller golvbeläggning, till exempel förlorad vidhäftning (förtvålning), försprödning av matta, sprickbildning. Skadetyperna kan uppkomma separat men även tillsammans. I aktuell studie har primärt kemisk nedbrytning av limmade plastmattor beaktats då denna typ av skada är mest frekvent studerat i tidigare utredningar och att det är den som varit styrande i kravställning.

I flera fall påvisas att en viss nedbrytning av limmade plastmattor i en alkalisk miljö alltid förekommer men att avvikelser eller skada först uppstår i sådant fall att nedbrytningsprocessen hastighet accelererar (Hedenblad & Nilsson, 1987) (Wengholt Johnsson, 1995) (Engström, 2008) (Sjöberg, 2001) med flera. Ofta beskrivs skada först när nedbrytningsprodukter kommer ut till omgivningen genom golvbeläggningen (Wengholt Johnsson, 1995) (Persson, 2002) (Sjöberg, 2001) (Alexandersson, 2004) uppmätt till exempel genom FLEC mätningar (Nordtest method, 1995). I andra studier studeras emissionsnivåerna under golvbeläggningen (Grantén, 2004) (Grantén & Granlund, 2020) (Stelmarczyk, et al., 2021) där mätning av emissioner sker på uttaget prov eller frilagd yta. Skada eller avvikelser definieras då när emissionsnivåerna överskrider empiriskt framtagna gränsvärden till exempel (Grantén & Granlund, 2020). Dock så saknas vedertagna medicinska gränsvärden och korrelation mellan emissionsnivåer från golvsystem med hälsobesvär i byggnader (Engström, 2008). I och med avsaknad av kausalitet försvåras förutsättningarna för att definiera vad som är en skada och därmed förekommer olika mätmetoder och bedömningsgrunder. Av förekommen anledning beaktas ofta även försiktighetsprincipen i skadefall.

### Avgörande faktorer för nedbrytningsprocessen

Känt är att alla limmade golvsystem ger upphov till emissioner i olika omfattningen och med viss variation över tid där en initial emissionsökning oftast inträffar i samband med mattläggning. Emissionerna kan delas in i primära emissioner (egenemissioner) och sekundära emissioner vilket avser emissionerna på grund av nedbrytningen/reaktionen av mattan eller golvlimmet i kontakt med tex alkaliskt underlag. Emissionsprofilen varierar beroende på limmets och golvbeläggningens sammansättning samt tidpunkt för mätning efter läggning. Sekundäremissioner uppstår alltid till viss grad i och med materialkombinationen men för att det skall kunna ge upphov till sådana nivåer att det kan påverka angränsade luft och beaktas som skada eller avvikelser så behöver även avgivningshastigheten och varaktigheten beaktas. Exempel på avgörande faktorer för uppkomst av sekundära emissionerna i limmade golvsystem är underkonstruktionens fuktighet, pH, limningsmetoden (Fitsche, et al., 1997) (Sjöberg, 2001) och limtyp (Nilsson, 1977) (Persson, 2002) (Grantén & Granlund, 2020) (Fitsche, et al., 1997). Avgivningshastigheten påverkas vidare av nedbrytningshastigheten och

golvbeläggningens benägenhet att släppa igenom emissioner, och lagringskapaciteten av emissionsprodukterna i underkonstruktionen (Sjöberg, 2001).

Effekten av hög alkalitet och hög nedbrytningspotential av lim och golvmattor tydliggörs både i studier som jämför nedbrytningsprocessen i betong i jämförelse med lågalkaliska avjämningsmassor (Wengholt Johnsson, 1995) (Sjöberg, 2001) (Alexandersson, 2004) (Anderberg, 2007) samt inverkan av vct och bindemedelshalten och dess koppling till nedbrytningsprocessens hastighet (Wengholt Johnsson, 1995). Nära på enhälligt visar studier från 90- och 00-talet att limmade system på avjämnning sänker emissionsnivåerna jämfört med läggning direkt på betong även vid förhöjda RF nivåer (Rittfeldt, 1991) (Anderberg, 2007). I studier från 2020 och 2021 kunde dock påvisas höga emissioner även vid låga RF i lågalkalik avjämnning utan kontakt med betong (Grantén & Granlund, 2020) (Stelmarczyk, et al., 2021). I vissa försök påvisades även ett omvänt fuktberoende med en ökande emissionsnivå vid sänkt RF (Grantén & Granlund, 2020). Förklaring till detta har inte ännu fastställts.

Flertalet studier har under 2000 talet studerat alkalitransportens inverkan på skadefenomenet genom att försöka klargöra en eventuell kritiska fuktnivåer när alkali från betong kan nå avjämnning och därmed medföra en alkaliansamling vid limskiktet och en potentiell hydrolys (Anderberg, 2007) (Åhs, 2011) (Olsson, 2018). Dock har alkali transport i betong påvisats även vid lägre RF nivåer än förväntat varav sådan kritisk nivå kopplat till skadefenomenet inte har kunnat klargöras. På grund fuktens de facto inverkan på skadefenomenet och behovet att i produktion kunna planera och följa upp i produktion har stort fokus under de senaste decennierna legat på att utforma och förfina simuleringsprogram för uttorkningsprediktion, Torka S, BiDry, PPB, samt mätteknik (Brander & Bergström, 2017) (Grantén, 2016) samt RBK systemet.

Att förutsättningarna för en avvikelser eller skada beror på systemets ingående komponenter har varit känt eller misstänkts länge (Nillson, 1977). Under de senaste 20 åren har flera insatser gjorts kring systemkompatibilitet och systemlösningar med syfte att tillgodogöra sig förändrade egenskaper i ingående material för att möjliggöra förbättrade systemlösningar (Persson, 2000) (Persson, 2002) (Anderberg, 2007) (Stelmarczyk, et al., 2021). Systemkompatibilitets perspektivet har behandlats i flera tidigare studier och Golvbranschen införde redan 1999 en testmetod för emissionsmätning av sammansatta system (GBR, 2017). Metod uppdaterades 2004 efter vidareutveckling av LTH (Sjöberg & Anderberg, 2003) och senast 2017. Testmetoden baserades i likhet med studien av Wengholt Johnsson (Wengholt Johnsson, 1995) på FLEC mätningar (Nordtest method, 1995) över golvbeläggningen. Metodiken har dock ej etablerats på bred front utan kravställning och systemval har fortsatt till stor del baserats på icke förvaliderade kombinationer med avseende på nedbrytningsprocessen.

### **Kritisk fuktnivå**

Flera studier (Nillson, 1977) (Hedenblad & Nilsson, 1987) (Wengholt Johnsson, 1995) (Anderberg, 2007) (Alexandersson, 2004) (Åhs & Nilsson, 2010) har genomförts där den kritiska fuktnivån till viss del definierats, oftast med fokus på betongens fuktnivå. Redan 1977 påvisades dock att det inte bör finnas en definitiv kritisk fuktnivå utan att den kritiska nivån är unik för olika

lim/golvbeläggning/underkonstruktionskombinationer. Variationerna påvisades i flertalet efterföljande studier tex. (Hedenblad & Nilsson, 1987) (Rittfeldt, 1991) (Sjöberg, 2001) (Anderberg, 2007) (Alexandersson, 1998) (Grantén & Granlund, 2020) (Grantén, 2004). Skillnaderna i kritiskt RF mellan olika underlag tex olika typer av betong påvisades i bland annat (Hedenblad & Jantz, 1994) (Wengholt Johnsson, 1995). Även effekten av olika limteknik studerats (Fitsche, et al., 1997). I flera studier argumenteras för förändrade uttorkningskrav för system som även innehåller avjämning, till exempel (Alexandersson, 2004) (Anderberg, 2007). För system baserat på en tät betong i kombination med en öppen avjämning ifrågasätts även inverkan från underliggande betong helt, (Stekmarczyk, et al., 2019) (Stelmarczyk, et al., 2019) (Stelmarczyk, et al., 2021).

De första rekommenderade kritiska fuktillstånd angivet i relativ fuktighet (RF) kopplat till limmade golvkonstruktioner baserades på preliminära omräkningar av tidigare gränsvärden för Carbidmetoden (CM) (Nilsson, 1977). CM användes i Sverige fram till 1983 i AMA men omräkningen till RF togs in i AMA RA 78. För golvlim angavs kritiskt RF 90–95 % och för plastbaserade material med avseende på svällning och blåsbildning 95 – 100 %RF. I AMA 83 inkluderades RF fuktkrav i Sverige för första gången. Kravnivåerna var 90% RF i underkonstruktioner som tilläts fortsatt uttorkning och 85% RF i förslutna konstruktioner. Fuktkraven från 1983 var gällande under resterande del av 80-talet och fram till 1998. Under första halvan av 1990 talet genomfördes en rad studier med syfte att klargöra nedbrytningsprocessen och bestämma kritiskt RF och skadedefinition (Alexandersson, 2004) (Wengholt Johnsson, 1995). Resultaten och diskussionerna från Wengholts arbetet (1995) låg sedan till stor del till grund för skärpningar av kravställningen i och med AMA 1998 och införandet av RBK. Noterbart var dock att Wengholt klargjorde att RF kritiskt ligger någonstans mellan 91–94 % RF baserat på FLEC mätresultat på golvsystem limmat direkt på betong med vct 0.63, rekommendationerna tar ej hänsyn till emissioner under golvbeläggningen. Dessa fuktnivåer är dock i paritet med kritiska fuktnivåer enligt från tidigare studier. Två studier från sent 2010 tal och början på 2020 talet (Grantén & Granlund, 2020) (Stelmarczyk, et al., 2021) har dock påvisat höga emissionsnivåer från limmade ytskikt även vid låga RF i underliggande avjämningsmassor, trots avsaknad av betong. Dessa resultat visar åter på att det inte finns ett specifikt kritiskt RF utan att det är systemberoende. Det bör även poängteras att i de två studierna så mättes de förhöjda emissionsnivåerna under golvbeläggningen och inte på dess ovansida i likhet med de flesta tidiga studierna som definierat kritiskt RF. Mätningar över mattorna i studierna visade ej på förhöjda nivåer. Att förhöjda emissionsnivåer under golvbeläggningar förekommit frekvent i tidigare studier kan således inte uteslutas även där låga nivåer uppmätts med FLEC eller annan likvärdig metod.

Noterbart från AMA 1998 och samtliga efterföljande rekommendationer är att resultaten som påvisar att kritiska RF för en låg vct betong ej beaktas. Inte heller beaktas att kritisk RF för system med lågalkalisk avjämningsmassa ligger över kritisk fuktnivå för limning direkt på betong. Förändrade eller nyanserade gränsvärden har föreslagits under lång tid men har ej slagit igenom i byggbranschen.

## **Trägolv, Parkett**

### **Definition skada**

De mest dominerande avvikelserna för löslagda trägolv, parkett eller laminat på fuktsskydd kopplas till fuktbedingade. Av dessa avvikelser avser den övervägande majoritet av rörelser kopplat till för torrt eller fuktigt klimat i rummet, dåligt acklimatiserat material, handhavandefel av brukare tex genom våtrengöring eller repor från produktion. Andra möjliga skador avser mikrobiell skada av organiskt material samt svärtning. I aktuell studie har endast svärtningsproblematiken beaktats då det är den för systemet med löslagt trägolv med fuktsskydd kravställande nedbrytningsmekanismen med avseende på rekommenderad högsta tillåtna fuktnivå.

Med svärtningsproblematiken avses den svärtningen som uppkom i trä genom den kemiska reaktionen mellan frigjord ammoniak från underkonstruktionen och garvsyran i trägolven. Skadan har historiskt förekommit mest frekvent för ekparkett eller korkgolvet eller annat ädelträ på grund av dess hög garvsyrehalter.

### **Avgörande faktorer för nedbrytningsprocessen**

Under 1980 talet var svärtning av ädelträparkett en mycket vanligt förekommande skadetyper. För svärtning krävs tillgång på fri ammoniak och ett material med hög garvsyra. Ammoniak frigörs genom tex nedbrytning av organiska komponenter i cementbaserade materials alkaliska miljö (Ericsson & Hellberg, 1984).

Den dominerande ammoniakällan var under tidigt 80-tal det kaseinhaltiga portlandcementbaserat flytspacklet. Produkten fanns på svenska marknaden 1977 till 1983 under denna period lades ca 20 miljoner kvadratmeter. Av den lagd yta så uppkom skada på ca 5% i närtid (Essunger & Hellström, 1985) dock fortsatte skador kopplat till kaseinhaltigt flytspackel in på 2000 talet.

I betong eller avjämningsmassor förekommer potentiella ammoniakbildande komponenter i flera delmaterial; cement, slagg och flygaska, ballast samt vissa typer av tillsatsmedel där cement, flygaska och tillsatsmedel bedöms som de största riskerna (Lindvall, 2014). Under 00-talet skedde en ökning av ammoniakrelaterade skador med bland annat flera fall av svärtning på parkett.

I Lindvall (2014) kunde dock en tydlig skiljegräns dras vid 2008 efter förändringar i cementtillverkningen hos cementa genom ersättning av malhjälpmedel. Att malhjälpmedlet var den dominerande ammoniakällan tydliggörs då ett mycket begränsat antal skadefall anmälts i byggnader uppföda efter 2008. Att skadefenomenet fortsatt är begränsat kan även påvisas i (Odén & Täljsten, 2018) där en stor mängd skadefall kopplade till försäkringsärenden sammanställdes och av de 5500 fallen omnämns ej missfärgning av parkett samt att skadetyper ej berörs i den Boverket stödda kunskapssammanställningen Fuktsäkra byggnader (Gustavsson, et al., 2021).

## Kritisk fuktnivå

Gällande kravställda fuktnivåer i Sverige för löslagda trägolvtätningslager utan fuktskydd på betong avser max 60 % RF, med fuktskydd typ PE-folie gäller max 90% vid lösläggning. Kravställningen om max 60 % avser risken för mikrobiellt angrepp samt risk för fuktbelastade rörelser i trägolvet. Kritiskt RF för trägolvtätningslager är dock både temperatur och exponeringstidsberoende (Viitanen & Ritschkoff, 1991) men ofta anges ett generell kritiskt RF på 75–80 %RF (Johansson, et al., 2005). Kritiskt RF kopplat till ammoniak-avgång har tidigare angetts till mellan 75 och 85 %RF (Essunger & Hellström, 1985). Under 2010 talet påvisades ånyo att kritiska RF för ammoniakbildning i betong/alkaliskt material låg något över 75% RF (Lindvall, 2014).

Högsta tillåtna fuktnivå för golvtätningslager på fuktskydd var fram till 2011 max 95% RF och avsåg i likhet med kravnivån utan fuktskydd risk för mikrobiell skada på undersida trägolvtätningslager och risk för fuktbelastade rörelser i densamma. I och med AMA 2011 ändrades RF kravet för trägolvtätningslager från tidigare 95% RF till 90% RF, primärt på grund av tidigare svärtningsproblematik under 00-talet. Förslag på revidering av krav har sedermera tagits upp i AMA inför AMA 21 samt AMA 24.

Internationellt förekommer skillnader i uttorkningskrav. I de amerikanska rekommendationerna från National wood flooring association installation guidelines 2019 godtas lösläggning vid 80 %RF vid borrhålmätning enligt ASTM 2170 annars krävs användning av *class 1 impereable vapor retarding membran* dock utan övre gräns (National Wood Flooring Association, 2019). Exempel på produkter upp uppfyller kraven är *6-mil Poly* vilket avser en 0.15 mm PE folie.

RF krav för semi-tät fuktskydd under trägolvtätningslager såsom underlagsfoam har ej undersökts vidare utan får av tillverkare ofta samma kravställning som PE-folie.

# Byggteknik, mätmetodik, material

## Byggteknik

Inga historiska sammanställningar kring bjälklagsuppbyggnad och byggteknik utöver de förändringar som skett inom respektive materialkategori har påträffats. En större generell förändring avser en förskjutning på bjälklagets tjocklek från ca 200 mm på 90 talet till närmare 250 mm 2020. Förändringen beror delvis på ändrade akustikkraV samt möjligheter till ingjutet ventilation. Dominerande byggsystem för bostadsbyggnader är platsgjutna bjälklag eller prefabricerade system baserat på plattbärlag. För kontorsfastigheter och sjukhus har håldäckselement (HD/f) utgjort det mest frekvent använda betongbjälklagsystemet.

## Mätmetodik

Kontroll av fuktnivå i betong kan genomföras med olika metoder, se tabell 1. I Sverige har den dominerande metodiken sedan 80 talet varit kontroll av relativ fuktighet på ekvivalent mätdjup genom borrhålsmätning eller genom uttaget prov.

*Tabell 1 Internationellt jämförelse av mätsystem för att kontrollera fuktnivåerna i betong eller avjämningsmassor för limmad plastmatta.*

Borrhålsmätning RF mätning eller uttaget prov	Sverige: RBK, ett mätdjup, 85 %RF Finland: RT 103333 4/2021, två djup 75 %RF+ 85%RF USA: ASTM F2170, ett djup 85% RF
Calcium Carbide metoden, CM	Tyskland, DIN 4722, Avjämnning
Fuktavgivning genom Kalciumklorid mätning	USA ASTM 1869-22, Vattenfri kalciumklorid mätning, ytfuktighet ca 12-25 mm. Betong. Fukt genom emissionsmätning, 3 pound/1000 ft/24h
RF mätning med RF-prob i isolerad box	Storbritannien: British standard 8203:1996. RF ok 75 % 72h mätning. Ytfukt USA: ASTM F2570-5

Metodiken kring borrhålsmätning, eller uttaget prov, på ekvivalent mätdjup baseras på premisen att när en kontinuerligt uttorkad konstruktion bestående av betong beläggs med en hermetiskt tät beläggning så kommer RF under beläggningen ej överskrida den nivå som uppmätts på ett ekvivalent mätdjup. Metodiken presenterades 1979 och ekvivalent mätdjup på 40%, respektive 20% ansattes för ensidig respektive dubbelsidig uttorkning (Nilsson, 1979). Metodiken togs fram med den materialkännedom som fanns på slutet av 70-talet och med dataverktyg anpassade till dåtida begränsningar, vilket även förtydligas i rapporten. Sedan dess har stora förflyttningar både skett inom materialvetenskapen samt datorverktygens kapacitet. Grundpremisen testades 2010 (Åhs & Nilsson, 2010) i vilken även effekten av hysteres i fuktfixeringen studerades. I studien kunde påvisas att den tidigare modellen med dess grundantagande överensstämde väl med moderna verktyg för en betong med vct 0.65 med SH cement men om hysteres beaktades överskattades fuktomfördelningen med upp till 5%RF.

Samma metodik från 1979 utgör grunden till NT Build 439 (Nordtest method, 1995) samt den svenska RBK-metoden "Manualen för fuktmätning i betong" som togs i bruk vid årsskiftet 1999/2000. RBK metoden har sedan dess genomgått flera större förändringar. Korrigeringarna har bland annat varit: minska RF-givarnas fuktkapacitet och öka montagetets ång-/lufttäthet. Dessa korrigeringar har följdteffekten att vi idag avläser högre RF-värde i betong i jämförelse med före dessa justeringar (Brander & Bergström, 2017). Andra förändringar är utbyte av sensorer samt att metoden uttaget prov plockades bort 2015 då den generellt visat lägre nivåer samt korrigeringar vid lågt vct (Johansson, 2016). Viss korrelation till tidigare nämnda korrigeringar kan utgöra en delförklaring till den under senare delen av 10 talet upplevda problematiken att nå uttorkningskraven, vilket bland annat observerats 2018 (Svensson Tengberg, 2018).

## Betong

Ingen tillförlitlig källa har påträffats som har kunnat sammanställa historiska förändringar i bindemedel- och betongsammansättning. Följande beskrivning utgår från viss litteratur samt diskussioner med betongproducenter i Sverige vid upprättandet av denna rapport.

Ett antal större förändringar har skett med avseende på förändringar i bindemedelskombinationer, vct/vbt, förändringar i bindemedelshalt, typer, kemiska tillsatsmedel i bindemedels industrin samt i betongstationerna.

Vissa förändringar har skett i cementtillverkningen sedan 1990 talet. Under 90 talet utgjorde standard Portlandcement, CEM I, den dominerande cementtypen i betongbjälklag. År 2000 introducerades byggcement, CEM II A-LL, vilket utöver portlandcement även innehåller kalkstensfiller. Runt 2008 ersattes det organiska malhjälpmedel i cementtillverkningen som bedöms vara orsaken till de förhöjda ammoniaknivåerna under 2000 talet. Runt 2010 återintroducerades slagg i större skala i Sverige genom inbladning av Slagg Bremen av Thomas betong. Under 2013/2014 ersatta Cement (Heidelberg Materials) delvis det tidigare byggcementet med den nya produkten Bascement Cem II/A-V. Bascement innehöll utöver upp till 15 % flygaska även kalksten. Byggcementet fortsatte produceras i Skövde. Under 2020 ersattes Bascement med Bascement Slite, CEM II/A-LL, med en mindre andel flygaska, ca 0–5 % och högre andel kalkstensfiller. Under våren 2023 introducerades en ny cement av Heidelberg Materials Cement, Bascement Plus, CEM II/B vilket avses som komplement till Bascement Slite men med en flygaskehalt på ca 20 % och 10% kalkstensfiller.

Det saknas en tydlig historisk tidslinje över hur betongsammansättning, hållfasthetsklass och vbt har ändrats över tid, men vissa tydliga trender kan skönjas. Till exempel har vbt kontinuerligt sänkts i husbyggandsgjutningar sedan 90 talet fram till 2020-talet vilket bland annat illustreras i referensbetonger i utvecklingsprojekt. Från mitten av 90 talet och in i 00 talet hade en traditionell husbyggnadsbetong ett vct eller vbt runt 0.6 - 0.7. När självuttorkande betong introducerades avsågs detta oftast betong med vct på ca 0.4. Under 2010 talet kan en vct på ca 0.45-0.5 anses utgöra standardbetong vid bjälklag med limmad plastmatta och 0.5-0.55 för parkett. Dock har en nedåtgående trend fortsatt och självuttorkande betong med vct/vbt 0.32 är förekommande hos betongleverantörerna under 20-talet. Generellt innebär ett sänkt vct eller vbt en ökad bindemedelshalt samt ökad alkalitet. En ökad alkalitet ökar risken



för alkalisk nedbrytning vid direktlimning på betongen. Avrådan för limning direkt på betong, och primärt betong med lågt vbt, har dock funnits sedan 90/00-tal (Fitsche, et al., 1997) (Persson, 2002) (Alexandersson, 2004) (Anderberg, 2007). En lägre vbt medför dessutom en tätare betong vilket påverkar fukt- och alkalitransporten till det känsliga skiktet.

Under 10 talet har vidare andelen SCM ökat, framför allt under andra hälften. Förändringar i andelen SCM kan innebära ökad risk för ammoniak dock saknas sådan data/statistik. Andel SCM i betong har vidare en inverkan på betongens fukttransportegenskaper (täthet), fuktfixering (fuktbindning), (Olsson, et al., 2020) (Linderoth, et al., 2020) (Stekmarczyk, et al., 2019) (Saeidpour, 2015) samt vid höga nivåer dess alkalitet. Flera studier visar även på att betong med slagginblandning påvisar bättre självuttorkning med relativfuktighetsmätning som referens (Tannfors & Pettersson, 2019).

Stora insatser har gjorts inom framarbetning av program och modeller för att beräkna uttorkningen av betong. Dator verktyget Torka S introducerades 1998 och har sedan dess uppdaterats flera gånger, ver 2.0 2002, ver 2.2 2006, ver 3.0 2010, v 3,2 2015. Under 2009 introducerades BiDry av Betongindustrier och 2018 tillkom fuktmodulen till PPB.

Perspektivet att nyttja högpresterande betong med lågt vct för att tillgodogöra sig det kemiskt bundna vattnet i cementshydratationen introducerades i Sverige konceptuellt i början av 90 talet. Principen möjliggörs genom introduktion av nya typer av flyttillsatsmedel under 80-talet. (Persson, 1992) (Hedenblad, 1994). Tack vare nya flyttillsatsmedel möjliggjordes dessutom självkompakterande betong vilket testades i fullskala i Sverige 1998. 2012 var ca 7% av all färsk betong i Sverige SKB motsvarande siffra 2020 saknas.

Med syfte att begränsa emissionsskador beroende på hög alkali från betong introducerades alkalispärrar på marknaden i under 90-talet. De påstådda funktionerna för produktkategorin avsåg antingen en regelrätt fuktspärr till exempel via epoxiskikt vilket via sin täthet förhindrar fukt och alkalivandring till känsliga material. Alternativt salufördes diffusionsöppen alkalispärr vilka teoretiskt genom applicering av vattenavvisande medel, tex silan, förhindrad kapillärtransport av vatten vilket även utgör alkalibäraren. Tidiga produkter studerades och utvärderades med avseende på dess fuktspärrandefuktspärrande funktion 2001 (Sjöberg, 2001). Studien visade på varierande egenskaper hos produkterna. Få uppföljande studier har genomförts sedan 2001 och inga kända studier finns publicerade med avseende på de specifikt alkalitransport spärrande egenskaperna som tillskrivs vissa produkter. I en studie från 2015 (Grantén & Vestman, 2015) undersöktes vissa spärrskikts emissionsspärrande egenskaper, en produktkategori primärt avsedd för eftermarknad. Resultaten visade både på att vissa produkter erhöll god täthet medan andra medgav viss genomsläpplighet. Olika typer av spärrskikt har till del accepteras av golvbranschen då det godtas som lösning med erhållen funktionsgaranti. Statistik saknas kring hur stor användningen av produkterna är. Flertalet produkter används som lösning i fall där kravställd uttorkning ej uppnåtts inom ramen för produktionstiden trots att dess funktion inte validerats. Då produkterna oftast kräver pågjutning av avjämning kan diskuteras om en eventuell effekt kan tillskrivas det ena eller andra materialet.

## Golvavjämning

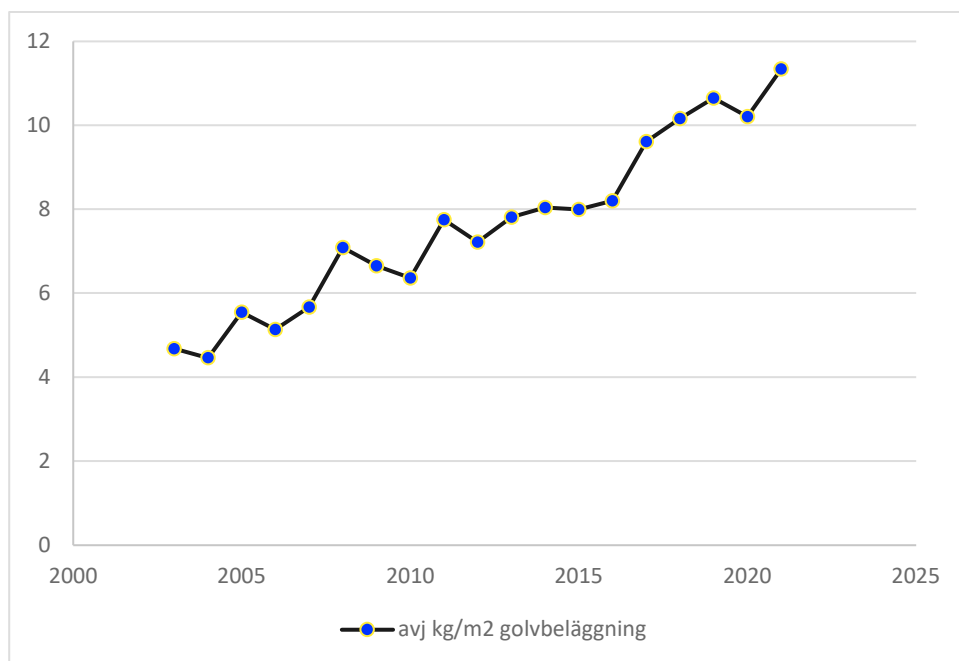
Ingen tillförlitlig källa har påträffats i vilken en sammanställning av produktförändringar i golvavjämning delges. Följande beskrivning utgår från litteratur från 80 och 90 talet samt diskussioner med producenter i Sverige vid upprättandet av denna rapport.

Golvavjämning används för att jämna till golvytor, uppnå rätt ytråhet (plants underlag) samt erhålla ett sugande underlag. Produkten introducerades på den svenska marknaden under 1970 talet under namnet flytspackel. Under början av 80-talet förekom ett stort antal skadefall med luktproblematik vilket sedermera kopplades till användningen av portlandcementbaserat flytspackel med kaseinhaltigt flytmedel. Det högalkaliska kaseinhaltiga flytspacklet gav både upphov till alkoholbildning från limmade golvsystem vid höga fuktnivåer, i likhet som vid limning på betong, och svärtningsproblematik av trägolv. Emissionerna kunde dock uppträda redan vid 75%RF (Gustavsson, 1990) men från faktiska skadefall förekom skadorna vanligtvis vid RF över 90% (Essunger & Hellström, 1985). Ammoniakavgivning (Aminer) från nedbrytning av kaseinet uppkommer generellt redan mellan 75–85 %RF (Essunger & Hellström, 1985). Kasein var inte en ny tillsats utan hade använts tidigare i flera årtionden i andra produkter utan problem (Gustavsson, 1990). Produkten förbjöds 1983 och ersattes med andra system, bland annat lågalkaliska system baserade på till exempel aluminatcement i vissa fall fortsatt med kasein eller portlandcementbaserade produkter med melaminharts baserade flytmedel. De tidigare rapporterade skadefallen från början av 80 talet upphörde i och med de förändrade systemen (Johansson, 1994). Även de melaminharts baserade flytmedel fasades ut under 90-tal med PCE (polykarboxylater) och sedan 00 talet fanns ingen svensktillverkad avjämning med vare sig melanin eller kasein.

Bindemedlet i avjämning utgörs sedan 00 talet i flera fall av ett ternärt system bestående av aluminatcement, portlandcement samt kalciumsulfat men även slagg och flygaska eller silikastoft förekommer eller har förekommit i flera produkter. Hur dessa delar fördelas varierar mellan produkter och fabrikat är ej kartlagt.

Moderna avjämningsmassor delas ofta in i industrispackel, normaltorkande och självtorkande avjämning (tidigare namngavs snabbtorkande). De självtorkande avjämnarna har en sådan kemisk sammansättning att självtorkningen enkom tillgodoser uttorkningskraven. Detta åskådliggörs då dessa system, förutsatt godkänd uttorkningsnivå i underkonstruktionen, oftast tillåts golvet beläggas redan efter några dagar och utan krav på RF kontroll på avjämningen. Självtorkningens omfattning har dock ifrågasatts i en tidigare studie, (Grantén, 2004), påvisades att uttorkningstiden kunde uppgå till 60–100 dagar för att nå 85% RF även för en självtorkande avjämning som applicerades enligt läggingsanvisning. Mattläggning enligt läggingsanvisning på påsen innebär att RF i avjämningen kommer vara över högsta tillåtna nivå i upptill tre månader, initialt även högre än 96 %RF. Emissionsmätningar i samma studie visade, i likhet med andra studier där emissioner genom golvbeläggningen mättes, att emissionsnivåerna var låga även vid hög RF. Dock påvisades att emissionsnivåerna under mattan på en tydlig korrelation mellan emissionsnivå och den fuktnivå limmet utsatts för.

Användningen av avjämningsmassa har ökat under 2000 talet både med avseende på antalet lagda kvadratmeter och snitt-tjockleken. Det saknas underlag kring antal lagda kvadratmeter men data på mängden avjämningsmassa i kilo finns. I figur 1 har den uppskattade lagda avjämningsmängden i kg plottats mot total mängd belagd golvyta. Diagrammet visar på en uppåtgående trend dock kan ej differentieras lagd kvadratmeter och tjocklek.



Figur 1. Antal kilo installerad avjämnning per totalt kvadratmeter lagt golv per år. Data från verksamhetsberättelsestatistik från GBR med avseende på uppskattad försäljning för samtliga golvsystem mot såld mängd avjämningsmassa.

## Lim

Under de senaste decennierna har ett antal olika limtyper använts för av golvbranschen för att limma fast golvbeläggningar på betong och avjämnning. Någon systematisk sammanställning av detta saknas. Följande sammanställning baseras därav på limtyper som använts i utredningar och projekt inom området då dessa förväntas delge en bild av vilka typer av lim som var de dominerade under respektive tidsperiod. Sammansättningen av de olika limmerna skiljer sig mellan olika fabriker även mellan de med samma kemiska bas. Den kemiska uppbyggnaden och dess egenskaper kan därmed förväntas skilja sig inom respektive grupp. I och med skillnader i uppbyggnad kan även dess motståndskraft mot den alkaliska miljön förväntas variera inom subgrupperna och där med kan kritisk RF för de olika limmerna förväntas variera, vilket även har påvisats under en längre tid (Nillson, 1977).

Tabell 2. Sammanställning av studerat lim i utredningar från 1977 fram till 2020.

År	Kemisk bas	Kemisk bas detalj	Källa
1977	Vattendispergerande akrylatlim Vattendispergerande PVA-Lim Vattendispergerande neoprenlim Spritbaserade harstlim		(Nillson, 1977)

1990	Dispergerat lim, Akrylatsampolymer	2-etylhexakrylat+2-etylhexanol	(Gustavsson, 1990)
1994	Lågemittrande dispersionsbaserat lim, akrylsampolymer	2-etylhexylakrylat	(Johansson, 1994)
1995	Vattendispergerat akrylatsampolymer	2-etylhexakrylat + butylakrylat	(Wengholt Johnsson, 1995)
1998	Lågemittrande Copolymer ethylene vinyl acetat dispersion		(Blom, 1998)
1999	Dispersionsbaserat akrylatpolymer	2 Etylhexakrylat	(Engberg & Larsson, 1999)
2001	Dispergerat Akrylsampolymer  Etenvinylacetatcopolymer	Etylencinylacetatsampolymer Vinylacetatsampolymer Polyvinylacetatsdispersion	(Sjöberg, 2001)
2002	Polyakrylat Alkalibeständig		(Persson, 2002)
2004	Akrylatpolymer Akrylsampolymer	Butyl acrylat Butyl-acrylat etylhexyl acrylat	(Alexandersson, 2004)
2004	Lågemittrande Copolymer ethylene vinyl acetat dispersion Copolymer acryl dispersion		(Grantén, 2004)
2007	Akrylsampolymer Etylencinylacetatsampolymer		(Anderberg, 2007)
2008	Akrylatlim Polyvinylacetat Latex Silikonlim		(Engström, 2008)
2020	Vattendispergerat Alkaliresistant Lågemittrande Cementbaserad MS-polymer		(Grantén & Granlund, 2020)
2021	Acryldispersion Copolymer		(Stelmarczyk, et al., 2021)

I sammanställningen i tabell 2 framgår att den kemiska basen för limmerna varierat över åren men att den dominerande kemiska basen med sampolymer av akrylatdispersion varit den mest förekommande limtypen i studier sedan 90-talet och även utgör den bas som använts vid ett generellt framtaget kritiskt/högsta tillåtna RF för limmade system. Flertalet limtyper försvann från marknaden under 90 talet på grund av ny lagstiftning från arbetsmiljöverket.

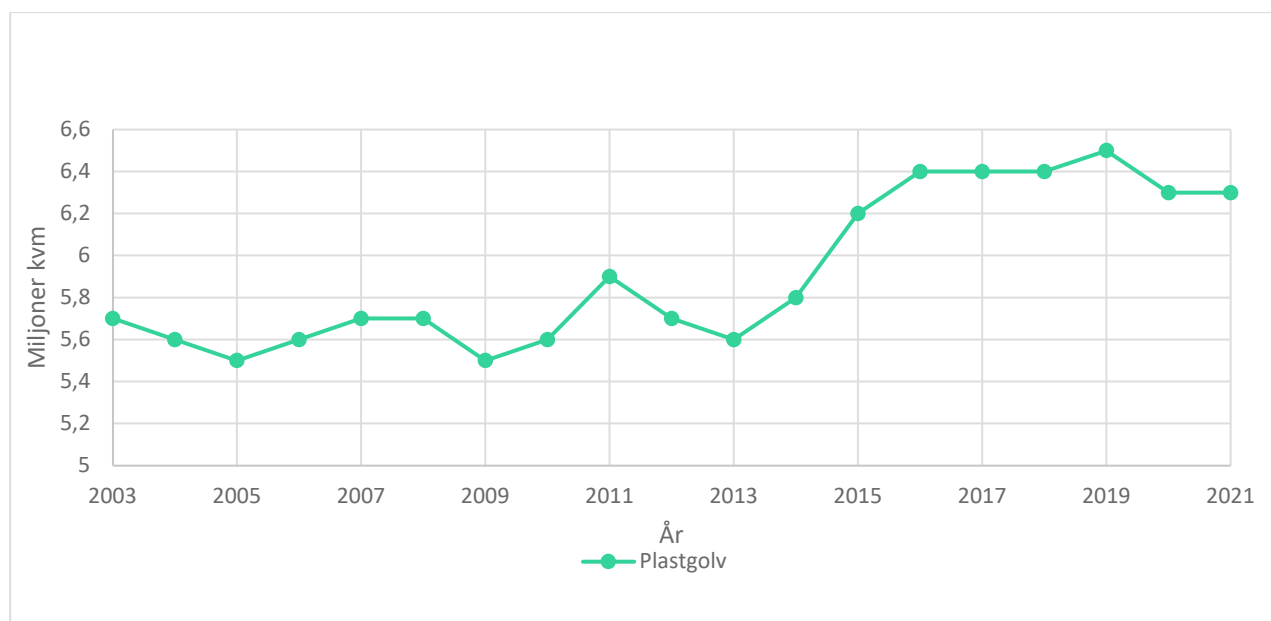
För nedbrytning av lim separeras processen till två delar, primär samt sekundär nedbrytning. Med primärnedbrytning avses egenemissioner vilket alltid skall mätas och redovisas i produkternas byggvarubedömningar. Sekundäremissionerna avser vidare reaktioner aktiverade genom underlagets och ytskiktets inverkan på limskiktet efter att det applicerats. För sekundär emission beaktas både den initial förväntade reaktion i och med appliceringen, och en eventuell reaktion för system i ogynnsamma fukt och

alkaliska förhållanden. Vilken typ av lim som används påverkar vilka emissioner som uppkommer vid reaktion/nedbrytning (primär och sekundär). Sampolymera limmer baserat på butylakrylat och 2-etylhexylakrylat ger etylhexanol och butanol emissioner medan sampolymerer med 2-etylhexylakrylat enbart emitterar etylhexanol och butylakrylat följaktligen butanol (Rittfeldt, 1991). Att emissioner uppkommer är ofrånkomligt dock finns samband mellan höga fuktnivåer och höga emissionsnivåer vid limning på betong, samt sänkta emissionsnivåer vid lågalkalisk underkonstruktion, tex avjämning.

## Plastmatta

Plastgolv har funnits på den svenska marknaden från sent 1940-tal och mattor på rulle introducerades i början av 1960-talet (Rydström, et al., 2020). Störsts marknadsandel hade plastmattor under början av 70 till slutet av 90 talet med en marknadsandel upp mot 45% under slutet av 80-talet och början av 90-talet.

Den vanligaste typen av plastgolv utgörs av PVC, under 10 talet har dock ett antal PVC fria mattor introducerades. PVC fria golv utgörs av till exempel syntetisk termoplast polymer, etylen copolymer. Den generella uppbyggnaden med vissa förändringar över tid av ett PVC-golv ges i tabell 3. I figur 2 visas den uppskattade lagda ytan per år från 2003 enligt data delgiven från GBR.



Figur 2. Förändring i plastgolvsanvändning baserad på uppskattad försäljningsdata från GBR verksamhetsberättelsestatistik 2008, 2014 och 2021, GBR.se

Tabell 3. Olika förekommande delmaterial i PVC golv under olika tidsperioder fram till 2020 (Rydström, et al., 2020).

Typmaterial	Delmaterial/råvara
Polymer	Polyvinylklorid
Värmestabilisator	Barium/Zink, Kalcium/zink och ESBO
Fyllmedel	Krita, m.fl

Mjukgörare	BBP, DEHP, DINP, DIDP, DINCH, DOTP, ESBO
Färgpigment	Titandioxid
Armering	Glasfiber

Under åren har flera av råvarorna i PVC mattorna fasats ut, detta avser till exempel asbest, som användes fram till 1977, Kadmium som användes som färgämne fram till början av 1980-talet (Rydström, et al., 2020). Typ av mjukgörare har även ändrats över tid, hur förändringen skett över tid redogörs i tabell 4. Under de senaste 60 åren har cirka 30 000 olika substrat utvärderats som mjukgörare men av dessa är endast 50 registrerade i REACH sedan 2007 (European Plastics, 2023). I likhet med limmer kontrollerats egenemissionerna av tillverkarna och dessa nivåer skall ingå i byggvarubedömningarna.

*Tabell 4. vanligt förekommande typer av mjukgörare i plastmattor, (Rydström, et al., 2020), tabellen är ej komplett andra typer av mjukgörare kan förekomma.*

Mjukgörare	Tidsperiod	IUPAC
BBP <sup>1</sup>	1960 – 2000	Benzyl butyl benzene-1,2-dicarboxylate
DEHP <sup>1</sup>	? – 2000/2001	Bis(2-ethylhexyl) benzene-1,2-dicarboxylate
DINP <sup>1</sup>	2000 – 2010* (*Avfasning från och med 2010)	Bis(7-methyloctyl) benzene-1,2-dicarboxylate
DIDP <sup>1</sup>	2000 – 2010* (*Avfasning från och med 2010)	Bis(8-methylnonyl) benzene-1,2-dicarboxylate
DINCH <sup>2</sup>	2010 –	Bis(7-methyloctyl) cyclohexane-1,2-dicarboxylate
DOTP <sup>3</sup> (DEHT)	2010 –	Bis(2-ethylhexyl) benzene-1,4-dicarboxylate
ESBO <sup>3</sup>	2016 (Rahmah, et al., 2017)	2,3-bis[8-[3-[(3-pentylloxiran-2-yl)methyl]oxiran-2-yl]octanoyloxy]propyl 8-[3-[(3-pentylloxiran-2-yl)methyl]oxiran-2-yl]octanoate

<sup>1</sup>Ftalat, <sup>2</sup>Ftaltfri, <sup>3</sup>Organisk

En tydlig drivkraft för plastgolvstillverkare har varit att fasa ut mjukgörare inom gruppen ftalater. Detta eftersom vissa lågmolekylära ftalater (som DEHP) visat sig ha skadliga egenskaper. Marknaden har också efterfrågat produkter helt utan ftalater. Under senare tiden av 2010-talet ökade även andelen plastmattor utan PVC. Exempel

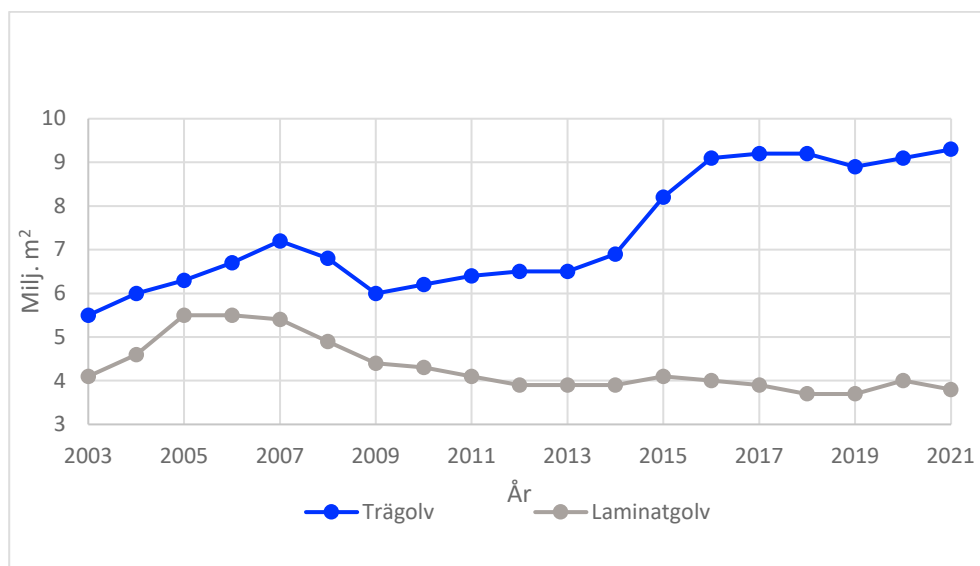
på dessa är enomer baserat på syntetiska termoplaster, dessa produceras utan eller med små mängder mjukgörare.

## Parkett/Laminat

Ingen tillförlitlig källa har påträffats i vilken en sammanställning av förändringar i avjämning delges. Följande beskrivning utgår data från GBRs verksamhetsberättelsestatistik samt diskussioner med producenter i Sverige.

Parkett och Laminat står för ca 50% av allt golv som läggs i Sverige år 2020, och är den dominerande golvbeläggningen i bostäder under 00-talet (se figur 3 nedan). Parkett utgör generellt sammansatta massivträstavar av lövträd medan laminatgolv avser ett golvsystem bestående av hartslaminerad papp, HDF kärna och stabilisator på baksidan.

Inga större förändringar i parkettgolven har skett under de senaste 30 åren utöver införandet av laminatgolv på marknaden runt 1995.



Figur 3. Baserad på uppskattade försäljningsdata från GBR verksamhetsberättelsestatistik 2008, 2014 och 2021, GBR.se

## Tidslinje

Tabell 1 Sammanställning av ett antal signifikanta materialförändringar, byggtkniska förändringar, förändringar i mätmetoder och kravställning samt prognostiseringsverktyg. Samtliga tider med ungefärligt tidsangivelse. Förändringar av limtyper är ej inarbetat i tidslinjen på grund av bristfälligt underlag.

Tabell 5. Kondenserad lista på urval av händelse kring materialutveckling eller annan signifikant förändring för Betong, avjämning och plastmattor sedan 1977

Tid	Händelse	Konsekvens
1977	Plastmattor: Asbest fasas ut från plastmattor	Asbest är välkänt som ett mkt beständigt material mot bla slitage och nötning

1977	Flytspackel kasein baserat flytmedel introduceras	Problem med ammoniakspjälkning vid relativt låga fuktnivåer med svärtning som följd
1979	Principen för fuktmetning på ekvivalent mätdjup presenteras.	En adekvat repeterbar metod där mätresultat kan jämföras mot en känd kritisk fuktnivå.
Ca 1980	Plastmattor: Kadmium som färgämne fasas ut	
1983	Högsta tillåtna RF implementeras som uttorkningskrav  Högsta tillåtna RF i AMA 83: RF 90% bjälklag med möjlighet till uttorkning eller 85 % platta på mark på ekvivalent mätdjup	
1983	Kaseinhaltigt tillsatsmedel förbjuds i protlandcementbaserad flytspackel	
1980–90	Byggfuktsfri betong introduceras	Lägre vct/vbt, högre alkalitet, tätare betong, lägre fuktkapacitet
1995	SBUF lanserar – Betongtorkning lathund	Enkel lathund som visar mkt gynnsam uttorkning av t.ex. vct 0,4 betong.
1995:	VCT limmad plastmatta	Normal husbyggnadsbetong 0.66 Självtorkande betong 0.42, (Wengholt Johnsson, 1995).
1995	Kritiskt RF limmad plastmatta definieras	Kritiskt RF 40% mätdjup vct 0.66, 91-95 %RF Kritiskt RF 40% mätdjup vct 0.42, 85 %RF
1995	Laminatgolv introduceras	
1998:	Självkompakterande betong (SKB) börjar användas.	Högre bindemedelshalt ökad alkalit
1995-1999		
1998	Högsta tillåtna RF revideras	Högsta tillåtna RF 85 %, Hus AMA 98
1999 RBK	RBK v 1.0 lanseras	Kontrollerad mätprocess inklusive beaktan av mätosäkerhet
Ca 2000	Avjämningsmassor med melanmin eller kasein baserade flytmedel försvinner från marknaden och ersätts med PCE baserade flytmedel	
2000/2001	Plastmatta: Mjukgörarna BBP och DEHP fasas ut	Lågmolykylör Ftalat baserad mjukgörare



2000	Plastmatta, mjukgörarna DINP och DIDP introduceras	Högmolykylär ftalat baserad mjukgörare
2000:	Byggcement CEM II A-LL introduceras	
2001:	TorkaS ver 2.0. Prognosverktyg med multivariabel indata introduceras	
Ca 2000:	Alkalispärrar introduceras	
2004	Vct Limmat Träggolv	Normal husbyggnadsbetong vct 0.7 Byggfuktsfri betong vbt 0.4 (Sjöberg, 2003)
2006:	Taka S ver 2.2. Uppdatering av tidigare prognosverktyg	
2008	TorkBi, Prognosverktyg med multivariabel indata kopplat till betongindustris fabriksbetong introduceras	
2008:	Malhjälpmiddel vid cementtillverkning hos cementa ersätts	Ammoniakavgivning från betong reduceras och svärtningsproblematik av träggolv försvinner
2009	TorkaS ver 3.0. Uppdatering av tidigare prognosverktyg	
2010-talet	Dammbindning inkluderas i flertalet avjämningsmassor	
2010	Plastmatta, mjukgörarna DINP och DIDP börjar fasa ut	Högmolykylär ftalat baserad mjukgörare
2010	Plastmatta, mjukgörare DINCH DOTP introduceras	Ftalatfri respektive organisk mjukgörare
2011:	Slagg Bremen började saluföras genom Thomas Betong 2 [	Förändrade fuktegenskaper jämfört med byggcement
2013:	Basement Cem II A/-V introduceras	Förändrade fuktegenskaper jämfört med byggcement
2015	Plastmatta: Mjukgörarna BBP och DEHP förbjuds	
2015	RBK. Uttaget prov tas bort	Diskrepansen mellan mätmetoderna uppmärksammades redan 2011 (Johansson, 2016)
2015	Torka S ver 3.2.	Korrigerig av beräknar värde vid låga Vbt, vbt 0.32 – 0.55
Ca 2015	Plastmatta Mjukgörare ESBO introduceras	
Ca 2015	Plastmatta: PVC-fria mattor introduceras	Initiala problem med sköra mattor som spricker och svetsteknik.
2018 PPB Fuktmodul	Produktionsplanering betong uttorkningsmodul lanseras	Prognosverktyg framtaget för Basement.

2019: Vägledning Klimatförbättrad betong.	Svensk Betong ger ut första utgåvan av "Vägledning för klimatförbättrad betong".	Skriften ger uttryck för en ökad fokus på minskad klimatpåverkan från betongkonstruktionerna.
2020: Bascement Slite	Cementa (Heidelberg Materials) ersätter tidigare Bascement 1 med Bascement Slite Cem II A/-LL med och 0-5% Flygaska	
2020-tal: Uppskattad medel vct/vbt	Uppskattad vct/vbt	0.45 - 0.5 limmade tätskikt, vct 0,5-0.55 flytande parkett. (kvalificerat antagande). Högsta Torkbetong 2023 vbt 0.34

# Skadefrekvensstudie

## Metodbeskrivning Enkätundersökning entreprenörers eftermarknadsenheter

De flesta tidigare studierna som utvärderat skadestatistik har oftast baserats på försäkringsdata (Odén & Täljsten, 2018) eller på sammanställningar av skadeärenden av skadeutredare och ingen tidigare, för författarna, känd studie har baserats på eftermarknadsstatistik från entreprenadbolagen. Skillnaden mellan de olika perspektiven är främst att både skadefall kopplat till försäkringsärenden eller för de fall där en skadeutredare kopplats in krävs en relativt omfattande avvikelse eller oklar skadebeskrivning för att det skall komma in i statistiken. Mindre lokala avvikelser hanteras oftast direkt av entreprenörerna eller fastighetsägarna.

Hypotesen inför denna studie var att en sammanställning av skadestatistik från fyra av de fem största rikstäckande entreprenadbolagen skulle resultera i data tillräckligt detaljerad för att se trender över tid både för limmade golvsystem samt parkett.

Enkäten delades upp i två delar per materielgrupp. Del 1 avsåg en subjektiv bedömning av hur vanligt förekommande en skada var under respektive 5 års intervall. Frågan syftade till att fylla i bilden av hur vanligt förekommande de studerade avvikelserna var över tid i de fall detaljerad skadestatistik saknades. Del 2 avsåg detaljerad skadefrekvens genom sammanställning av totalt antal inrapporterade skador per materielgrupp samt hur många av dessa som avsåg de för studien huvudskadorna, emission/förtvålning för limmade system respektive svärtning för trägolv. Enkäten sökte detaljer svar per år från 2000 och fram till 2021.

Under en beta-testning av enkäten, viken genomfördes med en representant från ett av entreprenadbolagen, framkom att statistiken hos entreprenören ej var utformad på sådant vis att det enkelt kunde sammanställas utan relativt omfattande handpåläggning. Utöver detta var det i den region som ingick i förtestet av enkäten totalt ett 100 tal avvikelser på parkett men ingen av de inrapporterade under tidsperioden 2011–2021 avsåg svärtning. Av förekomna anledningar valdes att exkludera detaljuppföljning av parkett i enkätstudien då den förväntade tidsinsatsen för respondenterna förväntades bli för stor och avskräckande och därmed resultera i lägre svarsfrekvens totalt.

Som komplement valdes även i sent skede att komplettera enkätdata från de större entreprenadbolagen med tre golventreprenörer verksamma i östra Svealand. Den kompletterande enkäten avses endast utgöra en kontrolljämförelse av huvuddatan genom att delge bilden från ett mindre antal golventreprenörer. Enkätsvaren från golventreprenörerna representerar inte hela golvbranschen.

Studien genomfördes genom sammanställning av anonym skadefrekvens. Med anonym skadefrekvens menas att det inte skall framgå entreprenör, region, golvbeläggningsleverantör, produkt eller liknande. Enkäten skickades till samtliga eftermarknadsenheter på de större entreprenadbolagen samt tre golventreprenörer. Då svaren från entreprenadbolagen vara anonymiserade går det ej att klargöra om något bolag var överrepresenterat.

Enkäten skickades ut till eftermarknadsansvarig för respektive företag vid respektive avdelning/region. Totalt skickades enkäten ut till 23 personer på fyra bolag och av dessa svarade tolv.

Ett bolag var överrepresenterat i antal respondenter (12) detta på grund av en mer detaljerad regionindelning för det aktuella företaget. Ett av bolagen har ej lagt limmade golvsystem sedan ca 2010. Då respektive respondent ansvarar för ett specifikt område bedöms denna diskrepans ej medföra någon avgörande inverkan på resultatet då syftet är att delge en förändring över tid generellt för Sverige och ej en fullständig sammanställning av antal avvikelser över tid och per region.

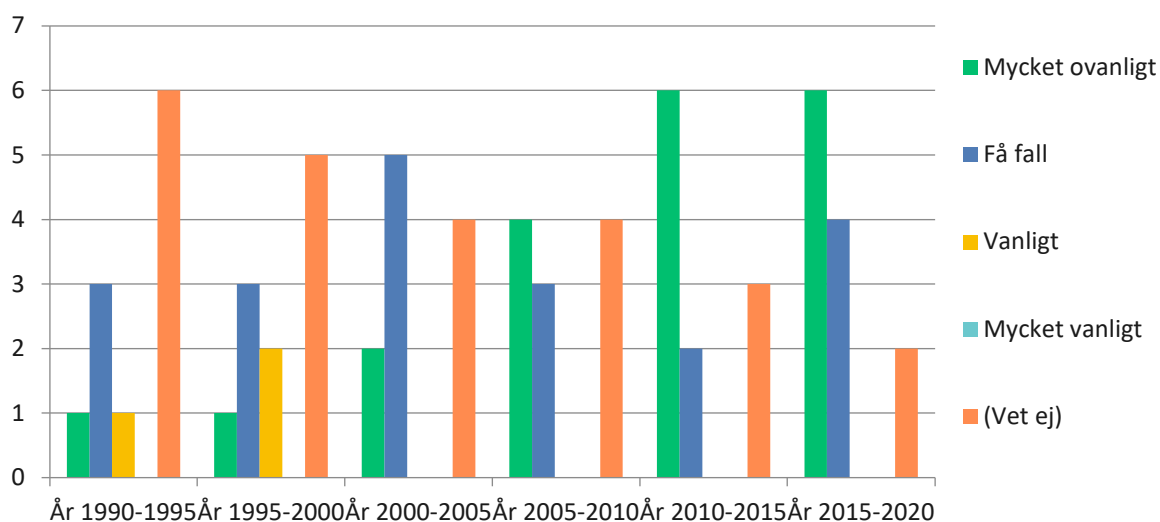
## Resultat

### Fråga 1: Skadefrekvens Plastmatta/Linoleum

*Vad är din eller din enhets uppfattning kring hur vanligt förekommande fuktskador var på limmade golvbeläggningar (plastmatta/linoleum) under följande tidsperioder?*

Tabell 6: Uppskattad skadefrekvens av fuktskador på plast-/ eller linoleummattor från entreprenörernas eftermarknadsenheter. Totalt 12 respondenter

ÅR	Mycket ovanligt	Få fall	Vanligt	Mycket vanligt	(Vet ej)	Ej svarat
1990–1995	1	3	1	0	6	1
1995–2000	1	3	2	0	5	1
2000–2005	2	5	0	0	4	1
2005–2010	4	3	0	0	4	1
2010–2015	6	2	0	0	3	1
2015–2020	6	4	0	0	2	



Figur 4. Visualisering av svar från entreprenörenheterna

Frivillig kommentar:

”Förekommit i svetsfogar mm som släppt där man också i viss utsträckning fått misstankar om eventuella fuktskador som ett följdfel vid ex läckage. Men mycket ovanligt”

Tabell 7. Uppskattad skadefrekvens av fuktskador på plast- eller linoleummattor från tre golventreprenörer. Samtliga tre golventreprenörer är hemmahörande i östra Svealand.

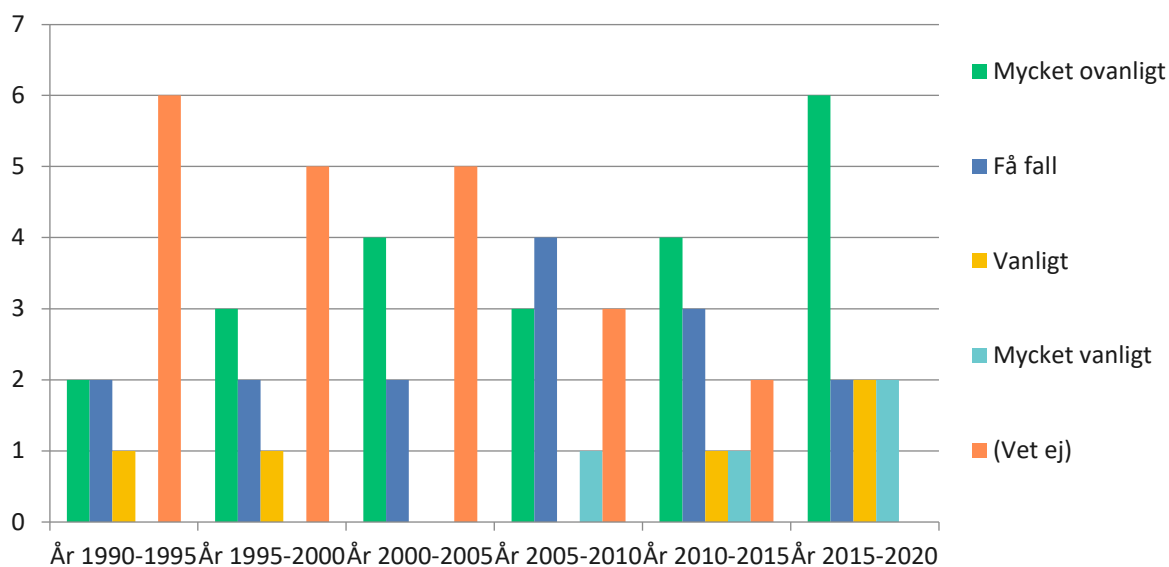
ÅR	Mycket ovanligt	Få fall	Vanligt	Mycket vanligt	(Vet ej)
1990–1995	0	0	0	1	2
1995–2000	0	0	0	1	2
2000–2005	1	0	1	0	1
2005–2010	1	1	0	0	1
2010–2015	2	1	0	0	0
2015–2020	1	2	0	0	0

## FRÅGA 2. Skadefrekvens. (Parkett/laminat)

Vad är din eller din enhets uppfattning kring hur vanligt förekommande fuktskador var på flytande golvbeläggningar (parkett/laminat) under följande tidsperioder?

Tabell 8: Uppskattad skadefrekvens av fuktskador på flytande parkett eller laminatgolv från entreprenörernas eftermarknadsenheter. Totalt 12 respondenter.

ÅR	Mycket ovanligt	Få fall	Vanligt	Mycket vanligt	(Vet ej)	Ej svarat
1990–1995	2	2	1	0	6	1
1995–2000	3	2	1	0	5	1
2000–2005	4	2	0	0	5	1
2005–2010	3	4	0	1	3	1
2010–2015	4	3	1	1	2	1
2015–2020	6	2	2	2	0	



Figur 5. Svarsfördelning från eftermarknadsenheterna för respektive tidsintervall, svarsalternativ ej svarat redovisas ej.

Frivillig kommentar:

”Parkettgolv med fuktskador, främsta anledningar beror på boende i lägenheter använder vatten vid städning. Fuktpåverkan också vanlig i kök där det spills, ibland läckage, vid hall där blöta skor ställs, vid fönsterdörr där blöta skor ställs. Troligen samma problem även för tidigare åren har inte tillgång till data för det så kan ej ”svara” (Respondenten har angett mycket vanligt för perioderna 2005–2020).

Tabell 9: Uppskattad skadefrekvens av fuktskador på flytande parkett eller laminatgolv från tre golventreprenörer. Samtliga tre entreprenörer är hemmahörande i östra Svealand.

ÅR	Mycket ovanligt	Få fall	Vanligt	Mycket vanligt	(Vet ej)
1990–1995	0	1	0	0	2
1995–2000	0	1	0	0	2
2000–2005	0	2	0	0	1
2005–2010	2	0	0	0	1
2010–2015	3	0	0	0	0
2015–2020	3	0	0	0	0

### FRÅGA 3. Eftermarknadsstatistik

Ange antal dokumenterade skador på plastmatta/linoleum i din region för följande år? (Om information saknas så lämnades listrutan tom).

Tabell 10: Totalt antal inrapporterade skadefall hos entreprenörernas eftermarknadsenheter med avseende på fuktskador på limmade plastmattor, totalantal samt andel av skada med emissioner och eller mattsläpp/förtvålning. 12 svarande.

År	Totalt antal inrapporterade skador	Antal med emissioner/lukt	Antal med mattsläpp/limförtvålning
2021	5 (4*)		2 (17*)
2020	4 (3*)		1 (12*)
2019			
2018			
2017			
2016			
2015			
2014			
2013			
2012			
2011			
2010			
2009			
2008	2		2
2007			
2006			
2005			
2004			
2003			
2002			
2001			

\*Från en respondent inrapporterades ett antal skador för år 2021 och 2020 där den inskrivna datan tyder på missförstånd i inrapportering. Resultaten från aktuell respondent särredovisas därav i tabellen inom parentes. Den första kolumnen avser det totala antalet inrapporterade skador för plastmattor/linoleum och den sista kolumnen hur många av de totalt inrapporterade skadorna som avsåg mattsläpp eller bekräftad limförtvålning.

Frivillig kommentar

"Svetsfogar och i några enstaka fall mattsläpp finns. Men relativt få samt att vi sällan har plastmatta/linoleum..." (inga noterade skadefall i tabell)

"XXX har inte använt plastmattor sedan, som vi minns, år 2010." (Två noterade skador 2008)

"Ett fåtal fall under alla år" (inga skadefall noterade i tabell)

## Sammanställning skadeutredningar

Delstudie 3 avsåg en sammanställning av ett axplock fuktskadeutredningar av limmade golvsystem samt flytande parkett eller laminat. Delstudien syftade till att stickprovsmässigt utvärdera skadesamband med; konstruktionstyp, konstruktionens fukthistorik samt skadeorsak. Insamling av rapporter utfördes av Raksystems AB och Polygon Sverige AB. Beställare eller uppgifter om objekt har utelämnats av sekretesskäl. Sammanställningen avser beskriva exempel på skador som rapporteras in som fuktskador och delge vilka typer av skador som förekommer.

Antalet identifierade och åtkomliga skadefall var begränsat, totalt har arbetsgruppen erhållit 25 skadefall med golvskador kopplade till byggfukt. Av dessa har 10 rapporter detaljstuderats och sammanställts i ett frågeformulär framtaget av arbetsgruppen. Urvalet gjordes baserat på detaljrikedomen från de respektive rapporterna där rapporter med hög andel information prioriterades följt av typskadefall. Bakgrundsinformationen i rapporterna varierade från fall till fall, vilket kan bero på att beställarna saknar eller inte tillhandahåller informationen, eller så efterfrågas inte informationen av skadeutredaren eller beställaren av rapporten. I flera fall rekommenderas att utföra fördjupande utredningar och fuktmätningar, dock saknas uppgifter om uppföljning i ärendena. Detta visar på att beställarna oftast nöjer sig med en grundligare utredning och följer upp ärendet själva med rivning och återställning.

### Sammanställning av resultat från frågeformulär

<b>Fall 1</b>	
Byggnadsår:	2016
År för utredning:	2023
Upplevs inomhusmiljöproblem:	<i>Ja, hosta, irriterande slemhinnor och även i vissa fall rodnad på huden har förekommit.</i>
Ytskikt:	<i>PVC-matta.</i>
Typ av skada:	<i>Kemisk nedbrytning av golvlim/PVC-matta.</i>
Konstruktion:	<i>Platta på mark och HD/f-bjälklag. VCT-tal framgår ej i rapport. Båda konstruktionerna är avjämnade med ca 5-7 mm avjämningsmassa.</i>
Fuktmätning RBK/GBR:	<i>Framgår ej i rapport.</i>
Skadeutredning:	<ul style="list-style-type: none"><li>- <i>Fuktindikering</i></li><li>- <i>Subjektiv luktbedömning av material</i></li></ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Kemisk luftprovtagning i rumsluft</i></li> <li>- <i>Kemisk luftprovtagning riktat mot golv</i></li> </ul>
Analyser/resultat:	<i>Förhöjd fuktindikering mot bjälklag efter borttagning av matta. Bristfällig vidhäftning av matta. Avvikande lukt av kemisk karaktär upplevdes från matta och avjämning. Förhöjda halter av 1-Butanol, 2 Etyl-1-Hexanol samt alifatiska kolväten vid riktade luftprovtagningar. Förhöjda halter av TVOC vid luftprovtagning i rumsluften.</i>
<b>Fall 2</b>	
Byggnadsår:	<i>2016</i>
År för utredning:	<i>2016 – 2017</i>
Upplevs inomhusmiljöproblem:	<i>Ja, klagomål på inomhusmiljöns luftkvalitet.</i>
Ytskikt:	<i>PVC-matta.</i>
Typ av skada:	<i>Kemisk nedbrytning av golvlim/PVC-matta.</i>
Konstruktion:	<i>Plattbärlag med pågjutning</i>
Fuktmätning RBK/GBR:	<i>Framgår ej i rapport.</i>
Skadeutredning:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Fuktindikering</i></li> <li>- <i>Subjektiv luktbedömning av material</i></li> <li>- <i>Kemisk luftprovtagning i vistelsezoner</i></li> <li>- <i>Kemisk luftprovtagning riktat mot golv</i></li> </ul>
Analyser/resultat:	<i>Inga förhöjda fuktindikationer mot matta. Avvikande lukt av kemisk karaktär från materialprover av matta. Förhöjda halter av 2 Etyl-1-Hexanol, Glykolestrar och Glykolestrar vid riktade luftprovtagningar. Förhöjda halter av Glykolestrar och Glykolestrar i rumsluften.</i>
<b>Fall 3</b>	
Byggnadsår:	<i>2019</i>

År för utredning:	2022
Upplevs inomhusmiljöproblem:	<i>Framgår ej i rapport.</i>
Ytskikt:	<i>PVC-matta.</i>
Typ av skada:	<i>Mattsläpp/limförtvålning.</i>
Konstruktion:	<i>Platta på mark.</i>
Fuktmätning RBK/GBR:	<i>Framgår ej i rapport.</i>
Skadeutredning:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Fuktindikering</i></li> <li>- <i>Subjektiv luktbedömning av material</i></li> <li>- <i>Borrhållsmätning på 50, 100, 150mm djup.</i></li> </ul>
Analys/resultat:	<i>Fuktindikering mot matta visade förhöjda fuktindikationer. Vid borttagning av matta noterades limförtvålning och avvikande lukt från materialprov av mattan. Borrhållsmätning visade på 95 – 97 % RF, med det lägre resultatet i ovkant på plattan.</i>
<b>Fall 4</b>	
Byggnadsår:	2022
År för utredning:	2022
Upplevs inomhusmiljöproblem:	<i>Nej, byggnaden är ej färdigställd.</i>
Ytskikt:	<i>Parkett- och laminatgolv.</i>
Typ av skada:	<i>Svärtning i parkettskarvar.</i>
Konstruktion:	<i>HD/f-bjälklag med 100mm cellplast och 50 – 70 mm Estrich.</i>
Fuktmätning RBK/GBR:	<i>Framgår ej i rapport.</i>
Skadeutredning:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Okulär kontroll</i></li> <li>- <i>Fuktmätning genom uttaget prov i Estrich</i></li> <li>- <i>Fuktkvotsmätning i parkett</i></li> <li>- <i>Momentan mätning av RF och temp i rumsluft</i></li> <li>- <i>Mikroskopering på parkett</i></li> <li>- <i>Mätning av ammoniak med Dräger Accuro</i></li> </ul>

Analyser/resultat:	<i>Okulär kontroll påvisade endast svärtningar i parkettskarvar, laminatgolv är helt opåverkade. Diffusionsspärr (foam med plastfolie) är ej korrekt utlagd, glipor och överlapp saknades i flertalet skarvar. RF-mätning i Estrich visade på 80 – 81% RF. Fuktkvotsmätning i parkett visade på 12 – 14% FK. Aktuellt klimat vid momentanmätning av rumsluft visade på 19°C och 60% RF. Mikroskopering visade inte på några avvikande resultat av svampar eller bakterier. Mätning av ammoniakavgång visade &gt;2 ppm på en begränsad yta under golvfoam.</i>
<b>Fall 5</b>	<b>EKp 7</b>
Byggnadsår:	<i>2007</i>
År för utredning:	<i>2009</i>
Upplevs inomhusmiljöproblem:	<i>Anges ej</i>
Ytskikt:	<i>Ekiparkett</i>
Typ av skada:	<i>Svärtning av parkett</i>
Konstruktion:	<i>Filigranbjälklag</i>
Fuktmätning RBK/GBR:	<i>Okänt</i>
Skadeutredning:	<i>Subjektiv luktbedömning Fuktindikering Fuktmätning Mätning av ammoniakhalt</i>
Analyser/resultat:	<i>Upplevd lukt i rumsluft och under parkett Förhöjd fuktindikering mot golv Fuktmätning i betong &lt; 82 % Avvikande ammoniakhalt under plastfolie och i betong</i>
<b>Fall 6</b>	<b>PVC 6</b>
Byggnadsår:	<i>2015</i>
År för utredning:	<i>2017</i>
Upplevs inomhusmiljöproblem:	<i>Ja</i>

Ytskikt:	<i>Plastmatta generellt 2 varianter som bedöms som ångtäta (&gt; 1 000 000 s/m)</i>
Typ av skada:	<i>limförtvålning</i>
Konstruktion:	<i>Betongplatta på mark och filigranbjälklag, vbt 0,38, Normaltorkande avjämning</i>
Fuktmätning RBK/GBR:	<i>Ja RBK och GBR mätning under 85 % inkl mätosäkerhet</i>
Skadeutredning:	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Subjektiv luktbedömning</li> <li>-Fuktindikering med Gann Uni 1</li> <li>-Fuktmätning i avjämning och betong</li> <li>- Mätning av VOC på kolrörsorbent under matta</li> <li>- Mätning av TVOC och ammoniak med B&amp;K 1302 under och på matta</li> </ul>
Analys/resultat:	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Normal vidhäftning matta</li> <li>-"Problem"lim som identifierats i andra skadeutredningar har använts -Upplevd lukt i rumsluft och under plastmatta</li> <li>-Normal fuktindikering mot matta</li> <li>-Lågt fuktinnehåll i avjämning och betong</li> <li>-Förhöjd totalhalt kemi under plastmatta</li> <li>-Förhöjd nedbrytningsprodukter 2-etyl1-Hexanol och 1-Butanol</li> <li>-Förhöjd halt ammoniak under matta</li> </ul>
<b>Fall 7</b>	<b>PVC 4</b>
Byggnadsår:	<i>2013</i>
År för utredning:	<i>2022</i>
Upplevs inomhusmiljöproblem:	<i>Ja</i>
Ytskikt:	<i>Plastmatta som bedöms som ångtät (&gt; 1 000 000 s/m)</i>
Typ av skada:	<i>limförtvålning</i>
Konstruktion:	<i>Betongplatta på mark, vbt 0,5-0,7, Normaltorkande avjämning, förekomst av alkalispärr</i>
Fuktmätning RBK/GBR:	<i>Ja fuktmätning i btg (ej RBK och GBR), över 85 % inkl mätosäkerhet, därav förekomst alkalispärr</i>

Skadeutredning:	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Subjektiv luktbedömning</li> <li>-Fuktindikering med Gann Uni 1</li> <li>-Fuktmätning i avjämning och betong</li> <li>- Mätning av VOC på kolröradsorbent under matta</li> <li>- Mätning av TVOC och ammoniak med B&amp;K 1302 under och på matta</li> <li>-Formaldehydmetning av spånskiva</li> </ul>
Analys/resultat:	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Upplevd lukt under plastmatta</li> <li>-Lågt fuktinnehåll i avjämning och betong</li> <li>-Normal vidhäftning matta</li> <li>-“Problem”lim som identifierats i andra skadeutredningar har använts</li> <li>-Normal halt kemi mot ytskikt</li> <li>-Förhöjd totalhalt kemi (TVOC) och 1-Butanol under plastmatta</li> <li>-Förhöjd TVOC och 1-butanol från uttaget mattprov</li> <li>-Förhöjd halt ammoniak under matta</li> <li>-Låg halt Formaldehyd</li> </ul>
<b>Fall 8</b>	<b>PVC 9</b>
Byggnadsår:	2014
År för utredning:	2015
Upplevs inomhusmiljöproblem:	Ja
Ytskikt:	Plastmatta och linoleummatta (okänd)
Typ av skada:	Limförtvålning
Konstruktion:	HD/f (fog vct 0,4), RD-platta och betongplatta på mark vbt 0,42, avjämning okänd
Fuktmätning RBK/GBR:	Godkänd fuktmätning i betong. Ej RBK (ingen mätosäkerhet inkluderat och Rapid RH-givare)
Skadeutredning:	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Subjektiv luktbedömning</li> <li>-Fuktindikering med Gann Uni 1</li> <li>-Fuktmätning i avjämning och betong</li> </ul>

	<p>- Mätning av VOC på kolrörsorbent under matta</p> <p>- Mätning av TVOC och ammoniak med B&amp;K 1302 under och på matta</p> <p>-Deponikemimätning på uttaget borrhax</p>
Analysresultat:	<p>-Upplevd lukt under plastmatta</p> <p>-Lågt fuktindikering mot ytskikt</p> <p>-Normal vidhäftning matta</p> <p>-Förhöjd fuktmätning i betong men inte i avjämnning.</p> <p>-Förhöjd totalhalt kemi (TVOC) och 2-Etyl1Hexanol / 1-Butanol under matta</p> <p>-Deponimätning förhöjda TVOC avjämnning, betong</p> <p>Deponimätning påvisar förhöjda värden ammoniak</p> <p>-Förhöjd emissionmätning under matta med B&amp;K1302</p>
<b>Fall 9</b>	<b>PVC 10</b>
Byggnadsår:	2015
År för utredning:	2020
Upplevs inomhusmiljöproblem:	Ja
Ytskikt:	Plastmatta som bedöms som ångtät (> 1 000 000 s/m)
Typ av skada:	Nedbrytning av lim mot både cementbundet underlag samt mot spånskiva. Mögelskador i väggar.
Konstruktion:	<p>Konstruktion 1: Betongplatta på mark delvis utan underliggande isolering</p> <p>Konstruktion 2: Betongplatta på mark med underliggande isolering</p> <p>Konstruktion 3: Ombyggnation med uppreglade golv typ Granab/spånskiva</p> <p>Konstruktion 4: : Betongplatta på mark med underliggande lättklinkerisolering</p>
Fuktmätning RBK/GBR:	-
Skadeutredning:	<p>-Subjektiv luktbedömning</p> <p>-Fuktindikering med Gann Uni 1</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fuktmätning i avjämning och betong</li> <li>- Mätning av VOC på kolröradsorbent under matta</li> <li>- Mätning av TVOC med B&amp;K 1302 under och på matta</li> <li>-Screenairmätning (Se pegauslab)</li> <li>-Deponikemimätning på uttaget borrhax</li> <li>-Formaldehydmätning av spånskiva</li> <li>-Funktionskontroll av ventilerade golvsystem</li> <li>-Konstruktionsingrepp i väggar(fuktmätning, mögelanalyser)</li> </ul>
<p>Analysresultat:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ventilerade -golvet bedöms fungera tillfredsställande.</li> <li>- Avvikande plastlukt och stallukt förekommer</li> <li>- Screenair luftmätningar visar på vissa avvikelser gällande fuktmarkörer samt kemiska emissioner vilket kan tyda på att plastmattor avger oönskade emissioner.</li> <li>- Erfarenhetsmässigt förhöjda halter har uppmätts via emissionsindikering B&amp;K1302 under plastmattor där dessa limmats på betongen.</li> <li>- Lokalt har även förhöjdafuktindikationer samt "förtvålat" lim noterats.</li> <li>- Riktade VOC mätningar (plastmattor limmade mot betong) visar på höga avvikande halter av 1-butanol, 2-etyl samt alifatiska kolväten.</li> <li>- Riktade VOC mätningar (plastmattor limmade mot spånskivor) visar på avvikande halter i samtliga 4 utförda mätningar.</li> <li>- Synliga mikrobiella skador i innertak</li> <li>- Lokalt förekommer okontrollerade luftläckage</li> <li>- Provtagning i ytterväggar visar på förhöjda halter mikroorganismer i 4 av 24 provhål vid fönsterbröstning.</li> <li>- Formaldehydmätning av rumsluft visar på "låga" värden</li> </ul>
<p><b>Fall 10</b></p>	<p><b>PVC 2</b></p>

Byggnadsår:	2017
År för utredning:	2021
Upplevs inomhusmiljöproblem:	Nej
Ytskikt:	Linoleum på laminerad ljuddämpningsmatta
Typ av skada:	Mattsläpp och bubbling
Konstruktion:	Plastmatta – laminerad ljuddämpningsmatta-80 mm betongövergjutning (vbt 0,55)- 50 mm Cellplast- HD/f
Fuktmätning RBK/GBR:	Nej
Skadeutredning:	-RF-mätning i betong och avjämnning -Deponiprov kemi i cementunderlag
Analys/resultat:	<p>Det går inte att påvisa någon pågående fuktskada eller förhöjd fuktprofil i bjälklaget. Sannolikt har det varit ett högt fukttillstånd tidigare som har bidragit till att mattan har fått blåsor. Det krävs däremot högt fukttillstånd för att matta ska få kraftigare blåsbildning, över 90 % RF. Det kan ha berott på otillräcklig härdning av betong, samt att byggfukt "stängts in" mellan en ångtät isolering och ångtät ljuddämpningsmatta.</p> <p>-RF-mätning &lt; 78 %</p> <p>-Deponiprov- Förhöjda halter av främst 2-etyl-1-hexanol</p>



# Diskussion slutsats

## Litteraturstudie

### Limmad plastmatta

Problem med förhöjda emissionsnivåer eller förtvålning av lim i golvsystem har varit ett reellt problem under mycket långt tid. Ett stort antal studier har genomförts för att beskriva och förstå problematiken och flera åtgärder har gjorts inom byggbranschen för att minska risken för dess uppkomst samt effekt. Flera resultat är återkommande i studier från 90- 00- och in till 20 talet. Ett exempel är alkalitetens inverkan och effekten av en avjämningsmassa på emissionsnivåerna även vid förhöjda fuktnivåer. Problematiken är dock komplex och en produkt av samtliga materials inverkan och då allt från lim, mattor avjämnning och betong ändrats över tid saknas en fullständig bild över kausaliteten kring problematiken. Ett tydligt exempel på komplexiteten är det omvända fuktberoenden samt höga emissionsnivåer vid avsaknad av alkaliskt underlag som uppmätts under 20-talet (Grantén & Granlund, 2020). Detta ligger dock i linje med vad som redan var känt på 70 talet att sammansättningen av material måste studeras (Nillson, 1977) samt erfarenheter från skadestredare att vissa konstruktioner med specifika produkter är mer vanligt förekommande i skadefall. Tydligt är att varje system måste beaktas enskilt eller på adekvat gruppnivå, tex typ av mjukgörare i plastmatta kemisk bas i lim, mattans täthet, typ av avjämningsmassa och betongens täthet och alkalitet. Att det inte finns en generellt kritisk fuktnivå är tydligt och dessa måste tas fram för respektive materialkombination eller materialsystem för att möjliggöra en kostnads och klimat optimering för systemen. Metodiken är även avgörande för att minska risken för framtida skadefall i och med nya att nya material når marknaden.

Gällande kravställning i Sverige 2023 grundar sig på materialkombinationer som inte längre används eller ens är relevanta. Metodiken har dock bidragit till en ökande konservativ hållning då materialutvecklingen och bjälklagsuppbyggnaden förändrats med till exempel, tätare material, ökad användning av avjämningsmassor, lågemitterande mjukgörare i plastmattor, nya limsystem. Utöver detta har mätmetoden kraftigt förändrats med ökad säkerhetsmarginal på mellan ca. 5-10 % jämfört med den som användes vid framtagande av de kritiska fuktnivåerna. Resultatet av detta torde vara en kontinuerlig riskminskning för skada även vid fuktnivåer nära den högsta tillåtna nivån. Dock förekommer exempel i fält eller laboratorier där uppmätta emissionsnivåer indikerar skada eller kraftigt förhöjda nivåer även vid torr avjämnning och betong. Detta tydliggör ånyo att de det inte finns generella gränsvärden för alla olika systemkombinationer. Frågan är då möjligen om det är en skada som påträffats i dessa fall eller om det är den för systemet förväntade värdet.

En stor brist i möjligheterna att utvärdera systemen är avsaknad av medicinska eller hygien gränsvärden för när nivåer kan risker medföra skada eller obehag. Ett än större problem är möjligen att det dessutom saknas standardiserade och jämförbara mätmetoder samt en gemensam syn på vad som skall mätas. Detta försvårar utvärdering och utveckling av systemen samt möjligheterna till jämförelsestudier över tid.

Eftersom stora förändringar gjorts från materielsystemet som utgör grunden till det i Sverige definierade högsta tillåtna RF kan det ifrågasättas om limmade golvsystem inte skall ses som en kvalitativt utvärderat system utan snarare att det ur ett fuktsäkerhetsprojekteringsperspektiv endast kan ses som en "beprövad lösning".

Kompabilitetsproblem mellan främst avjämning, lim och plastmatta har i skrivande stund lett till osäkerhet. Detta i kombination med att det generella fuktkravet för att få lägga matta enligt tillverkarens anvisning uppfattas som svårt och kostsamt att uppfylla har löslagda plastmattor ökat markant på svenska marknaden. Ur ett limförtvåningsperspektiv är detta en gynnsam trend. Dock har inte nya problem/skador med att inte limma matta utvärderats såsom:

- Risk för mögel under matta (löslagd matta läggs ofta på underlag 92-97% RF)
- Fuktspridning i filmbildande skikt under matta vid vattenläckage
- Valsning och rörelse i matta
- Städrutiner

## **Parkett**

Problemen med svärtning är väl utträtt med avseende på kopplingen mellan ammoniak från underkonstruktionen. Det har varit känt sedan 80 talet att vissa organiska tillsatsmedel redan vid ca 75 % kan börja avge ammoniak vilket riskerar svärta ädelträ. Efter att kaseinhaltigt flytmedel i kombination med den höga alkaliteten från portlandcement förbjöds så har skadefrekvensen varit mycket låg. Under 00 talet ökade antalet skadefall något men aldrig i paritet med 80 talets omfattning. Kopplingen mellan malhjälpmidlet från cementtillverkningen och den ökade skadefrekvensen är tydligt framförd av (Lindvall, 2014) och inga andra påträffade studier har sedan dess omnämnt skadetyper. Att skadeökningsfrekvensen på 00-talet var orsaken till att den rekommenderade högsta tillåtna fuktnivån sänkte från tidigare 95 till 90 %RF kan retrospektivt ifrågasättas. Det bör dock med tydlighet framföras att problematiken kan återkomma vid förändringar av ingående material och risken för en ökad ammoniakavgång bör därmed beaktas vid införande av till exempel nya supplementära cementliknade material. Vidare bör även kraven möjligen differentieras då risken för svärtning av ett laminatgolv torde vara mycket lågt, även vid förhöjda ammoniaknivåer.

En reflektion kring plastfolie som underlag till parkett är att detta innebär en barriär för fukt som vill torka ut och följaktligen höjs fuktnivån under den densamma. Detta bör leda till att den fuktberoende transporten av ammoniak lättare kan ta sig upp till folien ansamlas/koncentreras och sedan ge fläckvis missfärgning av ovanliggande parkett där denna luft läcker upp.

I omvänt förhållande bör en semi-tät underlagsfoam (Z ca 200 000 s/m) under parkett skapa en uttorkningsprofil som försvårar en ammoniaktransport. Förutsättningen för underlagsfoamen är att denna är tillräckligt tät för att fukttransporten upp till ovanliggande Parkett inte ställer till skada eller "onormal" fuktrörelse samtidigt som den är tillräckligt ångöppen för att fukt inte ska ansamlas under densamma. Ett införande av en fuktsäkerhetsprojekterad semi-tät underlagsfoam istället för PE-folie skulle sannolikt minska uttorkningskravet på det cementbundna underlaget med bibehållen eller förbättrad fuktsäkerhet. Detta är en ny hypotes som inte ännu testats.

## Enkätundersökning

Studiens mål att med en detaljerad skadefrekvens kartering se trender över tid var ej möjlig inom ramen för projektet. Orsaken till detta var att de från entreprenörerna kända skadefallen var så få att dessa ej kan utvärderas ur ett trendperspektiv, se tabell 10. Det går dock att utläsa i den kompletterande subjektiva uppskattningen av skadefrekvens, se tabell 6 och 8, att under 10 talet har både skadefallen varit mycket ovanligt både vad avser emissionsskador från plastmattor eller svärtningsproblematik hos parkett. Tydligaste trendförflyttning avser dock att antalet svar med "vet ej" minskat kraftigt från 90 tal till 20 tal samt en förflyttning från få fall till mycket ovanligt för både limmade plastmattor och parkett. Det går ej att definitivt utläsa någon tydlig historisk trend mellan tidsintervallen på grund av den höga andelen svar "vet ej" dock framgår tydligt att både eftermarknadsenheterna samt de kompletterande svaren från tre golventreprenörer, se tabell 7 och 9, visar på att den upplevda skadefrekvensen under 10-talet och in i 20 talet är mycket låg.

Avsaknaden av tydlig skadefrekvens försvårar en analys av vilken inverkan byggtekniska och materialförändringar har haft på skadefrekvensen. Flertalet av förändringarna torde dock ha medfört en förhöjd säkerhetsmarginal. Exempelvis så medför en tätare betong en mindre inverkan på limskiktets fuktnivå och en ökad användning avjämning tyder på en ökad alkali och fuktbuffert, detta tillsammans med förändringar i mätmetodik som medför att vi generellt mäter högre RF i konstruktionerna bidrar ytterligare till en större säkerhetsmarginal till de olika kritiska RF för olika limmade system.

För parkett har mycket få skador rapporterats för byggnader sedan 2008 vilket också tydliggörs i denna studie. Dock bör medvetenheten att nya material på marknaden kan medföra drastiska förändringar och att det måste finnas metoder för hur dessa risker skall minskas.

## Skadefallssammanställning

Baserat på de skadeutredningar som identifierats inom ramen för den aktuella problemfrågeställningen bör följande beaktas.

Vid allmän genomgång av rapportdatabas noteras att det är svårt att hitta rapporter från utredningar där golvsador av den typ som undersöks i detta projekt är huvudorsaken till inomhusmiljöproblem. Både Polygon (tidigare AK Konsult Indoor Air AB) och Raksystems (tidigare Dry-IT) har dock flertalet gånger bytt serverlösning och då även skalat bort sökbarheten. Adress och namn på objekt är sökbart men att söka till exempel "emissionsskada" är ej möjligt vilket försvårar och fördröjer arbetet med att få fram lämpliga rapporter. Sammanställningen i denna rapport har tagit fram genom arkivsökning samt i samråd med kollegor på respektive företag.

Oftast saknas mycket information om till exempel både ålder, konstruktion, typ av betong, ytskikt och lim. I de skadeutredningar där information finns, är det ofta flera olika konstruktioner och ytskikt som har olika typer av skadebilder. Objekt med både till exempel hög ammoniakhalt och totalalkemi (TVOC) förekommer, eller att det både är skador på limmade ytskikt mot avjämning respektive spånskiva. Detta leder till att

skadorna /rapporterna är svåra att placera i ett "fack". Ur ett retrospektivt kunskapsåterföringsperspektiv vore det önskvärt med hög detaljgrad vid genomförande av skadeutredningar och kausalitet bör alltid klargöras för att minska risk för kostsamma orsaker utan täckning.

### **Limmade ytskikt**

Plastmatta är överrepresenterat som ytskikt i skadeutredningssammanhang, dock är antalet skadefall kopplat till emissionsskador eller förtvålningsskador lågt. Inom ramen för projektet identifierades endast totalt 25 skadefall i en genomlysning hos både Raksystem och Polygon under perioden 10- och 20-talet. För de skadeutredningar som finns saknas dock oftast indata på vilken typ av betong, avjämning, lim och matta samt om man har fuktmätt underlaget innan beläggning skett. Inte sällan saknas även en tydlig orsak verkans samband i rapporterna. Vid identifierad avvikelse definieras detta som skada.

Fuktmätning i betong och avjämning vid skadeutredningstillfället påvisar generellt fuktinnehåll under högsta tillåtna gräns för aktiv förtvålning (<85 % RF), med undantag för konstruktion med tillskjutande markfukt. Till detta bör poängteras att högsta tillåtna fuktinnehåll både inkluderas en mätosäkerhet för mätmetoden samt säkerhetspåslag till kritiskt RF. Erfarenheter från omfördelningsberäkningar visar dessutom på att det tar generellt lång tid att RF på ekvivalent mätdjup skall sjunka samt att fuktnivån vid limskiktet vid förväntade byggförhållanden alltid underskrider RF på djupet om än i samband med limning. I minst två av de rapporter som granskats har ett specifikt lim använts som misstänks kunna brytas ner utan att utsättas för fuktnivåer över 85 % RF (Grantén & Granlund, 2020) (Stelmarczyk, et al., 2021). Baserat på underlaget går det inte att klargöra om det handlar om historisk limnedbrytning, icke adaptiva materialkombinationer, uppfuktad betongyta eller något annat. Dessa resultat kan till del anses bekräfta den sekundära hypotesen för projektet, alltså att de skador som uppkommer ej kopplas till generell uttorkningsproblematik utan föranleds av direkta avvikelser i produktion eller icke kompatibla material.

Skadeutredarna nämner ibland men inte alltid om limmet upplevs klabbigt och om subjektivt avvikande lukt förekommer från densamma. Ytskiktets vidhäftning till underlaget benämns mycket sällan. Merparten av alla golv som bedöms som fuktskadade, bedöms med hänsyn på kemihalt under matta. Ofta med samtida normala halter på ovansida matta. I enstaka fall utförs kemisk mätning av rumsluft för att kunna korrelera fuktmarkörer i rumsluft till den riktade mätningen. Detta beror sannolikt på budgetbegränsningar i uppdraget då dessa mätningar är kostsamma.

En förhållandevis oväntad observation var att höga halter ammoniak förekommer ofta i samband med mattförtvålning. Orsaken till detta har ej kunnat fastställas.

### **Parkett på underlag av foam eller plastfolie**

Merparten av de skador som kunnat identifierats på ekparkett är från 2003-2007, då man samtidigt hittade höga halter aminer/ammoniak från betongen. Skadorna är av estetisk karaktär och påvisas som svärtningar. I vissa fall kan ammoniaklukt identifieras i rumsluften. Fuktnivåer under 90 % mäts generellt vid skadeutredningstillfället. Samband mellan uppmätt fuktnivå och halt aminer/ammoniak kunde noteras (sannolikt

pga. transportmekanismen för ammoniak i cementbaserat material är starkt fuktberoende). Identifierade skadefall är generellt få och begränsade och inte sällan i kombination med brister i installationsarbetet. Ett icke korrekt monterat fuktskydd medför en potentiell ackumulering av ammoniak vid ändträ, i de fall korrekt montage är utfört leds eventuella gaser förbi träet och därmed minskar risk för svärtningsproblematik.

## Slutsats

I studien har inte en kartering av skadefrekvens kopplat till förändringar varit möjlig. Orsaken har varit att antalet inrapportera skadefall hos entreprenadbolagen antingen varit mycket ovanliga eller att statistiken ej varit möjlig att sammanställas inom ramen för enkätundersökningen. Att antalet observerade skador under mellan 2010 och 2020 är lågt kan dock utläsas från studien kompletterande subjektiva bedömning vilket även till viss del stärks genom likvärdiga svar från de tre golventreprenörerna som kompletterade studien.

Under 90 talet och början av 00 talet var antalet skadefall högre, något som både åskådliggörs i vetenskapliga studier under denna period. Stor fokus låg på att identifiera skademekanismen samt förstå nedbrytningsprocesserna. Att fukttinnehållet har en tydlig roll i de flesta skademekanismer är känt sedan länge och stora insatser har gjorts för att mäta betongens fukttinnehåll samt prediktera konstruktionernas uttorkning. Fukttinnehållet och RF specifikt har använts som en riskindikator för olika typer av skådeprocesser i Sverige och mätmetoderna och prognostiseringsverktygen har förfinats kontinuerligt. Till detta har nya material och golvsystem introducerats vilka överlag medfört en ökad teoretisk säkerhetsmarginal till den tidigare definierade kritiska RF för tex limnedbrytning. Risken för skada kan därmed förväntas ha minskat kontinuerligt vilket även kan påvisas i enkätundersökningen. Detta förklarar även varför antalet identifierade skadefall i studien har varit begränsat.

Det går dock ej att klargöra vilken effekt olika specifika förändringar i byggteknik, materialutveckling eller teoretisk kunskap medfört men mycket talar för att till exempel den ökande användningen av lågalkalisk avjämning för limmade golvbeläggningar samt utbyte av malhjälpmedlet vid cement tillverkningen 2008 torde ha en avgörande inverkan på de i studien studerade skademekanismerna. Utöver detta torde utvecklingen av mätmetodiken för fukt i betong bidragit till en ökad säkerhetsmarginal för skador där fukttinnehållet har en avgörande inverkan.

Att det fortsatt förekommer skadefall med emissionsproblematik för brukare är dock också tydligt i skadeutredningssammanställningen. Endast ett fåtal skadefall kunde dock identifieras och de typskador som åskådliggörs är både fall med tydlig våt betong samt emissionsavvikelse även utan misstanke om förhöjda fuktnivåer, vilket kan ses som en bekräftelse av projektets sekundärhypotes kring orsaken till skador. Dessa resultat ligger dessutom helt i linje med vad som framkommit i flertalet studier sedan 70 talet. Det saknas en generell kritisk fuktnivå, risken för nedbrytning beror istället på ingående materials kompatibilitet. Det finns eller har funnits produkter på marknaden som gett upphov till emissionsnivåer som av en skadeutredare bedömts som skada även vid låga fuktnivåer, en problematik som även försvåras då det saknas tydliga gränsvärden för emissioner. I de fall där lägre RF uppmätts i utredningarna kan inte uteslutas att skada eller avvikelse uppkommit på grund av historiskt höga fuktnivåer och att upplevt problem är resultatet av instängda emissioner. Det bör dock beaktas att uttorkning på ekvivalent mätdjup efter mattläggning är en långsam process och att sannolikheten för att fuktnivån överskridit kritisk fuktnivå på ekvivalent mätdjup för att sedan efter mattläggning torka till RF <85% är låg. Detta beaktar dock ej risk för våt betongyta i samband med läggning vilket möjligen bör vara en parameter som bör

beaktats till högre grad för vissa golvsystem, till exempel i liket med den finska mätmetodiken RTS.

Svärtning av parkett har inte varit ett reellt problem för byggnader uppförda efter slutet av 00-talet vilket både styrks genom litteraturen, erfarenheter från entreprenörernas eftermarknadsenheter samt vid genomlysning av inrapporterade skadefall. Den sänkning av högsta tillåtna RF som infördes i AMA 2011 saknar bäring för dagens konstruktioner och det finns starka skäl att överväga en återgång till tidigare kravnivåer med de materielsystem som används idag.

Att vi har få skadefall för limmade plastmattor eller parkett på fuktskydd idag utgör dock ej en garant för att risken fortsatt är låg när nya produkter, produktkategorier eller system introduceras på marknaden. För att undvika att dessa förändringar riskerar medföra förhöjd skadefrekvens förutsätts en systematik i hur nya produkter och system bedöms vid implementering. Detta kan avse hur ammoniakavgång från betong förändras vid nya SCM eller tillsatsmedel; hur nya mjukgörare i plastmattor bidrar till emissionsprofilen från ett system eller hur och när sekundär- och primäremissioner uppkommer för nya limmer.

Framtiden är inte att fortsatt bygga på med en ökad säkerhetsmarginal på historiska sanningar utan att definiera framtidens sanning anpassad för en miljö-, risk- och kostnadsoptimering.

### **Förslag på fortsatt arbete**

- Kausalitets studie av historiska skadefall, var när hur varför får vi skador. Guide för riskminimering i projektering och produktion.
- Framtagande av en av entreprenad, materialtillverkare och skadeutredare accepterat systemkompatibilitets metodologi för limmade golvsystem med möjlighet till differentierade uttorkningskrav
- Hypotesprövning av konceptet med semi-tät fuktskydd under parkett.

## Referenser

- Alexandersson, J., 1998. Långtidseffekter av alkalisk nedbrytning i golv. *Golv till tak*, 3.
- Alexandersson, J., 2004. *Secondary emissions from alkali attack on adhesive and PVC flooring*, TVBM 3115, u.o.: Lunds Universitet.
- Anderberg, A., 2007. *Studies of moisture and alkalinity in self-levelling flooring compounds*, Doktorsavhandling, u.o.: Lunds Universitet.
- Blom, P., 1998. *Betong i begyninger - en vurdering av kensekvenser for inneklime og helse*, Prosjektrapport 236-1998, u.o.: Norges byggforskningsinstitut.
- Boverket, 2018. *Kartläggning av fel, brister och skador inom byggsektorn*, Rapport 2018:36, u.o.: Boverket.
- Brander, P. & Bergström, K., 2017. Läckande mätthål i betong. *Husbyggaren*, 4.
- Eliasson, M., Svensson Tengberg, C. & Tomas, L., 2018. *Fuktegenskaper för golvkonstruktioner - Materialegenskaper*, SBUF 13498, u.o.: SBUF.
- Engberg, J. & Larsson, S., 1999. *Betongbjälklag med limmad matta - olika behandlingars effekt på alkalitet, fukthalt och emissionsbildning*, Examensarbete, u.o.: Kungliga Tekniska Högskolan.
- Engström, C., 2008. *Handledning i upphandling av emissionsmätningar på limmade golvsystem på betong*, SBUF 11625, u.o.: CA consultadministration ab.
- Ericsson, H. & Hellberg, B., 1984. *Skador i golv på underlag av flytspacklad betong under tiden 1977-1983*, R193:1983, u.o.: Byggforskningsrådet.
- Essunger, G. & Hellström, B., 1985. *Åtgärder mot skador i golv på flytspacklad betong*, R148:1985, u.o.: Byggforskningsrådet.
- European Plasticsers, 2023. *Reach Plasticsers*. [Online]  
Available at: <https://www.plasticsers.org/regulation/reach/>
- Fitsche, M., Sjöberg, A. & Wengholt Johnsson, H., 1997. *Kemiska emission från golvsystem av limmade PVC-mattor på självtorkande betong - inverkan av limningsteknik, torkförlopp samt cement-, lim- och mattyp*, P-97:2, u.o.: Chalmers Tekniska Högskola.
- GBR, 2017. *GBR Branschstandard - Mätning av emissionsegenskaper hos sammansatta golvkonstruktioner*, Utgåva 3:2017, u.o.: GBR Service AB.
- Grantén, J., 2004. *Fuktsäkerhet vid limning på lågalkalisk avjämning*, SBUF 11427, u.o.: WSP Environmental.
- Grantén, J., 2016. *Metod för trendmätning av fuktillstånd i tjocka avjämningsskikt - test av resistiva mätmetoder*, SBUF12990, u.o.: FuktCom.
- Grantén, J. & Granlund, D., 2020. *Minimera kemiska golvskador, 1. Säker uttorkning inför golvläggning, 2. Kemisk emissioner efter golvläggning, 3. Uppföljning av goda exempler*, SBUF 13599, 13572, u.o.: FuktCom.



- Grantén, J. & Vestman, R., 2015. *Spärrskikt mot golvemissioner - Tester av olika golvsaneringsmetoder - Utvärdering av åtgärdseffekt i fält, SBUF 12890*, u.o.: FuktCom.
- Gustavsson, H., 1990. *Kemiska emissioner från byggmaterial - beskrivning av skadefall, mätteknik och åtgärder, SP rapport 1990:25*, u.o.: SP.
- Gustavsson, T. et al., 2021. *Fuktsäkra byggnader - en nulägesbeskrivning*, s.l.: Malmö Universitet.
- Hedenblad, G., 1994. *Uttorkning av betongfukt - byggfukt: slutrapport SBUF, TVBM 7076*, u.o.: Lunds Universitet.
- Hedenblad, G. & Jantz, M., 1994. *Inverkan av alkali på uppmätt RH i betong, TVBM 3057*, u.o.: Lunds Universitet.
- Hedenblad, G. & Nilsson, L.-O., 1987. *Kritisk fukttillstånd för några byggnadsmaterial: preliminär undersökning, TVBM 3028*, u.o.: Lunds Universitet.
- Hedlund, H. & Stelmarczyk, M., 2020. *Temperaturkänslighet och självuttorkning i modern betong, SBUF 13672*, u.o.: SBUF.
- Johansson, E., 1994. *Emissioner från byggnadsmaterial, TVBM 3062*, u.o.: Lunds Universitet.
- Johansson, P., 2016. *Fuktmätning i betong med lågt vct, steg 3, SBUF 12941 & 13085*, u.o.: SBUF.
- Johansson, P. et al., 2005. *Kritiskt fukttillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial - kunskapssammanfattning, SP rapport 2005:11*, s.l.: SP.
- Kumlin, A. et al., 2021. *Praktiska vägledningar för säkrare uttorkningstider hos betongbjälklag - Fuktomfördelningsberäkningar, SBUF 13701*, s.l.: SBUF.
- Linderöth, O., Johansson, P. & Wadsö, L., 2020. Development of pore structure, moisture sorption and transport properties in fly ash blended cement-based materials. *Construction and Building Materials*, pp. 262, 120007.
- Lindvall, A., 2014. *Emissioner av ammoniak från golvkonstruktioner, SBUF 12530*, u.o.: SBUF.
- National Wood Flooring Association, 2019. *Installation Guidelines*, u.o.: nwfa.
- Nilsson, L.-O., 1977. *Fuktproblem vid betonggolv, TVBM 3002*, u.o.: Lunds Universitet.
- Nilsson, L.-O., 1979. *Byggfukt i betongplatta på mark: torknings- och mätmetoder. Del 2, Fuktmätning, TVBM 3008*, u.o.: Lunds Universitet.
- Nilsson, L.-O., 1980. *Hygroscopic moisture in concrete - drying, measurements & related material properties, Doktorsavhandling*, u.o.: Lunds Universitet.
- Nordtest method, 1995. *Building Materials: Emission of volatile compounds - field and laboratory emission cell (FLEC), NT Build 438*, u.o.: Nordtest.

Nordtest method, 1995. *Concrete , hareded Relative humidity measured in drilled holes, NT Build 439*, u.o.: Nordtest.

Norling Mjörnell, K., 1997. *Moisture conditions in high performace concrete - mathematical modelling and measurements, Doktorsavhandling*, u.o.: Chalmers Tekniska Högskola.

Odén, U. & Täljsten, B., 2018. *Ständiga förbättringar - Riskminimering genom befintlig försäkringsdata, SBUF 13392*, u.o.: SBUF.

Olsson, N., 2018. *Experimental studies of ion transport in cementitious materials under partly saturated conditions, Doktorsavhandling*, u.o.: Lunds Universitet.

Olsson, N., Nilsson, L.-O., Åhs, M. & Baroghel-Bouny, V., 2020. Moisture transport and sorption in cement based materials containing slag or silica fume. *Cement and Concrete Research*, pp. 106 p.22-32.

Oxfall, M., 2016. *Climatic conditions inside nuclear reactor containments - Evaluation of moisture conditions in the concrete within reactor containments and interaction with tha ambient compartments, Doktorsavhandling*, u.o.: Lunds Universitet.

Persson, B., 1992. *Högpresterande betong hydratation, struktur och hållfasthet, Licentiatavhandling*, u.o.: Lunds Universitet.

Persson, B., 2000. *Kompatibilitet mellan golvbeläggningar på betong med avseende på emissioner, fukt och karbonatisering - inverkan av produktionsmetoder på innemiljön, TVBM 7149*, u.o.: Lunds Universitet.

Persson, B., 2002. *Golvsystem på betong: fuktpåverkan, kemisk emission och vidhäftning, TVBM 7165*, u.o.: Lunds Universitet.

Rahmah, M., Mohd Nurazzi, N., Farah Nordyana, A. R. & Syed Anas, S. M., 2017. Effect of epoxidised soybean oi loading as plasticiser on physical mechanical and thermal properties of polyvinylchloride. *Materials Science and Engineering*, p. 223 012048.

Rittfeldt, L., 1991. *Analys av flyktiga organiska ämnen som emitteras från plastgolv, Rapport C402888-4.5*, u.o.: FoA.

Rydström, A.-M., Jacobson, A., Belleza, E. & Rydberg, T., 2020. *Kartläggning av mängden PVC som finns inbyggd i samhället, Nr B 2391*, u.o.: IVL.

Saeidpour, M., 2015. *Experimental studies od sorption and transport of moisture in cement based materials with supplementary cementitious materials, Doktorsavhandling*, u.o.: Lunds Universitet.

Selander, A., Bergström, K. & Joelsson, A., 2023. Funktionsprova betongens självtorkning och minska koldioxidavtrycket. *Husbyggaren*, 2, p. 4.

Sjöberg, A., 2001. *Egenskaper och funktion hos fukt- och alkalispärrar på betong, P 01:5*, u.o.: Chalmers Tekniska Högskola.

Sjöberg, A., 2001. *Sekunära emissioner från betonggolv med limmade golvbeläggningar - effekter av alkalisk hydrolys och deponerade*

*nedbrytningsprodukter, Doktorsavhandling (översatt)*, u.o.: Chalmers Tekniska Högskola.

Sjöberg, A., 2003. *Direktlimmat trägolv på betongunderlag - Teoretiska beräkningar av fuktbelastning från undergolv*, TVBM 3112, u.o.: Lunds Universitet.

Sjöberg, A. & Anderberg, A., 2003. Förbättrad mätmetod för limmade golvkonstruktioner. *Bygg och Teknik*, pp. 62-63.

Stekmarczyk, M., Rapp, T. & Hedlund, H., 2019. *Utredning av funktionell uttorkning hos betong med mineraliska tillsatsmaterial*, SBUF 13354, u.o.: SBUF.

Stelmarczyk, M., Rapp, T. & Hedlund, H., 2019. *Utredning av funktionell uttorkningsnivå hos betong med mineraliska tillsatsmaterial*, SBUF 13354, u.o.: SBUF.

Stelmarczyk, M. o.a., 2021. *Framtida golvsystem med modern, tät betong*, SBUF 13560, u.o.: SBUF.

Svensson Tengberg, C., 2018. *Inventering: Uttorkning av betonggolv - Betong med mineraliska tillsatsmaterial*, SBUF 13358, u.o.: SBUF.

Tannfors, J. & Pettersson, F., 2019. Uttorkningsoptimering av betong. *Bygg och teknik*, 7.

Viitanen, H. & Ritschkoff, A.-C., 1991. *Mould growth in pine and spruce sapwood of mortars in relation to air humidity and temperature*, Rapport Vol.22, u.o.: Sveriges Lantbruksuniversitet.

Wengholt Johnsson, H., 1995. *Kemisk emission från golvsystem - effekt av olika betongkvalitet och fuktbelastning*, Licentiatuppsatts, u.o.: Chalmers Tekniska Högskola.

Åhs, M., 2011. *Redistribution of moisture and ions in cement based materials*, Doktorsavhandling, u.o.: Lunds Universitet.

Åhs, M. & Nilsson, L.-O., 2010. *Uttorkningstider och kritiska fuktillstånd: kemisk fuktbindning och alkalitransport*, TVBM 7203, u.o.: Lunds Universitet.