

Fuktsäkerhetsprojekteringsguide

ByggaF-PST

Fuktsäkerhetsprojekteringsguiden är ett dokument som guidar projektörer genom hela fuktsäkerhetsprojekteringen. Här finns samlad och lättillgänglig information om vilka krav som ställs i BBR på fuktsäkerhetsprojekteringen, fukttermer och definitioner, rutinen för fuktsäkerhetsprojektering enligt ByggaF-PST samt verktyg och metoder för att genomföra denna. Det finns även tydligt angivna riktvärden på kritiska fuktillstånd för olika material som projektörerna måste förhålla sig till för att inga fuktrelaterade konsekvenser ska uppkomma. Det beskrivs även vilka konsekvenserna blir om de kritiska fuktillstånden överskrids.

Innehållsförteckning

BBR:s krav på fuktsäkert byggande.....	3
Termer och definitioner	4
Rutin för fuktsäkerhetsprojektering	6
Kritiska fuktillstånd för olika material.....	11
Konsekvenser av fukt.....	14
Referenser	16

BBR:s krav på fuktsäkert byggande

BBR är indelat i ett antal kapitel varav ett behandlar fukt. I kapitlet framförs under varje rubrik ett antal föreskrifter som är tvingande och måste uppfyllas. Under varje rubrik finns även en text med ”Allmänna råd” kopplat till föreskriften som ger rekommendationer på hur föreskriften bör eller kan uppfyllas. De allmänna råden är konkreta i sin utformning och ger därför tydlig vägledning om hur kraven kan uppfyllas. De övergripande kraven som presenteras i föreskrifter i BBR beskrivs nedan.

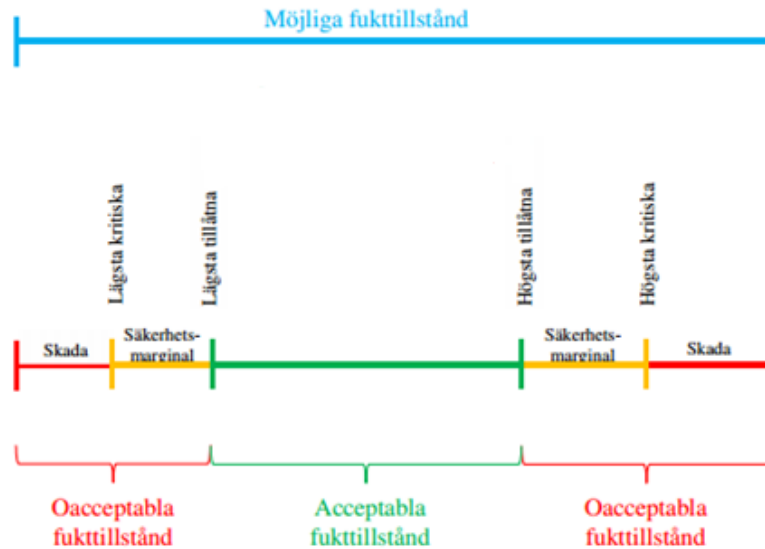
Ett krav som framkommer i föreskrifterna är att kraven som ställs i fuktkapitlet i BBR bör verifieras genom att genomföra en fuktsäkerhetsprojektering och att fuktsäkerhetsarbetet bör ske under alla byggprocessens skeden. Utifrån definitionen av fuktsäkerhetsprojektering framgår det även att för att uppnå kravet bör arbete ske med fuktsäkerhet på ett systematiskt sätt som dessutom dokumenteras. Det rekommenderas att Branschstandard ByggaF används som vägledning till att utföra fuktsäkerhetsprojektering och på så sätt uppfylla kraven.

Det finns krav på att se till så att de högsta tillåtna fukttillstånden inte överskrids i byggnadsdelarna. Fukttillstånden i byggnadsdelarna måste bestämmas med utgångspunkt från de fuktbelastningar som påverkar byggnadsdelen. Fuktbelastningen på en byggnadsdel bestäms i sin tur av de fuktkällor som påverkar byggnadsdelen.

BBR 25 beskriver även konstruktioner och byggnadsdelar utifrån en rad funktionskrav som måste uppfyllas. Till varje byggnadsdel finns även vägledande text om hur kraven kan uppfyllas.

Termer och definitioner

Nedan följer korta beskrivningar på fuktbegrepp som förekommer i BBR och ByggaF. Beskrivningen av termerna och definitionerna är hämtade direkt från Boverket, BBR respektive ByggaF utan att omformuleras. Nedan ses en bild som illustrerar hur en del termer och definitioner hänger samman med varandra.



Figur 1 Åskådliggörande av fuktbegrepp Källa: (ByggaF, 2013)

Kritiskt fukttillstånd

Kritiskt fukttillstånd är det fukttillstånd vid vilket ett materials avsedda egenskaper och funktion inte uppfylls. (Boverket, 2014)

För material och materialtyper, där mögel och bakterier kan växa, ska väl undersökta och dokumenterade kritiska fukttillstånd användas. Vid bestämning av ett materials kritiska fukttillstånd ska hänsyn tas till eventuell nedsmutsning av materialet. Om det kritiska fukttillståndet för ett material inte är väl undersökt och dokumenterat ska en relativ fuktighet (RF) på 75 % användas som kritiskt fukttillstånd. (ByggaF, 2013)

Säkerhetsmarginal

Säkerhetsmarginal är skillnaden mellan högsta tillåtna fukttillstånd och kritiska fukttillstånd. Säkerhetspåslaget bedöms med stöd av de osäkerheter som finns i den metod och de ingångsdata som används i kontrollen av fuktsäkerheten. (Boverket, 2014)

Högsta tillåtet fukttillstånd

Den övre gräns där fukt inte kan förväntas orsaka skador som påverkar hygien eller hälsa. Högsta tillåtna fukttillstånd \leq Kritiskt fukttillstånd – säkerhetsmarginal. (Boverket, 2014)

Högsta tillåtet fukttillstånd är högsta kritiska fukttillståndet minskat med en säkerhetsmarginal. Enligt BBR: Vid bestämning av högsta tillåtna fukttillstånd ska kritiska fukttillstånd användas varvid hänsyn tas till osäkerhet i beräkningsmodell, ingångsparametrar (t ex materialdata och klimatdata) eller mätmetoder. (ByggaF, 2013)

Lägsta tillåtet fukttillstånd

Lägsta tillåtet fukttillstånd är lägsta kritiska fukttillståndet ökat med en säkerhetsmarginal. Detta eftersom material kan få en oacceptabel krympning till följd av att lägsta kritiska fukttillståndet underskrids. (ByggaF, 2013)

Tillåtet fukttillstånd

Tillåtet fukttillstånd är fukttillståndet mellan det lägsta tillåtna och det högsta tillåtna fukttillståndet. (ByggaF, 2013)

Fuktkänsliga konstruktioner

En fuktkänslig konstruktion är en konstruktion eller byggnadsdel med hög sannolikhet att tillåtet fukttillstånd inte uppfylls och konsekvensen vid skada är betydande. (ByggaF, 2013)

Fuktkälla

En fuktkälla är vatten i olika faser. En fuktkälla kan vara exempelvis regn, snö, is, smältvatten, kondensvatten, luftfukt, vattenånga i luften, byggfukt, överskottsfukt i material härrörande från tillverkningen eller byggtiden, vatten i och på marken eller läckage från installationer. (ByggaF, 2013)

Fuktbelastning

En fuktbelastning är den mängd vatten i olika faser som belastar en yta eller en byggnadsdel.

Enstaka fuktbelastning kan exempelvis vara läckage från vattenbärande installationer, vatten som används vid håltagning i betong, översvämning p.g.a. stopp i avlopp etc. (ByggaF, 2013)

Fukttillstånd

Nivå på fuktförhållanden i ett material. Fukttillståndet för material kan beskrivas som fukthalt, fuktkvot, relativ fuktighet m.m. (Boverket, 2017)

Fuksäkerhetsprojektering

Systematiska åtgärder i projekteringsskedet som syftar till att säkerställa att en byggnad inte får skador som direkt eller indirekt orsakas av fukt. I detta skede anges även de förutsättningar som gäller i produktions- och förvaltningsskedet för att säkerställa byggnadens fuksäkerhet. (Boverket, 2017)

Rutin för fuktsäkerhetsprojektering

Nedan beskrivs processen för fuktsäkerhetsprojektering tillsammans med förtydliganden, exempel på tillvägagångsätt och hjälpmedel som kan användas. Stegen som beskrivs är samma steg som ingår i rutinen för fuktsäkerhetsprojektering enligt ByggaF-PST.

1. Identifiera fuktkänsliga konstruktioner och detaljer

Fuktkänsliga konstruktioner, detaljer, genomföringar, anslutningar och arbetsmoment ska identifieras.

2. Identifiera fuktkällor och fuktbelastningar

Byggnadsdel för byggnadsdel ska belastas med alla rimligt tänkbara fuktkällor.

3. Uppskatta fukttillstånd

Fukttillstånden som de olika byggnadsdelarna utsätts för ska uppskattas och det ska beskrivas hur de förväntas variera i tiden. Fukttillståndet i materialet kan uppskattas med olika metoder, kvantitativa och kvalitativa. Till hjälp finns olika typer av beräkningsverktyg, vägledningar och riktlinjer.

Det finns många beräkningsverktyg för fukt- och temperaturberäkningar. För att veta vilket beräkningsverktyg som är bäst lämpat för olika delar i specifika projekt är det viktigt att först identifiera konstruktionens funktion ur fuktaspekt. Utifrån det avgörs vilka beräkningar som är nödvändiga och i förlängningen också vilka beräkningsverktyg som är aktuella att använda. Nedan beskrivs några olika beräkningsverktyg som kan användas under fuktsäkerhetsprojekteringen.

WUFI

WUFI är ett beräkningsprogram som tar hänsyn till samtidig transient fukt- och värmetransport genom material och konstruktioner. WUFI Pro används för att beräkna endimensionella flöden medan WUFI 2D även hanterar tvådimensionella flöden som till exempel vid anslutningar. WUFI är kopplad till en klimatbas och beräkningarna tar därför hänsyn till ”verkliga klimat” på eller i närheten av platsen där byggnaden ska uppföras. (Nilsson, 2009) Det är viktigt att notera att WUFI simulerar klimatet utifrån historisk data, utan hänsyn till framtida klimatförändringar. Projektören som använder programmet måste alltså utan programmets hjälp ta hänsyn till exempelvis ökade regnmängder. För att få ut relevanta resultat från WUFI krävs kunskap och förståelse om programmet.

Delphin

Delphin är ett beräkningsprogram som tar hänsyn till transient transport av värme, luft och fukt men även av ämnen som till exempel salt, föroreningar och mögeltillväxt. Beräkningar kan även göras på kondensation, ventilerade konstruktioner i form av fasader och tak samt uttorknings problem i till exempel källare och byggfukt i material med mera. (Delphin, 2017)

TorkaS

TorkaS används för att ta fram en prognos för uttorkningstiden för nygjuten betong. Det måste dock alltid utföras mätningar på byggarbetsplats på den nygjutna betongen för att säkerställa att den är tillräckligt torr innan fortsatt byggnation sker. TorkaS har baserats på ett stort antal borrhålsmätningar i betong.

I programmet anges den indata som programmet ska grunda beräkningen på. Denna indata kan bland annat vara typ av konstruktion, ort i Sverige och gjutdatum. Klimatet som betongen ska torka i kan anges i programmet i form av temperatur, RF, eventuellt regn med mera. Utdata som programmet ger är den relativa fuktigheten på normalt mätdjup samt i hela betongkonstruktionen som funktion av tiden. Utöver detta kan den beräknade temperaturen i betongen erhållas. (Arfvidsson, o.a., 2011)

Produktionsplanering betong, PPB

Produktionsplanering betong är ett program som kan användas som stöd för platschef, betongtillverkare och projektörer och föreskrivande konsulter. I programmet kan simuleringar göras av 2D-typfall eller egenritade konstruktioner. Programmet används för att utvärdera betongreceptets hållfasthet-, temperatur- och mognadsutveckling. (SBUF, 2014) PPB ska inom kort kompletteras med simuleringar för fuktflöden i betong på olika djup både under uttorkning men även då fukten omfördelas i konstruktionen flera år efter golvläggning. (Stelmarczyk, o.a., 2017)

BI Dry

BI Dry är ett beräkningsprogram som används för att förutsäga uttorkningsförloppet i betongkonstruktioner. Programmet kan göra beräkningar för flera våningsplan. Utdata fås i form av rapporter där flera olika körningar kan presenteras. (Betongindustri, 2017)

Simple Cold Attic Model

Beräkningsprogrammet Simple Cold Attic Model är uppdelat i två delar, en deterministisk och en stokastisk beräkning. För båda beräkningarna laddas det in väderdata i programmet som tar hänsyn till det yttre klimatet. Resultatet från programmet är index på högsta risk för mögeltillväxt över året, värmeförlusten genom vindsbjälklaget i januari och temperaturen samt relativa fuktigheten på råsponsens insida. Dessa resultat kan även fås som diagram där det illustreras hur dessa faktorer varierar över ett år. (Mattisson, o.a., 2016)

HEAT 2 och 3

HEAT2 är ett beräkningsprogram som används för att beräkna tvådimensionell värmetransport genom konstruktionsdelar. Programmet används bland annat för att beräkna U-värden, yttemperaturer och värmeförluster. (Blomberg, 2000)

HEAT3 är motsvarande beräkningsprogram för tre dimensioner vilket gör att beräkningar kan utföras på till exempel hörn och anslutningar mellan byggdelar. (Buildingphysics, 2017)

HEAT är inte ett beräkningsprogram för fukt men kan ändå fungera som ett hjälpmedel ur fuktsynpunkt eftersom köldbryggor och yttemperaturer med mera kan analyseras i programmet vilket i sin tur möjliggör en analys av fukt beteendet.

RäknaF

RäknaF innehåller rekommendationer och metoder som kan användas vid fuktberäkningar. RäknaF kan användas som stöd vid planering, genomförande och presentation av fuktberäkningar. RäknaF använder metoder från ByggaF. (Wallentén, 2014)

Handberäkningar

Handberäkningar är ett bra verktyg för att kontrollera fukt beteendet i material och konstruktioner. Excell är ett bra verktyg för att utföra denna typ av beräkningar. Dock krävs det som alltid kunskaper om fukt för att kunna utföra denna typ av beräkningar. (Nilsson, 2009)

4. Tillåtna fukttillstånd

Projektörerna ska undersöka om uppskattade fukttillstånd ligger inom de tillåtna fukttillstånden. Detta görs genom att projektörerna granskar alla byggnadsdelarna i projektet utifrån de fukt-källor och fuktbelastningar som identifierats och kontrollerar med stöd av beräkningar, provningar eller dokumentation från långsiktigt beprövade lösningar att högsta tillåtna fukttillstånd inte överskrids i någon byggnadsdel. Högsta tillåtna fukttillstånd bestäms av materialens kritiska fukttillstånd inklusive en säkerhetsmarginal.

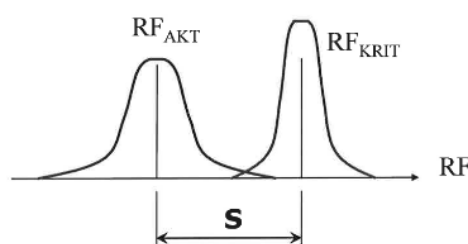
Kritiska fukttillstånd

För att avgöra värdet på det högsta tillåtna fukttillståndet för ett material måste det kritiska fukttillståndet först konstateras för materialet. Materialens kritiska fukttillstånd är det fukttillstånd vid vilket ett materials avsedda egenskaper och funktion inte längre uppfylls. För mikrobiell påverkan är fukttillståndet kritiskt då tillväxt sker. (Boverket, 2017) Utöver mikrobiell påväxt kan material förlora sin funktion av andra orsaker, se ”Konsekvenser av fukt” nedan. För mer information om kritiska fukttillstånd se kapitlet ”Kritiska fukttillstånd för olika material” nedan där även värden för ett antal vanliga byggnadsmaterial presenteras.

Säkerhetsmarginal

Fuktsäkerhetsprojekteringen görs med utgångspunkt från de ingående materialens kritiska fukttillstånd. Detta värde kommer alltid vara osäkert och av denna anledning krävs det att säkerhetsmarginaler införs som tar hänsyn till denna osäkerhet. (Nilsson, 2006) Projektören ska välja säkerhetsmarginal med hänsyn till hur stor osäkerheten är i projekteringsmetoden samt klimat- och materialdata. (ByggaF, 2013) Det finns inga tydliga riktlinjer för hur stor säkerhetsmarginalen bör vara, men 5 % föreslås skilja mellan det kritiska fukttillståndet och det aktuella fukttillståndet om varaktigheten är lång och under förutsättning att fukttillstånden predikteras utifrån flera års klimatdata från SMHI samt om noggrant verifierade simuleringsverktyg används. Om varaktigheten är kort, såsom ett dygn rekommenderas det istället att uttrycka säkerhetsmarginalen i acceptabel varaktighet för fukttillståndet, som till exempel kan vara 12 timmar istället för ett dygn. (Nilsson, 2009)

Ett sätt att bedöma hur stor säkerhetsmarginalen bör vara är att bedöma konsekvensen av att det högsta tillåtna fukttillståndet överskrids. (Nilsson, 2015) Detta kan göras genom att genomföra en fuktriskanalys enligt steg 5 i rutinen för fuktsäkerhetsprojektering nedan. (Boverket, 2014)



Figur 2 Säkerhetsmarginal mellan aktuellt fukttillstånd och kritiskt fukttillstånd. Källa (Nilsson, 2006)

Metoder för att bedöma om tillåtet fuktillstånd för mögelpåväxt överskrivs

MRD-Modellen

MRD står för Mögel-Resistens-Dimensionering. MRD-modellen innehåller en mögelindexskala från 0–6 som beskriver risken för mögelindex på ett material. MRD-modellen tar hänsyn till både temperatur, relativ fuktighet och varaktighet. I programmet görs beräkningar på vilka doser materialet utsätts för vid var tidsenhet, dosen ökar vid gynnsamma förhållanden för tillväxt och minskar vid ogynnsamma förhållanden som får mögelsporerna att sluta gro. Dosen måste vara under den kritiska för att initiering av påväxt inte ska uppkomma. MRD-modellen beräknar ett MRD-index som är den aktuella dosen dividerat med den kritiska dosen, om denna överstiger 1 innebär det risk för etablerad påväxt. Denna metod beaktar alltså variationer i klimatet. (Thelandersson, o.a., 2014)

M-Modellen

M-modellen är ett verktyg som kan användas för att uppskatta risken för mikrobiell påväxt på olika material. M-modellen tar hänsyn till varaktighet, temperatur, relativ fuktighet och datum. M-modellen kan utnyttja utdata från WUFI för att analysera om det finns risk för mögeltillväxt på ett material. Beräkningar görs i sex olika tidsintervall, 1, 2, 4, 8 och 12 veckor där utdata är den kritiska varaktighetskvoten, KVK. KVK-värdet ska ligga under 0,7 för att risken ska kunna ses som låg för att mikrobiell påväxt kan förekomma, ett värde över 1 innebär däremot en hög risk. Programmet tar hänsyn till att vid ogynnsamma förhållanden för mögeltillväxt i form av temperatur och relativ fuktighet kommer mögeltillväxten avta eller dö ut. (Georgsdottir, o.a., 2014)

5. Fuktriskanalys

Projekteringsgruppen ska gemensamt utföra och dokumentera en fuktriskanalys för att få en uppfattning om fuktsäkerheten för en byggnad eller byggnadsdel. Fuktsäkerhetsansvarig Projektör är ansvarig för samordningen av fuktriskanalysen. Ifall förutsättningar förändras ska en ny fuktriskanalys göras. Förslagsvis används checklistor för att göra fuktriskidentifiering och fuktriskanalys i olika skeden. I ByggaF-PST finns en dokumentmall för genomförandet av fuktriskanalys, ”Riskvärdering”.

Dokumentmallen Riskvärdering i ByggaF-PST

I dokumentet riskvärdering som ingår i ByggaF-PST görs en kvalificerad bedömning av sannolikheten för att något ska inträffa och vad konsekvensen blir om det inträffar, det vill säga risken för att fuktskada eller annan olägenhet orsakad av fukt uppstår. Sannolikheten och konsekvensen för att en fuktrelaterad skada uppstår bedöms med siffror mellan 1-4 som därefter multipliceras dessa för att få riskvärdet. Ett alltför högt riskvärde innebär att utformningen måste anpassas och förändras. (ByggaF, 2013) Utifrån riskvärdet kan även en bedömning av säkerhetsmarginalens storlek göras. (Boverket, 2014)

Viktigt att tänka på i riskvärderingen är att en enbart teoretisk bedömning om regn-, vatten- och lufttäthet för varje ingående material var för sig inte ger svar på om fuktsäkerheten kan uppnås praktiskt. Därför bör helhetsfunktionen beaktas när material och produkter sätts samman till ett komplett system eftersom ett materialskikt eller lösning ska fungera fullgott oberoende av om det finns skarvar, fogar, genomföringar och anslutningar. Detta bör vara verifierat. Ingående tätningsprodukter/material bör också vara kompatibla med varandra och underlaget samt att produkterna bör vara livslängdsverifierade. (ByggaF, 2013)

6. Anpassning av utformningen

Om de tillåtna fuktillstånden överskrids eller om fuktriskanalysen tyder på att det finns risk för olägenhet ska en anpassning av utformningen göras. Konstruktioner, system, material ska väljas och utformas så att risken för skada eller annan olägenhet minimeras.

7. Underlag för uppföljning i produktionsskedet

Underlag ska tas fram som redovisar och dokumenterar vilka kontroller och verifieringar som krävs i produktionsskedet utifrån valda konstruktioner, system och material. För känsliga moment kan arbetsberedningar tas fram för att säkerställa rätt utförande.

8. Dokumentera fuktsäkerhetsprojekteringen

Förutsättningar och resultat från fuktsäkerhetsprojekteringen ska redovisas på ett systematiskt sätt som gör det lätt att följa vilka åtgärder som har utförts för att säkerställa att byggnaden uppfyller fuktsäkerhetskraven. I projekterings slutfas ska Fuktsäkerhetsansvarig Projektör göra en granskning av projektörernas handlingar med avseende på fuktsäkerhet. Fuktgranskningen ska dokumenteras. Redovisningen av granskningen kan göras som kommentarer och markeringar på ritning och som kommentarer i tabellform med hänvisning till handling och läggas som en bilaga till fuktsäkerhetsbeskrivningen.

9. Följ upp projekteringen

Uppföljningsmöte med projektörer kan hållas om det finns behov av det i projektet.

10. Huvudansvarig Fuktsäkerhet granskar fuktprojekteringen

När all fuktsäkerhetsprojektering är genomförd på detaljnivå ska Huvudansvarig Fuktsäkerhet granska att fuktsäkerhetsprojekteringen är genomförd och dokumenterad samt i begränsad omfattning granska handlingarna.

Kritiska fukttillstånd för olika material

Materialens kritiska fukttillstånd är det fukttillstånd vid vilket ett materials avsedda egenskaper och funktion inte längre uppfylls. För mikrobiell påverkan är fukttillståndet kritiskt då tillväxt sker. (Boverket, 2017) Utöver mikrobiell påväxt kan material förlora sin funktion av andra orsaker, se avsnittet ”Konsekvenser av fukt”.

Information om kritiska fukttillstånd bör inhämtas från leverantörer och tillverkare. En metod som leverantörerna kan använda för att bestämma kritiskt fukttillstånd finns i rapporten ”Kritiskt fukttillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial – kunskapssammanfattning” författad av RISE. (Johansson, o.a., 2005) Olika sätt att redovisa kritiska fukttillstånd för material kan vara att ange en fuktnivå, temperaturnivå och varaktighet som materialet inte får utsättas för. (Boverket, 2014)

För ett material som inte är väl undersökt och dokumenterat ur fuktsynpunkt anger BBR att kritiska fukttillståndet ska vara 75 %. (Boverket, 2017) Detta leder i förlängningen till att om inte bättre kunskap finns för nedsmutsade material är det kritiska fukttillståndet 75 % RF.

Kritiskt fukttillstånd är en materialegenskap och i tabellen nedan presenteras riktvärden på kritiska fukttillstånd som projektörer bör förhålla sig till. Det som är viktigt att beakta är att det kritiska fukttillståndet för ett material påverkas av både varaktighet och temperatur. Det innebär att en längre varaktighet och högre temperatur ger ett lägre värde på det kritiska fukttillståndet. Observera att värdena presenterade nedan ska minskas med en säkerhetsmarginal för att få högsta tillåtna fukttillstånd. Högsta tillåtna fukttillstånd \leq Kritiskt fukttillstånd – säkerhetsmarginal. Storleken på denna säkerhetsmarginal kan variera från fall till fall och för olika material varvid ett generellt värde är svårt att ange, mer om säkerhetsmarginaler återfinns ovan.

Tabell 1: Kritisk relativ fuktighet för några olika byggnadsmaterial, riktvärden.

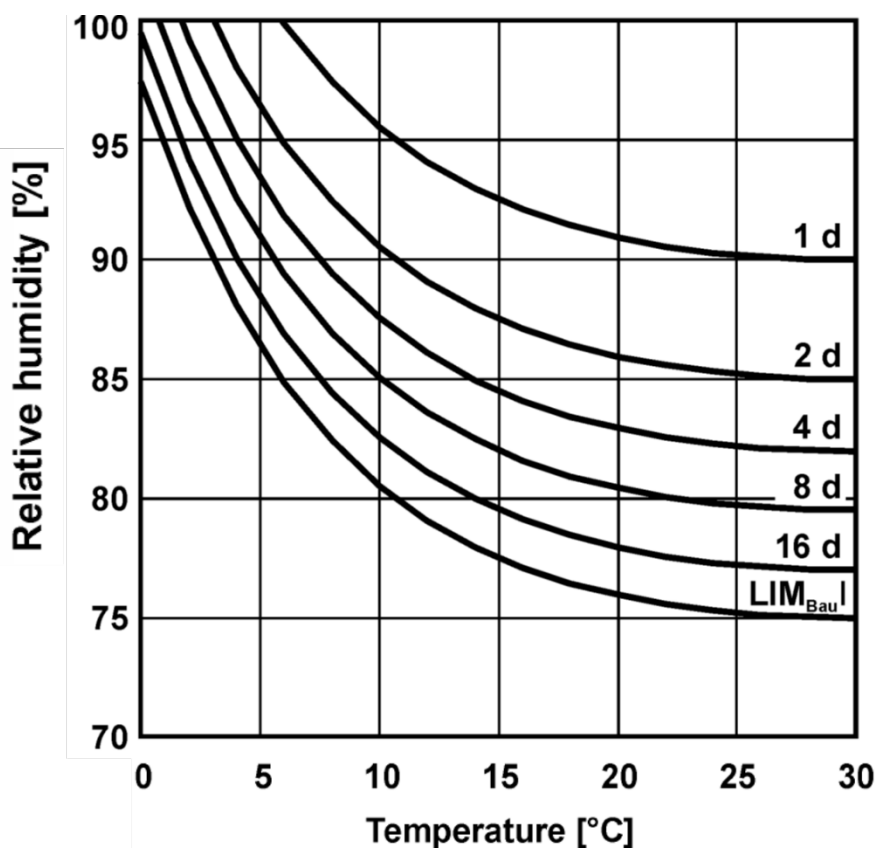
Material	RF _{krit} - Riktvärden	Förändringsprocess
Trä och träbaserade material	75-80 ¹⁾	Mögel och missfärgningar
	Fuktkvot 25-30 % ³⁾	Mekaniska egenskaper
	Fuktkvot 25-30 % ³⁾	Rötsvampangrepp
Spånskivor	65 ³⁾	Egenemissioner
Korkplattor utan plast på baksidan	80 ²⁾	Mögel och missfärgningar
Plastfiltmattor med jutebaksida	75 ⁴⁾	Mögel och missfärgningar
Gipsskiva för inomhusbruk	80-85 ¹⁾	Mögel och missfärgningar
Våtrumsskiva av gips	90-95 ¹⁾	Mögel och missfärgningar
Gipsskiva för utomhusbruk	90-95 ¹⁾	Mögel och missfärgningar
Betong	90-95 ¹⁾	Mögel och missfärgningar
Mineralull	90-95 ¹⁾	Mögel och missfärgningar
Asfaltpapp	90-95 ¹⁾	Mögel och missfärgningar
Cementbaserade material	>95 ¹⁾	Mögel och missfärgningar
	60-80 ³⁾	Svällning vid uppfuktning
	70 ³⁾	Transport av lösta ämnen
	85 ³⁾	Cementreaktioner
	80 (Högt pH) ³⁾	Alkaliproteinreaktioner
Avjämningsmassor med hög andel aluminatcement	90-95 ⁴⁾	Nedbrytning av aluminatcement
Avjämningsmassor med portlandcement	95 ⁴⁾	
Extruderad polystyren	>95 ¹⁾	Mögel och missfärgningar
Porösa, spröda material	Individuella vatten- mättnadsgrader ³⁾	Frost
Plastmattor, PVC	85 ⁴⁾	Limsläpp, lukt, deformation
Linoleum	85 ⁴⁾	Limsläpp, lukt, deformation
Helsyntetisk textilmatta, nålfilt	75 ⁴⁾	På grund av smuts och damm
"Smuts och damm"	75 ⁴⁾	Lukt och mögel
Stål, obehandlat	60 ⁴⁾	Korrosion
Övriga metaller	50 ³⁾	Korrosion
Armering i karbonatiserad betong	85 ³⁾	Korrosion
Armering i kloridhaltig betong	<60 ³⁾	Korrosion
Äldre flytspackel med kasein	70-75 ⁴⁾	Lukt, missfärgning av ek
Fuktspärrar, spackel, keramiska plattor	100 ²⁾	Mögel och missfärgningar
Alla material	Ungefär linjär funktion av fukthalten kg/m ³ ³⁾	Termiska egenskaper

Källor till tabellen ovan:

- 1) Johansson, 2014 samt Johansson et al, 2005. Gäller vid cirka +22°. RF-intervallen som anges betyder att ingen mögeltillväxt noterades vid den lägre nivån under försöken, medan mögel iaktogs vid den övre. (Johansson, 2014), (Johansson, o.a., 2005)
- 2) Petersson, 2001, Tillämpad byggnadsfysik, ISBN 91-44-01897-5, Studentlitteratur, Lund, 2001. (Petersson, 2001)
- 3) Litteraturuppgifter sammanställda av Nilsson (2006). Fuktpåverkan på material - kritiska fuktnivåer. Fuktcentrums informationsskrift, Fuktsäkerhet i byggnader, Forskningsrådet Formas, Stockholm 2006, ISBN 91-540-5951-8 (Nilsson, 2006)
- 4) Arfvidsson, Harderup, Samuelsson, 2017, Fukthandboken, upplaga 4 (Arfvidsson, o.a., 2017)

De värden för kritisk relativ fuktighet (RF_{krit}) som redovisas i tabell 1 ska endast betraktas som riktvärden. För många material finns det ett tidsberoende vilket innebär att man under kortare tider kan acceptera högre fukttillstånd än de kritiska som anges i tabellen utan att skador uppstår. Mögelangrepp på trä är ett exempel på detta, se figur 3. För exempelvis frostsprängning kan det däremot räcka att det kritiska fukttillståndet överskrids en gång för att en skada ska uppstå. Om materialtillverkare eller leverantörer redovisar RF_{krit} för sina produkter ska dessa användas.

I figur 3 redovisas samband mellan temperatur, relativ fuktighet och varaktighet avseende mögelpåväxt på trämaterial enligt Sedlbauer, 2000. Kurvorna i figuren visar tiden i dygn till mögelpåväxt. Under kurvan LIM 1 (Lowest Isopleth for Mould) förekommer ingen påväxt enligt Sedlbauer. Detta innebär att mögelpåväxt aldrig förekommer om den relativa fuktigheten alltid understiger 75%, som stämmer bra med Boverkets krav på högsta tillåtna RF för ett material som inte är väl undersökt och dokumenterat ur fuktsynpunkt.



Figur 3 Samband mellan temperatur, relativ fuktighet och varaktighet avseende mögelpåväxt på trämaterial. Tiden i dygn för kurvorna i figuren avser tiden till mögelpåväxt. Under kurvan LIM 1 förekommer ingen påväxt. (Sedlbauer, 2000).

Konsekvenser av fukt

Nedan beskrivs olika konsekvenser som kan uppstå om det kritiska fuktillståndet överskrids och det anges även vilka material som kan påverkas av de olika konsekvenserna. Informationen kommer från Lars-Olof Nilssons rapport, *Fuktpåverkan på material-Kritiska fuktnivåer* (Nilsson, 2006)

Deformation

Deformationer kan vara till exempel krympning eller svällning. Krympning sker när materialet avger fukt och svällning när materialet tar upp fukt. De flesta keramiska material krymper bara obetydligt när fukten torkar ut. Ett material som däremot krymper mycket vid uttorkning är lättbetong. Cementbaserade material krymper nästan proportionellt mot fukthaltsminskningen och är irreversibel om materialet torkar under 11 % RF. Många polymerer sväller vid uppfuktning, exempelvis PVC-mattor. Det finns dock även de PVC-mattor som krymper vid uppfuktning på grund av att mjukgörare avgår vilket ger en större krympning än svällning. Deformationerna i trä och träbaserade material kan bli väldigt stora, i tangentiell riktning kan den maximala fuktrörelsen vara över 10 % för vissa träslag vilket är 20 gånger större än i fiberriktningen. Eftersom fuktrörelsernas storlek är olika i olika riktningar deformeras en träbit olika beroende på hur den är utsågad ur trädstammen.

Andra typer av deformationer är krökning och krypning. Krökning uppstår när det finns en fuktgradient genom materialet, det vill säga ena sidan blir torrare än den andra. Krypning uppkommer efter långvarig mekanisk belastning. Fuktnivåerna har stor inverkan på krypningen, ju fuktigare desto större krypning. Cementbaserade material påverkas också av krypning.

Mekaniska egenskaper

Materialens mekaniska egenskaper, främst styvhet och hållfasthet, kan vara mer eller mindre fuktberoende och beroende av klimatvariationerna runt materialet. Böjhållfastheten i en provkropp minskar med uttorkningen medan tryckhållfastheten ökar. Trä- och träbaserade materials hållfasthet sjunker kraftigt med uppfuktning upp till fibermättnadspunkten. Även elasticitetsmodulen påverkas av fuktnivån i materialet. För trä och träbaserade material minskar elasticitetsmodulen med en ökande fukthalt upp till fibermättnadspunkten.

Termiska egenskaper

Både värmekapaciteten, som beskriver termisk tröghet, och värmekonduktiviteten, som beskriver materialets förmåga att leda värme, påverkas av materialets fuktillstånd. Värmekapaciteten och värmekonduktiviteten ökar med fukthalten i ett material eftersom vatten leder energi bättre och har större lagringskapacitet än de flesta material. Värmekonduktiviteten för trä och betong kan öka upp till 50 % i realistiska fuktområden. En ökning av värmekonduktiviteten för cellplast och mineralull innebär en försämring av värmeisoleringsförmågan.

Fuktegenskaper

Ett materials fuktbindningsegenskaper och fukttransportegenskaper beror på fukttinnehållet och på den relativa fuktigheten. Fukttinnehållet i materialet ökar med ökande RF. Materialets fuktkapacitet, förmåga att binda fukt vid förändrade fuktillstånd, är kraftigt fuktberoende, och är stor vid höga och låga RF men mindre däremellan. Fukttransportförmågan hos porösa material påverkas mer av fuktillståndet än kompakta material. Fukttransportförmågan ökar med ökande fukttinnehåll i materialet då större delen av porsystemet är vätskefyllt. För betong beror fukttransportförmågan mycket på vct, vid vct 0,8 ökar fukttransportkoefficienten drastiskt vid höga RF jämfört med låga RF medan för vct 0,4 sker knappt någon vätsketransport alls.

Kemiska och elektrokemiska reaktioner

För många beständighetsfenomen och nedbrytningsprocesser krävs det kemiska reaktioner. En ökad fuktighet i materialen kan öka hastigheten för de kemiska reaktionerna. Karbonatisering är en reaktion som sker när koldioxid reagerar med kalksten, denna reaktion kräver fukt för att inträffa eftersom kalket måste finnas i en lösning. (Nilsson, 2006) Då betong karbonatiseras sänks pH-värdet i betongen och detta i kombination med att syre tränger in i betongen orsakar korrodering i armeringen. För att syret ska kunna diffundera in till armeringen krävs det dock att fuktigheten inte är för hög och täpper igen porsystemet, men för att metall ska kunna korrodera krävs en fuktig yta. Rosten som bildas vid korrosion skapar en volymökning i betongen som i sin tur skapar spänningar vilket kan leda till att betongen spricker. Denna typ av korrosion sker inte i normalt inomhusklimat då den relativa fuktigheten är för låg.

Korrosion av armering kan även uppstå om det finns tillgång till klorider över ett visst tröskelvärde i betongen. Kloridtillgången är starkt fuktberoende då kloriderna transporteras med fukt till armeringen. Denna typ av korrosion kan ske med höga hastigheter även i inomhusklimat.

Fysikaliska angrepp

Då vatten fryser ökar dess volym och om frysning sker i ett material där porvolymen inte kan ta upp volymökning kommer materialet att sprängas sönder. Olika material är olika känsliga för att frostsprängas, detta beror på porsystemets uppbyggnad.

Mikrobiell påväxt

Svamptillväxt har ett fuktighetsoptimum, men kan växa vid väldigt låga relativa fuktigheter. Hur låg RF svampar och bakterier kan växa i varierar dock mycket. Synlig svamptillväxt kräver dock oftast högre fuktnivåer och för att de ska avge giftiga ämnen krävs en ännu högre fuktnivå än för enbart tillväxt. För att rötsvampar ska växa krävs betydligt högre fuktnivåer än för mögelsvampar. Kritiska RF anges till 95–100 % för rötsvampar men dessa värden är osäkra då det saknas bra studier på detta.

Nedsmutsning av organiska material sänker fuktbehovet eftersom smutsen utgör näring för mikroorganismerna. Andra viktiga faktorer för det kritiska fuktillståndet för svampar och bakterier är temperatur och varaktighet.

Emissioner

Emissioner kan vara både primära och sekundära. De primära emissionerna är de som kommer från de ursprungliga ämnena i ett material medan de sekundära emissionerna är de som uppkommer på grund av kemiska reaktioner. Båda sorterna av emissioner är starkt fuktberoende. För de primära emissionerna är emissionshastigheten större vid högre relativa fuktigheter. De sekundära emissionerna är också större vid högre relativa fuktigheter eftersom fukt krävs för att transportera och sammanföra ämnena som reagerar med varandra och ger upphov till emissioner.

Ett exempel på en reaktion som ger sekundära emissioner är alkalisk nedbrytning av limmade PVC-mattor. När RF är under 90 % avges endast primära emissioner, men vid högre RF avges sekundäremissioner från nedbrytningsprodukterna. Flytspackel med proteinet kasein som flyttillsatsmedel avger emissioner i form av ammoniak och aminer vid höga relativa fuktigheter.

Referenser

- Arfvidsson Jesper, Harderup Lars-Erik och Samuelson Ingemar** Fukthandboken utgåva 4 [Rapport]. - Lund : Svensk Byggtjänst, 2017.
- Arfvidsson Jesper, Hedenblad Göran och Nilsson Lars-Olof** Datorprogrammet TorkaS 3, som prognosverktyg vid val av ekonomisk betongkvalitet från uttorkningssynpunkt [Rapport]. - Lund : Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, NCC AB, CEMENTA AB samt LTH, 2011.
- Betongindustri** Betongindustri [Online] // BI Dry. - 2017. - den 12 december 2017. - <http://www.bidry.se/>.
- Blomberg Dr. Tomas** HEAT2 A PC-program for heat transfer in two dimensions. Manual with brief theory and examples. Version 5.0 [Rapport]. - [u.o.] : Lund-Gothenburg Group for Computational Building Physics , 2000.
- Boverket** [Online] // Om fukt i byggnader. - den 23 maj 2014. - <https://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/om-fukt-i-byggnader/>.
- Boverket** Boverkets byggregler, BBR [Rapport]. - Karlskrona : Boverket, 2017.
- Buildingphysics** Buildingphysics [Online] // HEAT3. - den 7 december 2017. - <http://www.buildingphysics.com/index-filer/Page691.htm>.
- LTH; CTH; Byggindustrier, Sveriges; PEAB; NCC; JM; Konstruera, SydArk; Hus, Akademiska; Sverige, Polygon; FuktCom, SP; IVL; FoU-Väst, Säker Vatten; Boverket; Byggherrarna.** [Online] // ByggaF Branschstandard, Branschstandard ByggaF metod för fuktsäker byggprocess, 2013.
- Delphin** Delphin Simulation program for the calculation of coupled heat, moisture, air, pollutant, and salt transport [Online] // DELPHIN. - den 8 december 2017. - <http://bauklimatik-dresden.de/delphin/index.php?aLa=en>.
- Georgsdottir Tina och Nygren Carin** Fuktanalys av ytterväggskonstruktioner som ansluter till offentliga våtrum [Rapport]. - Lund : Lunds Tekniska Universitet, 2014.
- Johansson Pernilla [o.a.]** Kritiskt fuktillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial-kunskapssammanfattning [Rapport]. - Borås : SP, 2005.
- Johansson Pernilla** Determination of the Critical Moisture Level for Mould Growth on Building Materials [Rapport]. - Lund : LTH, 2014.
- Mattisson Karin och Holck-Clausen Jens** Fuktstudie om uteluftsventilerade vindar med beräkningsprogrammet Simple Cold Attic Model från Annex 55. [Rapport]. - Stockholm : Kungliga Tekniska Högskolan, 2016.
- Nilsson Lars-Olof** Fukt- Byggvägledning 9. En handbok i anslutning till Boverkets Byggregler [Bok]. - Malmö : Svensk Byggtjänst, 2015.
- Nilsson Lars-Olof** Fuktpåverkan på material- Kritiska fuktnivåer [Rapport]. - [u.o.] : Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF, 2006.
- Nilsson Lars-Olof** Kunskapsläge och råd kring fuktsäker projektering och tillämpning av fuktkrav i BBR för träkonstruktioner [Rapport]. - Lund : Lunds Tekniska Universitet, 2009.
- Petersson Bengt-Åke** Tillämpad byggnadsfysik [Rapport]. - Lund : Studentlitteratur, 2001.

SBUF SBUF [Online] // Produktionsplanering betong PPB, SBUF. - 2014. -
<https://www.sbuf.se/Nyheter-och-publikationer/Aktuellt/2014/PPB/>.

Stelmarczyk Marcin [o.a.] PPB- produktionsplanering betong [Online] // Betongfunktion-uttorkning, SBUF. - den 7 juni 2017. - https://www.sbuf.se/ppb/Nyheter/PPB_och_fukt/.

Thelandersson Sven, Isaksson Tord och Niklewski Jonas Fuktsäker utformning av klimatskiljande byggnadsdelar med fuktkänsliga material, Vägledning för projektering och riskvärdering [Rapport]. - Lund : Lunds Tekniska Högskola, 2014.

Wallentén Petter RäknaF kort presentation 2014 05 [Online]. - maj 2014. -
http://www.fuktcentrum.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/PDF-filer/2014/Infodag_STHLM/RaeknaF-PW-140508.pdf.