



Vägledning för optimal mellanlagring av prefabricerade byggnadsdelar i trä

Slutrapport TCN projekt 2442310

S. Olof Mundt-Petersen, Polygon Sverige

Johan Öberg, Polygon Sverige

Göran Berggren, RISE

Ida Edskär, Lindbäcks bygg

Therese Björkhed, Lindbäcks bygg

Borne Gebing, Lindbäcks bygg

Sammanfattning

Mellanlagring av prefabricerade moduler och planelement i trä innan dessa transporteras till byggarbetsplatsen för montage bör primärt ske i lokaler med kontrollerat klimat. Tyvärr är möjligheten till sådan lagring begränsad och ofta mycket kostsam i det fall moduler, planelement och eventuella andra prefabricerade byggnadsdelar behöver lagras under längre perioder. Även om mellanlagring av flera skäl ska undvikas, eller i alla fall hållas så kort som möjligt, uppstår ibland situationer där trähustillverkare tvingas till längre perioder av mellanlagring. Vanligtvis uppstår dessa situationer med kort varsel och utanför trähustillverkarens rådighet, såsom t.ex. oförutsedda produktionsstopp, byggherrar som går i konkurs eller extremt långa perioder av regn som hindrar montage. Samtidigt saknas riktlinjer, råd och vägledning för hur mellanlagring av prefabricerade moduler och planelement ska utföras för att i möjligaste mån undvika att skador i dessa uppstår under mellanlagringstiden.

Denna rapport presenterar nödvändiga och en lägsta nivå samt "best-in-practice" för hur prefabricerade moduler och planelement ska mellanlagras. Sammanfattningsvis visar rapporten att:

- Mellanlagring bör primärt ske i lokaler med väderskydd och kontrollerat klimat.
- Hål kan uppstå förhållandevis enkelt i emballage och det finns en rad olika faktorer som kan ge upphov till att hål uppstår.
- Om hål uppstår i emballaget behöver detta åtgärdas/tätas omedelbart för att undvika inträngande vatten och efterföljande fuktrelaterade skador. Tätning av hålen kan i regel utföras med för ändamålet specifik tejp.
- Vid konstaterade hål i emballaget behöver det även säkerställas så att vatten inte trängt och att mikrobiella skador inte uppstått i modulen. Vid skador eller omfattande uppfuktning behöver fukttekniker eller ackrediterad skadeutredare (Byggdoktor) konsulteras för åtgärder.
- Mellanlagrade moduler behöver kontrolleras löpande för att säkerställa så att skador inte uppstår.
- Det är viktigt att emballaget är ordentligt sträckt och att ytterligare åtgärder vidtas vid behov för att stående vatten på ovansidan av mellanlagrade modulers tak inte uppstår.
- Särskild omsorg behöver läggas vid lagring vintertid, lagringstid över två månader samt vid förväntat hårt väder. Vid sådana fall kan ett extra yttre kapell av tungpresenning appliceras utanpå det ordinarie emballaget.
- För att upptäcka skador i emballage krävs regelbunden rondering där modulerna eller planelementen systematiskt besiktigas okulärt.
- Det är svårt att mäta sig till förhöjda fukttillstånd från inläckage då dessa ofta är av lokal karaktär på annan plats än där vatten tränger in.
- Inbyggnadsfuktkvoten i träreglar ska understiga 14 % för att inga skador ska uppstå. Torrare material kan inte kompensera för enskilda regler med hög fuktkvot (FK).
- Diffusionsöppna membran löser inte problem med för hög fuktkvot i inbyggda regler.

Studien som ligger till grund för resultaten avser såväl kvalitativa som kvantitativa delar. De kvalitativa delarna avser huvudsakligen insamling och sammanställning av befintlig kunskap och erfarenheter. De kvantitativa momenten har utförts med beräkningsverktyget WUFI 2D.

Innehållsförteckning

1	<i>Inledning</i>	4	
1.1	Bakgrund	4	
1.2	Syfte.....	4	
1.3	Avgränsningar	5	
1.4	Övrig relevant litteratur	5	
2	<i>Metod och genomförande</i>	6	
2.1	Exempel på skador och dess skadeorsaker i mellanlagrade moduler och planelement	6	
2.2	”Best-in-practice” – Praktiskt handhavande och moment och aktiviteter för att undvika skador	6	
2.3	Påverkan av omgivande klimat och initiala förutsättningar i inbyggt material	7	
2.4	Kontrollplan – nödvändiga kontroller för att undvika fuktrelaterade skador vid mellanlagring utomhus	8	
3	<i>Emballering och täckning</i>	9	
3.1	Skillnad på emballering och täckning.....	9	
3.2	Exempel på emballering	10	
3.3	Återvinning av emballage och förstärkningspresseningar	15	
4	<i>Exempel på skador och dess skadeorsaker samt förslag på åtgärder för att minska risken för skador</i>	16	
4.1	Skador, skadeorsak och åtgärder	16	
4.2	Mellanlagring i lokaler eller andra skyddade utrymmen	17	
4.3	Hål i emballage som ger upphov till inträngande vatten.....	21	
4.4	Sträckning och vikning av emballage för att undvika vattensamling på ”tak	inkl. montage av läkt och ribbor	31
4.5	Påverkan av omgivande klimat och tid för mellanlagring	35	
4.6	Emballagets beständighet mot UV-/sol strålning	36	
4.7	Skador p.g.a. täckning istället för sexsidig emballering	37	
4.8	Lagringshöjd och stående vatten under volymer/planelement	37	
4.9	Marklutning och markbeskaffenhet.....	39	
4.10	Skador p.g.a. invändig kondens och hängbuk.....	40	
4.11	Skador p.g.a. för högt fukttillstånd i inbyggda material	41	
4.12	Mätningar av förhöjda fukttillstånd i emballerade moduler	48	
4.13	Behovet av omedelbara åtgärder vid skador	49	
5	<i>Slutsatser</i>	51	
6	<i>Kontrollplan</i>	52	
7	<i>Referenser</i>	54	
8	<i>Finansiering, genomförande och projektmål</i>	56	
9	<i>Bilagor</i>	56	

1 Inledning

1.1 Bakgrund

En av utgångspunkter i industriellt byggande är att i största mån undvika mellanlagring av prefabricerade moduler, planelement och andra byggnadsdelar i trä som tillverkats på fabrik. Mellanlagring medför i regel alltid en merkostnad men även ökade risker för skador. Samtidigt finns en rad olika mer eller mindre oförutsedda händelser utanför fabriken som skapar avbrott i produktionsflödet vilket i sin tur tvingar fram att prefabricerade moduler, planelement och byggnadsdelar behöver mellanlagras under olika lång tid. Sådana händelser kan utgöras av allt från långvariga perioder med regn till förlängd produktionstid på byggarbetsplatsen eller att andra aktörer i byggprojektet hamnat på obestånd. Även avbrott i produktionen i fabrik eller en långsam produktionstakt i kombination med behovet av kompletta montage on-site och fullastade transporter kan också ge upphov till behov av mellanlagring. Primärt uppstår behovet av tillfällig mellanlagring i anslutning till när de prefabricerade modulerna och byggnadsdelarna står i stånd att lämna fabriken för att transporteras till byggarbetsplatsen för montage. För att underlätta vidare läsning benämns prefabricerade moduler, planelement och andra byggnadsdelar fortsättningsvis bara som "prefabricerade byggnadsdelar".

De extra kostnaderna och den ökade risken för skador som mellanlagring av prefabricerade byggnadsdelar medför är kopplat både till tiden för mellanlagring och sättet som byggnadsdelarna mellanlagras på. Generellt minskas risken för skador om byggnadsdelarna kan mellanlagras väderskyddat under tak. Dock är mellanlagring under tak i regel förknippat med betydligt högre kostnader jämfört med att lagra byggnadsdelarna ute under bar himmel. Vidare är det av tillgänglighets och logistiska skäl tyvärr inte heller alltid möjligt att mellanlagra under tak. För att möta den ökade risk för fuktrelaterade skador som kan uppstå vid mellanlagring utomhus behöver ytterligare åtgärder vidtas. Vilka åtgärder som bör vidtas samt hur detta bör ske för att minska risken för skador finns i dag inte sammanställt. För att möta bygg-, trä- och trähusindustrins behov av att kunna mellanlagra prefabricerade byggnadsdelar av trä utomhus behövs därför vägledning och riktlinjer för hur detta ska kunna utföras så att risken för skador reduceras.

1.2 Syfte

Projektets mål är att ta fram en konkret vägledning för hur prefabricerade moduler, planelement och andra byggnadsdelar av trä bör mellanlagras för att undvika fuktrelaterade skador. De separata delstudier som genomförs syftar till att beakta såväl praktiska förutsättningar och frågeställningar som kvantitativa och mätbara aspekter av mer teoretisk karaktär. Faktiska risker samt andra aspekter och förutsättningar som behöver beaktas vid mellanlagring har sammanställts. Till respektive potentiell risk för skador specificeras och beskrivs tillämpade aktiviteter, moment och kontroller som syftar till att undvika skador i prefabricerade byggnadsdelar som mellanlagras utomhus. Vidare upprättas en kontrollplan med relevanta moment, aktiviteter och kontroller att utföra innan, under och efter en mellanlagring för att undvika skador. Kontrollplanen avses kunna utgöra ett underlag till speditörer samt personal i produktion, transport, lagring och montage för att i förlängning ge minskat antal komplikationer vid slutmontage med ett minskat antal avvikelser eller garantiärenden.

1.3 Avgränsningar

Denna studie hanterar mellanlagring av prefabricerade byggnadsdelar från det att dessa byggts färdigt i fabrik till dess att de monterats på byggarbetsplatsen. Studien avgränsas till fuktrelaterade skador, vanligtvis mikrobiella skador i form av mögel eller bakterier, som uppstår under eller kopplat till mellanlagring av moduler och planelement. Produktionsprocesser samt avbrott och problem kopplat till produktion i både fabrik samt på byggarbetsplatsen berörs inte närmare i denna studie utöver att det konstateras att det kan påverka förutsättningarna för en optimal mellanlagring.

1.4 Övrig relevant litteratur

Ur ett generellt perspektiv finns förhållandevis få vägledningar som ur ett praktiskt perspektiv beskriver hur fuktrelaterade frågeställningar kopplat till trähusbyggande ska hanteras i produktionsskedet för att hantera risken för fuktrelaterade skador. Nedan ges några exempel på övrig relevant litteratur.

I handboken "Fukt i trä för byggindustrin: fuktegenskaper, krav, hantering och mätning." utgiven av Trätek 2005 ges tips på hur trä och fukt interagerar och lämpliga förebyggande och praktiska åtgärder som kan vidtas för att minska risken för skador och behov av åtgärder i förvaltningsskedet (Esping, Salin och Brander 2005).

I artikeln "Produktionsstrategier för fuktsäkert byggande i trä", Husbyggaren 1:2024, redovisar ledande fuktsakkunniga i Sverige ett urval av produktionsstrategier samt vad som behöver beaktas vid byggande i trä för att undvika fuktrelaterade skador (Mundt-Petersen mfl. 2024).

I handboken "Fuktsäkert KL-träbyggande utan heltäckande väderskydd" utgiven 2021 av Svenskt Trä redovisar Svenskt Trä sin syn på hur byggande med KL-trä skulle kunna utföras. Handboken saknar exempel på byggande med prefabricerade volymer och planelement då produkten är annorlunda och inte kan hanteras på samma sätt som rent KL-trä.

2 Metod och genomförande

Projektet har genomförts både genom praktiska tillämpade delmoment och teoretiska kvantitativa delmoment. De kvalitativa praktiska delmomenten utgörs i huvudsak av insamling och sammanställning av skador som uppstått vid mellanlagring samt en sammanställning av praktiska moment och aktiviteter som kan vidtas för att undvika skador. De kvantitativa teoretiska delmomenten utgörs dels av en validering av använt beräkningsverktyg och därefter beräkningar där risken för att fuktrelaterade skador ska kunna uppstå utvärderas.

Resultaten och slutsatserna från de olika delmomenten har sammanställts och synkroniserats och tillsammans gett slutresultatet från studien i form av en kontrollplan att följa vid mellanlagring. Kontrollplanen innehåller även nödvändiga gränsvärden för inbyggnad av regler etc. Nedan redovisas metod och genomförande för respektive delmoment i kronologisk ordning. De teoretiska kvantitativa delmomenten med validering av beräkningsverktyget samt framtagande av gränsvärden redovisas mer utförligt i en separat rapport enligt Bilaga 1.

2.1 Exempel på skador och dess skadeorsaker i mellanlagrade moduler och planelement

Genom input från ett urval av företag som producerat volymer och planelement i trä, tidigare FUI-projekt samt fuktsakkunniga och skadeutredare har ett antal exempel på skador och dess skadeorsaker som uppstår vid mellanlagring sammanställts. Där så varit möjligt visualiseras skador och skadeorsaker med fotografier. Aktuella skador och dess bakomliggande skadeorsaker ger en grund för frågeställningar som behöver hanteras vid mellanlagring i nästkommande steg "Best-in-practice" – Praktiska moment och aktiviteter för att undvika skador.

Notera att erfarenheter från tidigare FUI-projekt bland annat baseras på skador och skadeorsaker som provocerats fram. Vidare har uppkomna skador i vissa fall medvetet lämnats utan åtgärd under en längre tid för att ge större effekt eller tydliggöra potentiella risker. I vissa fall har även obeprövade metoder använts och utvärderats vilket lett till större skador än vad som kan förväntas i normalfallet. Då skador provocerats fram i olika volymer och planelement från olika tillverkare och med olika färdigställandegrad ska inte en specifik volym, planelement alternativt tillverkare eller färdigställandegrad beaktas som sämre än någon annan.

2.2 "Best-in-practice" – Praktiskt handhavande och moment och aktiviteter för att undvika skador

Praktiska moment och aktiviteter för att undvika skador har sammanställts genom interjuver och erfarenhetsinsamling från produktionspersonal, fuktsakkunniga och skadeutredare. De praktiska momenten och aktiviteterna tar sin utgångspunkt ifrån sammanställningen av vanligt förekommande skador och dess skadeorsaker i mellanlagrade moduler och planelement samt vad som proaktivt kan utföras för att undvika att skador sker. Respektive moment och aktivitet för att undvika skador kopplas till exempel på skador och dess skadeorsaker för att förklara vilken effekt momentet eller aktiviteten avser att åstadkomma.

2.3 Påverkan av omgivande klimat och initiala förutsättningar i inbyggt material

Påverkan av omgivande klimat och olika initiala förutsättningar i inbyggt material studeras i en parameterstudie. I parameterstudien används en beräkningsmodell som där så varit möjligt blint verifierats mot mätningar samt justerats så att tillförlitliga resultat erhålls. I parameterstudien testas primärt påverkan av omgivande klimat och initialt fuktillstånd i regelverket. Detta justeras systematiskt i en iterativ process för en rad olika beräkningsfall och på ett sådant sätt att gränsvärden för att förutsättningar för att inte skador ska uppstå kan fastställas.

För att öka förståelsen och av den blinda verifieringen som utförts i syfte att erhålla en tillförlitlig beräkningsmodell för parameterstudien redovisas metoden för denna ur ett övergripande perspektiv nedan. En fullständig metodbeskrivning för valideringen av beräkningsverktyget i sin tillämpade miljö samt resultat från denna redovisas i separat rapport enligt Bilaga 1.

2.3.1 Blind validering av beräkningsverktyg

För att säkerställa att beräkningar som utförts är tillförlitliga behöver det beräkningsverktyg som används validerats i sin tillämpade miljö. Genom att utföra valideringen blint kan potentiella felaktiga inställningar och okända faktorer som påverkar resultatet noteras och om möjligt även beaktas. Att göra beräkningar blint innebär att de utförs med kända randvillkor men utan att den individ som utför beräkningen känner till uppmätta värden i motsvarande förhållanden i den konstruktion som studeras. När beräkningen är utförd jämförs uppmätta värden med motsvarande beräknade värden. Vid avvikelser kan nödvändiga justeringar i beräkningsverktyget utföras för att erhålla en korrekt beräkningsmodell för fortsatta parameterstudier.

2.3.2 Beräkningsmodell och beräkningar

Vid såväl valideringen som parameterstudien har beräkningsverktyget WUFI 2D använts för de kopplade transienta värme- och fuktberäkningar som utförts. De olika versionerna av WUFI's® mjukvarufamilj utför kopplade värme- och fuktberäkningar under valbara omgivande klimatförhållanden och för såväl material som flerskiktskomponenter och till och med hela byggnader. Tanken är att användaren ska kunna använda kopplade värme- och fukttransportberäkningar för att i projekteringsfasen ska kunna optimera konstruktioner och identifiera potentiella problem och risker.

I valideringen har en modell av verkliga moduler i träreglar som mellanlagrats delvis utomhus och delvis inomhus byggts i WUFI 2D. Begränsningen i det tvådimensionella beräkningsverktyget gör att beräkningsmodellen utgörs av ett tvärsnitt som har korrekta yttre dimensioner men ett ungefärligt förhållande mellan ingående mängder material.

Som randvillkor för omgivande klimat i den blinda valideringen har dels klimatdata från en av SMHIs närliggande klimatstationer använts, för tiden när aktuella moduler som lagrats utomhus, och dels eget loggat inomhusklimat i den lokal där modulerna lagrats för den tid när modulerna lagrats inomhus. Därefter har temperatur, relativ fuktighet (RF) och fuktkvot (FK) beräknats i ett antal olika fall och positioner för vilka motsvarande mätningar utförts.

2.3.3 Mätningar i befintliga moduler

Som underlag till den bild verifieringen har mätresultat från tidigare FUI projekt återanvänds. Detta avser i praktiken mätningar av temperatur, relativ fuktighet och fuktkvot som utförts i moduler som mellanlagrats ömsom inomhus och ömsom utomhus samt i vissa fall blivit skadade eller att skador provocerats fram.

Volymer har instrumenterats i fabrik eller i RISE-labbet med S160 givare från Omnisense enligt Figur 2:1 varvid temperatur, relativ fuktighet och fuktkvot loggats på olika platser i trämaterial i modulerna.



Figur 2:1 Exempel på olika sensorer monterade i och på trämaterial (Foto: Göran Berggren och Lars Oscarsson)

2.3.4 Validering av beräkningsverktyget och beräkningmodellen – jämförelse mellan uppmätta och blint beräknade värden

Valideringen genomförs genom att blint beräknade värden av temperatur, RF och fuktkvot jämförs med motsvarande uppmätta värden i en verklig modul. Vidare jämförs beräknat och uppmätt uttorkningsförlopp av uppfuktade byggnadsdelar i olika miljöer och under olika förhållanden i verkliga moduler. Genom en blind jämförelse noteras potentiella fel och bristfälliga antaganden i beräkningsmodellen varvid dessa justeras så att beräkningsmodellen blir tillförlitlig och därmed avspeglar de verkliga mätningar som utförts inför parameterstudien. Betydande avvikelser och vilka åtgärder som vidtagits för att erhålla bättre korrelation mellan uppmätta och de initialt blinda beräkningar noteras då dessa i sig utgör ett resultat och viktig information för framtida beräkningar. De blinda beräkningarna är inte blinda längre så fort uppmätta värden blivit kända för den individ som utför beräkningarna.

2.4 Kontrollplan – nödvändiga kontroller för att undvika fuktrelaterade skador vid mellanlagring utomhus

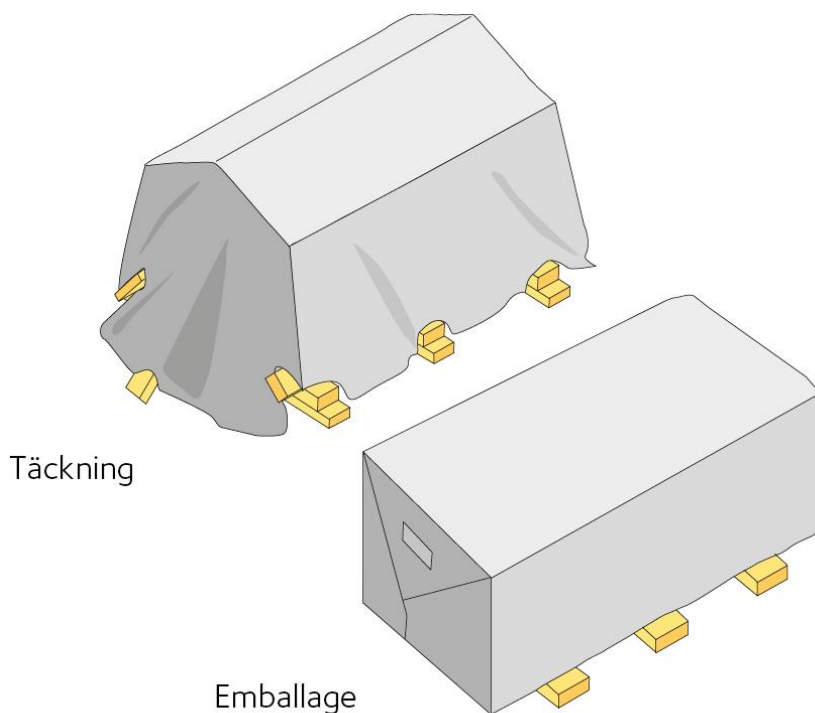
Baserat på resultat från de kvantitativa teoretiska beräkningarna samt de kvalitativa praktiska aktiviteter och moment som föreskrivits i föregående delar sammanställs en kontrollplan med punkter att hantera när mellanlagring behövs. Kontrollplanen redovisas i Bilaga 2.

3 Emballering och täckning

För att skydda moduler, planelement samt andra byggnadsdelar eller byggnadsmaterial mot nederbörd och andra fuktkällor men även smuts etc. utförts vanligtvis någon form av väderskydd. Väderskyddet kan i sin tur utformas på olika sätt där olika former av emballering eller täckning av modulen är vanligast.

3.1 Skillnad på emballering och täckning

Emballering av moduler, planelement och andra byggnadsdelar eller byggnadsmaterial ska inte förväxlas med täckning av motsvarande. Emballering utförs företrädesvis som sexsidig emballering där alla sidor är täckta och hela modulen eller planelementet är helt innesluten. En täckning av en modul, planelement, virkespaket eller motsvarande skyddas primärt bara från nederbörd uppifrån och riskerar bland annat att fuktas upp av markfukt underifrån. Principiella skillnaden mellan täckning och emballering redovisas i Figur 3:1 nedan.



Figur 3:1 Skillnaden mellan Täckning och Emballage (Träguiden/ Svenskt trä).

Vid mellanlagring utomhus av moduler, planelement och andra byggnadsdelar eller byggnadsmaterial förutsätts att detta utförs med sexsidig emballering. Hur lång tid mellanlagring kan ske utomhus med endast täckning beror på rådande väderlek, lagringshöjd och underliggande mark. Enbart täckning utgör alltid en risk och oberoende väderlek samt andra kringliggande förutsättningar är mellanlagring med endast täckning längre än 7 dagar inte att betrakta som fackmannamässig hantering av prefabricerade byggnadsdelar och material.

3.2 Exempel på emballering

En hög kvalitet på grundemballeringen är en förutsättning för en framgångsrik mellanlagring. Brister i emballeringen riskerar att ge upphov till kostsamma och komplexa skador i den emballerade modulen eller planelementet.

Efter färdigställande i fabrik emballeras volymerna normalt med modulfolie samt vid behov med någon form av förstärkning på toppen. Processen för emballering och valda metoder och material hos de olika tillverkarna av plan och volymelement i trä är principiellt ganska lika. Emballeringen utförs genom sexsidig inplastning som utförs av respektive tillverkare, se exempel på inplastning enligt Figur 3:2.



Figur 3:2 Exempel på hur en modul kan emballeras sexsidigt med extra förstärkning av tungpresenning. A Transparent bottenemballage så att inträngande fukt/vatten kan observeras och undertill. B Bottenemballage samt emballage på sidan, den extra förstärkningen av tungpresenning har medvetet dragits upp för att visuellt åskådliggöra botten emballagets uppvik och att bakomliggande sidoemballage ligger på utsidan av bottenemballaget (Foto: Borne Gebing).

I vägledande syfte ges exempel på emballering som används idag:

Modulfolie svart/vit

Typ: LDPE (lågdensitet polyeten) Co-extruderad (flerskikts) film med UV-skydd. Tjocklek 0,12 mm.

Plastfolie LD Strongtäck

Typ: Transparent plastfolie LDPE (lågdensitet polyeten) av nyråvara. Väldigt stark och seg. För täcknings- och byggnadsändamål, fuktskydd, dammskydd. Tjocklek 0,12 mm.

3.2.1 Anslutningar och infästningar kring hörn

Vikning av plast runt hörnen kan utföras på olika sätt och med lite olika teknik för infästning och fästelement vad gäller t.ex. spikning eller skruvning av tunna trälistor som sträcker plast och modulfolie runt volymens hörn. Exempel på olika infästningar redovisas i Figur 3:3.



Figur 3:3 Exempel på olika typer av vikningar runt hörn och olika typer av fästelement (Foto: Göran Berggren)

3.2.2 Metoder för att "sträcka" emballaget/ undvika "fladder" vid transport

Emballaget ska sträckas för att "fladder" inte ska uppstå under transporten eftersom detta i regel ger upphov till skador på emballaget varvid modulen, planelementet eller motsvarande därefter skadas av fukt eller smuts som tar sig in genom revor i det skadade emballaget. Utgångspunkten vid mellanlagring är att modulerna eller motsvarande kan utsättas för kraftig vind varför emballaget även behöver sträckas ordentligt vid mellanlagring. Vidare behöver emballaget vara sträckt vid mellanlagring för att det ska säkerställas att nederbörd rinner av och inte riskerar att samlas i fickor. Figur 3:4 visar ett "sträckt" emballage.



Figur 3:4 Taket på en emballerad modul med "sträckt" emballage (Foto: Göran Berggren).

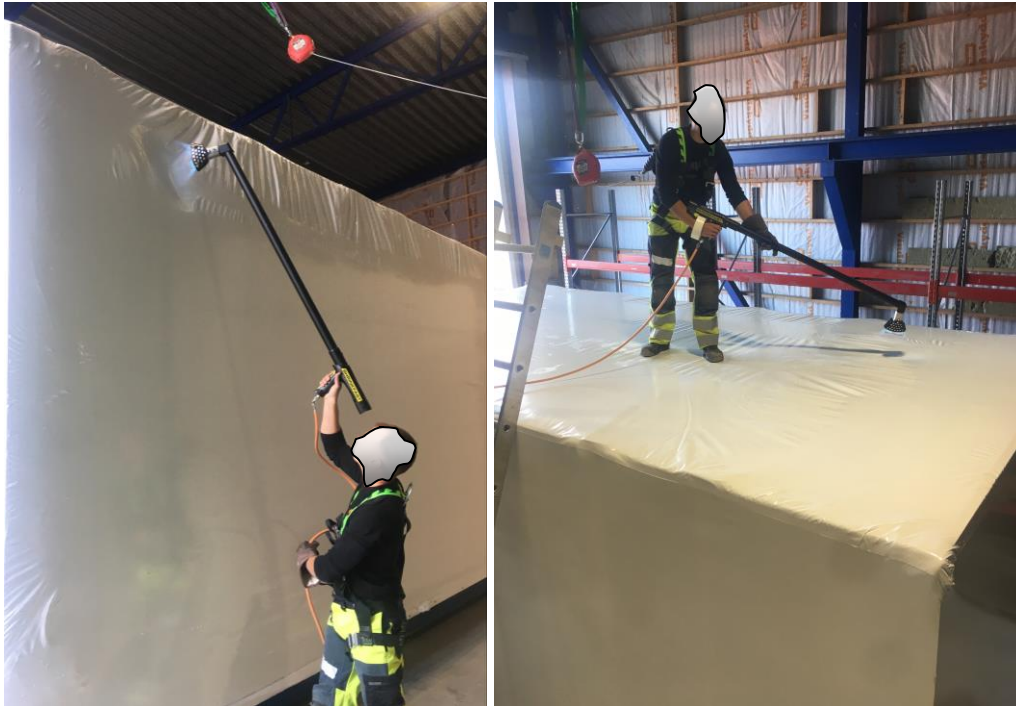
Det finns flera olika tekniker för att sträcka emballaget. Emballaget kan till exempel sträckas med hjälp av läkt/träribbor som efter vikning rullas in i emballaget och därvid spänner ut det samma, se exempel i Figur 3:5. Sträckningen genom att läkt/träribbor snurras in ska i första hand utföras med ribborna horisontellt eller på sådant sätt att vatten kan rinna nedåt och av modulen.



Figur 3:5 Exempel på volym där emballaget efter vikning spänts genom att läkt snurrats in i emballaget (Foto: Göran Berggren).

Emballering kan också utföras med krympplast, se exempel i Figur 3:6 och 3:7. Emballering med krympplast bedöms idag vara ett dyrare alternativ men används ändå av några aktörer. Fördelar med emballering med krympplast är ett minimalt fladder under transport, dock är arbetsinsatsen något högre. Ytterligare en fördel är att färre spikar eller skruvar som penetrerar plasten används vilket gör att antalet svaga punkter där vatten kan komma in i

modulen reduceras. Potentiella nackdelar är att krympplasten vid värmning riskerar att smälta ihop med andra material, som till exempel bottentäckning på volymen, dvs plasten under modulen. Vidare används gasol vid krympningen vilket också kan vara negativt ur ett miljö och arbetsmiljöperspektiv. I tidigare begränsade försök med krympplast konstaterades att noggrannheten vid applicering/krympning och skadereparation är minst lika viktig som vid normal emballering av volymer.



Figur 3:6 Applicering av krympplast på volym (Foto: Lars Oscarsson).



Figur 3:7 Moduler med emballage av krympplast som även kompletterats med liggande och stående läkt/ribbor. Notera det förstärkta skyddet på taket, "hättan" i form av en PVC-presenning som har fästs in med liggande läkt/ribbor (Foto: Göran Berggren).

3.2.3 Förstärkning av emballage

Beroende av omgivande förutsättningar behöver emballaget många gånger förstärkas, antingen enbart på toppen av modulen, även benämnd "hätta", men ibland behövs även ytterligare förstärkningar på övriga sidor. Alla förstärkningar av emballaget utöver normalfallet görs utifrån en sammanlagd bedömning av lagringsplats, årstid och sannolik väderlek samt eventuell transport. Förstärkningen kan t.ex. utgöras en starkare PVC presenning som bara täcker modulens tak och fästs med läkt enligt Figur 3:7 eller av ett kapell av tungpresenning som även täcker sidorna, se Figur 3:8. En lösning med enbart ett kapell som enskilt utgör väderskyddet är inte sexsidig och jämförbar med en täckning. Detta är inte en komplett emballering då täckning av detta slag riskerar att leda till skador från uppträngande markfukt samt inträngande snö, slask och smuts som stänker upp på modulens undersida vid transport.



Figur 3:8 Exempel på extra skydd med kapell av tungpresenning utanpå emballerad modul. Extra skydd av tungpresenning ger också bättre förutsättningar för snöröjning på toppen av volymer (Foto: Lars Oscarsson).



Figur 3:9 Exempel på extra skydd med kapell av tungpresenning utanpå emballerad modul. Extra skydd av tungpresenning ger också bättre förutsättningar för snöröjning på toppen av volymer (Foto: Borne Gebing).

Vidare förekommer det också andra exempel på olika emballering för längre transporter under mer eller mindre extrema klimatförhållanden, se exempel i Figur 3:9. Vid transporter utomlands med variationer i omgivande klimat behöver en separat utredning göras av en aktör med kompetens diplomerad fuktsakkunnig eller motsvarande för att säkerställa att inte invändig kondensbildning eller likande uppstår.



Figur 3:10 Moduler på lastbärare för transport till andra sidan jorden med båt (Foto: Lars Oscarsson).

3.3 Återvinning av emballage och förstärkningspresseningar

Emballage av plast och krympplast ska källsorteras på byggarbetsplatsen och skickas för återvinning. Formanpassade kapell av tungpresenning omhändertas på byggarbetsplatsen och sänds åter till fabrik. Kapellet kontrolleras så att inga revor, hål eller andra skador förekommer på dessa, vilka i sin tur lagas om så är fallet. Kostnader och merarbete för systemet och omställningen av produktionsapparat och returhantering av emballage är svåra att uppskatta och väga mot en eventuell vinst i pengar eller minskade kostnader för kvalitetsbrister. Sådana kostandsuppskattningar ligger utanför detta projekts avgränsningar.

4 Exempel på skador och dess skadeorsaker samt förslag på åtgärder för att minska risken för skador

Nedan sammanfattas exempel på skador och dess skadeorsaker i mellanlagrade moduler och planelement. Kopplat till exemplen på skador och dess skadeorsaker finns råd, rekommendationer och riktlinjer för hur risken för skador och skadeorsaker kan reduceras och i bästa fall helt elimineras. Exempelen utgörs dels av tidigare genomförda projekt där olika verkliga skador eller medvetet skapade skador studerats. Vidare har exempel på skador inhämtats från fuktsakkunniga och skadeutredare. Om möjligt exemplifieras skadorna, skadeorsaker samt potentiella risksänkande åtgärder med fotografier och figurer. Syftet är att visa på de skador och skadeorsaker som uppkommer samt dess effekt för att i ett nästa steg återge lösningar för att reducera och om möjligt helt eliminera kritiska delar som riskerar att ge upphov till skador.

I sammanhanget finns det ett starkt samband mellan transport och mellanlagring eftersom emballerade moduler och planelement behöver transporteras till uppställningsplatsen. Även om denna transport är kort så finns risker för att t.ex. håll uppstår i emballaget vid av eller omlastning etc. Vidare finns starka ekonomiska och logistiska argument för att inte omemballera moduler och planelement innan transport sker från mellanlagringsplatsen till byggarbetsplatsen eftersom emballaget normalt även avser att skydda modulen, planelementet eller motsvarande vid efterföljande transport till byggarbetsplatsen.

4.1 Skador, skadeorsak och åtgärder

I denna rapport definieras och avgränsas skador till mikrobiella och bakteriella skador som uppstår i ett material i en modul, planelement eller motsvarande. Med mikrobiella skador avses det som i dagligt tal kallas för mögel. Utöver mögel finns det många gånger bakteriella skador, dvs bakterier, som ger upphov till odör och ohälsa. Med skada avses att de uppkomna mikrobiella och bakteriella skadorna bedöms vara av sådan art och omfattning att samhällets krav på hygien, hälsa och miljö inte uppfylls (BBR). Det finns flera olika metoder där man genom provtagning och analys i laboratorium kan fastställa var gränsen för skada respektive oskadat material går. Den enda praktiskt vedertagna kvantitativa metoden som finns benämns "Totalantalanalys" och bygger på fluorescensmikroskopering (Bergström och Tannfors 2023, Honkanen, Bergström och Brander 2017). Den faktiska skadeorsaken avgränsas till aktiviteter som rör mellanlagring, inklusive brister i emballage, täckning eller motsvarande vilka i sin tur på något sätt gett upphov till en skada på modul eller planelement.

Flertalet av nedan specificerat åtgärder är självklara för många aktörer. Utan att ta ställning till varför så kan det konstateras att dessa självklarheter många gånger åsidosätts varvid skador uppstår i prefabricerade moduler och planelement under transport eller vid mellanlagring. Notera att redovisade åtgärder avser de mest vanligt förekommande skador och skadeorsaker. Studien gör således inte anspråk på att vara komplett, vilket i praktiken inte är möjligt eftersom det i regel finns en bred spridning över olika skador och skadeorsaker som kan uppstå (Mundt-Petersen mfl. 2023A and Mundt-Petersen mfl. 2023B). Eftersom samma åtgärder förekommer för olika skadeorsaker kan det i vissa avseenden förekomma upprepningar i de råd, rekommendationer och riktlinjer som anger hur den faktiska skadeorsaken kan reduceras och om möjligt elimineras.

I ett fall med ett emballage som har håligheter där vatten tränger in i en emballerad modul utgörs således av skadeorsaken av hålet i emballaget och den mikrobiella påväxten som det inträngande vattnet gett upphov till den faktiska skadan. Samtidigt är också orsaken till att hålet i emballaget uppstått en skadeorsak. Skadeorsakerna kan således vara flera olika och förekomma i flera olika led och bero på flera olika faktorer. I denna studie berörs endast tekniska skadeorsaker och kvalitativa frågeställningar som t.ex. "motivation" och "stress" etc. har inte beaktats.

Best-in-practice – Generella frågeställningar att beakta

För mellanlagring av moduler och planelement finns en rad grundläggande frågeställningar som behöver beaktas:

- Mellanlagring av moduler och planelement strider mot grundläggande principer i en högindustrialiserad byggprocess med hög prefabriceringsgrad. Moduler och planelement samt andra prefabricerade byggnadsdelar ska således primärt inte mellanlagras och mellanlagring ska endast utföras i undantagsfall.
- I ett första skede behöver det ifrågasättas om det överhuvudtaget är möjligt och finns förutsättningar för att mellanlagra moduler och planelement.
- Mellanlagring ska i första hand alltid ske i en lokal eller annat utrymme med kontrollerat klimat och i andra hand under tak eller i tält. Att mellanlagring sker utomhus beror i regel på oförutsedda händelser som gör att lagring inomhus eller ekonomiska skäl inte är möjligt.
- Vid mellanlagring utomhus är utgångspunkten att moduler och planelement ska ha sexsidig emballering, att hål inte ska kunna uppstå i emballaget och att inbyggnadsfuktkvoten i modulen eller planelementens byggnadsmaterial inte får vara för hög.
- En riskvärdering behöver upprättas över vilka skador och skadeorsaker som föreligger för den specifika mellanlagringen. I denna behöver minst de mer detaljerade frågeställningar som tas upp nedan beaktas.
- Vid en eventuell tillfällig mellanlagring utomhus ska denna planeras där frågeställningar och riktlinjer enligt kontrollplanen i Bilaga 2 ska beaktas.

4.2 Mellanlagring i lokaler eller andra skyddade utrymmen

I ett övergripande perspektiv uppstår mikrobiella skador vid mellanlagring i moduler och planelement oftast av vatten från regn och snö eller motsvarande som på något sätt trängt in i modulen eller planelementet. Vidare kan material med för högt fukttillstånd ha byggts in varvid lokala skador uppstår i och kring det aktuella materialet med för hög inbyggnadsfuktkvot.

Mellanlagring av moduler som inte kan transporteras till byggarbetsplatsen för direkt montage bör i första hand alltid ske i väderskyddade lokaler med kontrollerat klimat. Tyvärr är detta ofta förknippat med en hög kostnad för mellanlagringen som i förlängningen inte gör affären lönsam. Om det inte är möjligt att mellanlagra moduler i lokaler där klimatet kan kontrolleras bör mellanlagring under tak prioriteras, d.v.s. hallbyggnader med tak men utan väggar, då nederbörd utgör en betydande risk för skador. Om mellanlagring kan utföras utan att moduler eller planelement riskerar att utsättas för nederbörd, t.ex. i lokaler, ska de i regel inte emballeras eftersom det begränsar möjligheten för uttorkning av byggfukt. Notera

särskilt att mellanlagring inte ska ske på byggarbetsplatsen eftersom det i regel alltid sker under mindre kontrollerade och många gånger direkt olämpliga former. Att transportera moduler och planelement som inte byggs in direkt enligt just-in-time principen till byggarbetsplatsen är således inte ett sätt att lösa ett eventuellt problem med brist på lämpliga utrymmen för mellanlagring.

Best-in-practice – Riktlinjer för mellanlagring i lokaler etc.

För mellanlagring av prefabricerade moduler och planelement i lokaler eller andra skyddade utrymmen ska följande beaktas:

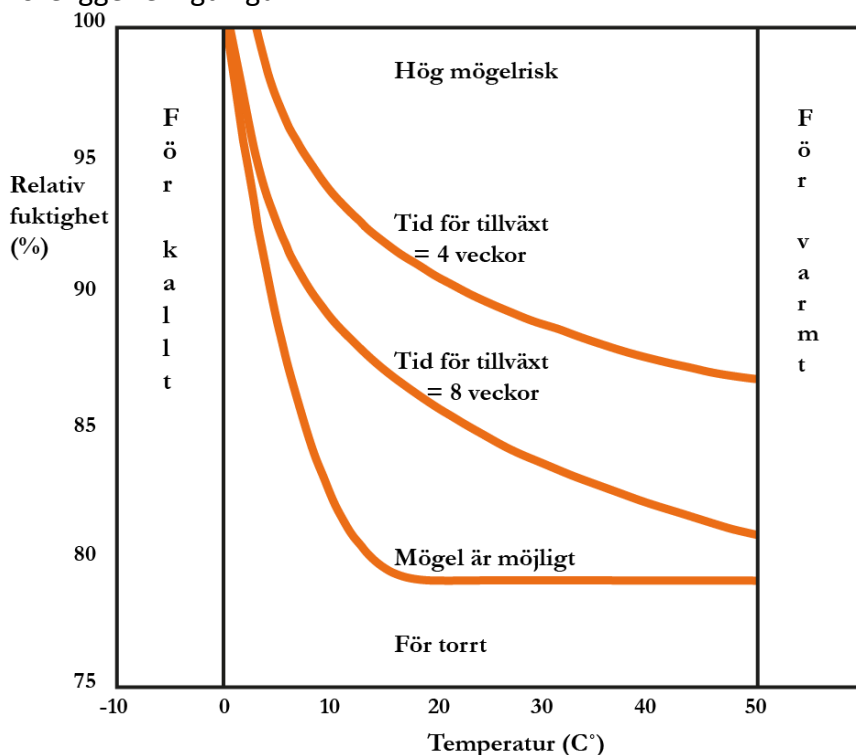
- Mellanlagring bör om möjligt alltid ske i lokaler eller andra utrymmen där klimatet kan kontrolleras. Om möjligt företrädesvis i direkt anslutning till fabriken där de producerats.
- Om mellanlagring utförs i lokaler där klimatet inte kan kontrolleras ska mellanlagring under tak prioriteras.
- Om nederbörd inte kan nå modulerna eller planelementen som mellanlagras kan mellanlagring eventuellt ske utan emballage. I ett sådant fall behöver risken för höga fukttillstånd utomhus under t.ex. "rötmånaden" juni-augusti beaktas. Detta måste särskilt beaktas för moduler som emballeras för vidare lagring, efter att redan ha lagrats utan emballage.
- Om mellanlagring i lokaler inte bedöms möjligt uppmanas till kreativitet. Goda exempel finns där mellanlagring t.ex. skett i tält eller tomställda bergum, se Figur 4:1.



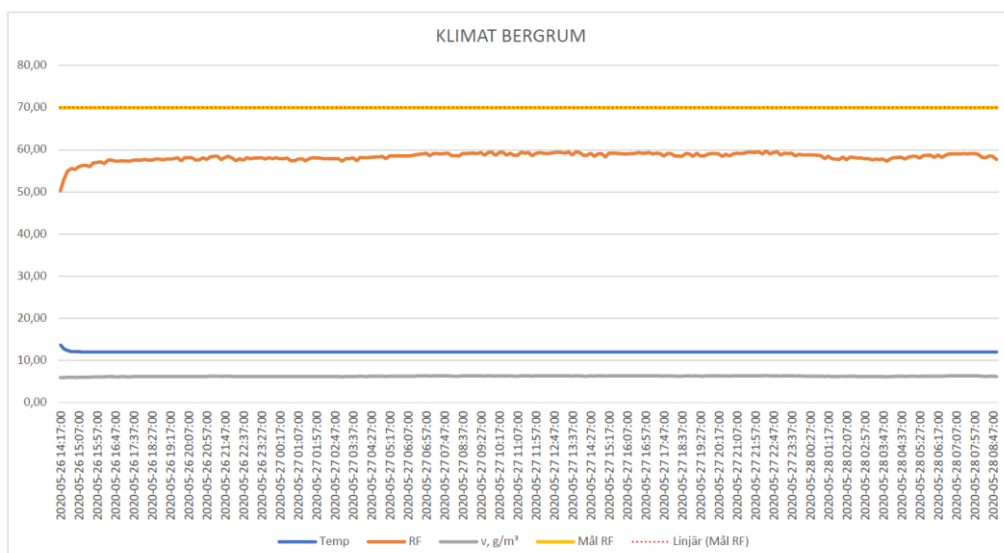
Figur 4:1 Mellanlagring av prefabricerade moduler i bergum (Foto: Lindbäcks Bygg).

- Vid all väderskyddad mellanlagring i t.ex. lokaler, bergrum, utomhus under tak eller i tält ska den relativa fuktigheten och temperaturen i lokalen etc. loggas. Risken för mikrobiell påväxt beror huvudsakligen av ett samband mellan relativ fuktighet, temperatur och varaktighet i kombination med materialets förutsättningar för mikrobiell påväxt. För trä, kartongbeklädd gips och andra organiska material gäller huvudsakligen:
 - Så länge den relativa fuktigheten underskrider 75 % RF föreligger ingen risk för mikrobiell påväxt.
 - Vid lägre temperaturer kan en högre relativ fuktighet tillåtas utan att risk för mikrobiell påväxt föreligger. Notera dock att RF kommer överskrida 75 % RF om fuktigt material byggs in, även om klimatet vid emballeringen är under 75 % RF, över de gränsvärden som anges i Bilaga 1. Eventuell kondens och ackumulering av fukt kring täta skikt kan också skapa följdskador vid varmare klimat, även om kritiska förhållanden inte råder vid låga temperaturer. Därför måste t.ex. fritt vatten och is inuti emballaget alltid avlägsnas.
 - Vid temperaturer under 0 °C föreligger ingen risk för mikrobiell påväxt.

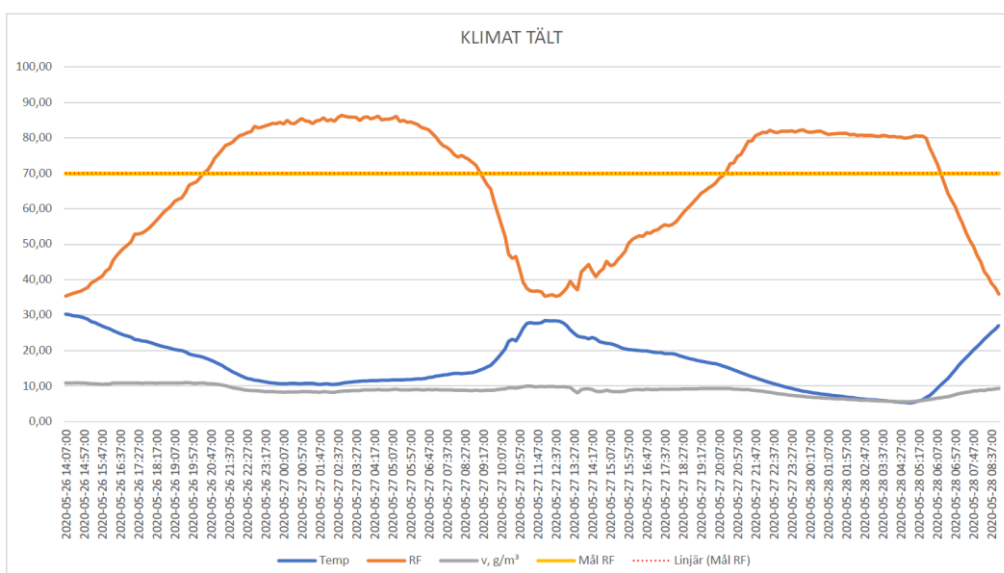
Förhållandet mellan temperatur, relativ fuktighet och varaktighet/ tid kopplat till förutsättningarna för mikrobiell påväxt redovisas illustrativt i Figur 4:2 enligt nedan. Exempel på när klimat loggats redovisas i Figur 4:3 och 4:4. Klimatet i Figur 4:4 visar hur den relativa fuktigheten påverkas av omgivande temperatur där den lägre temperaturen nattetid medför en högre relativ fuktighet. Samtidigt kan en högre relativ fuktighet tillåtas vid lägre temperatur utan att risk för mikrobiella skador föreligger enligt Figur 4:2.



Figur 4:2 Exempel på hur förhållandet mellan temperatur och relativ fuktighet påverkar tiden innan mikrobiella skador uppstår (Viitanen 2001).



Figur 4:3 Mätning av temperatur och RF inuti ett bergrum under knappt 2 dygn i slutet av maj.



Figur 4:4 Mätning av temperatur och RF inuti ett tält knappt 2 dygn i maj. Notera att RF ökar nattetid då temperaturen sjunker.

- I det fall loggning av temperatur och relativ fuktighet visar att förutsättningar för mikrobiell påväxt riskerar att uppstå behöver uttorkande åtgärder sättas in. I tält och bergrum kan fukttillskott från mark bidra till att den relativa fuktigheten höjs. Vidare kan hög ånghalt i utomhusluften under sensommaren skapa ett förhöjt fukttillstånd i utrymmen för mellanlagring. Även byggfukten påverkar den relativa fuktigheten i luften i slutna utrymmen varför dessa behöver ventileras. När uttorkande åtgärder sättas in ska fukttekniker anlitas. Beroende på aktuella förutsättningar kan det ibland vara lättare att sänka den relativa fuktigheten genom att höja temperaturen än att avfukta.

4.3 Hål i emballage som ger upphov till inträngande vatten

Olika typer av hål som uppstår i emballaget ger många gånger upphov till inträngande vatten vilket i sin tur orsakar mer eller mindre omfattande lokala mikrobiella skador på modulen eller planelementet innanför emballaget.

I Figur 4:5 visas exempel på håligheter i emballage som medfört att vatten trängt in i modulen och orsakat kraftigt förhöjda fuktkvoter på 25 % respektive 23 % FK i anslutning till hålen. Hålen i emballagen har uppstått 12 veckor före mätning av fuktkvot utförts. Motsvarande mätning av fuktkvot i referenspunkter i samma moduler vid oskadat emballage visar på ett betydligt lägre fukttillstånd om 17 % respektive 16 % fuktkvot. Mängden nederbörd under perioden är inte känd. Fuktkvoter över 23 % närmar sig fibermättnad och de förhöjda fuktkvoterna kommer beroende av omgivande temperatur med stor sannolikhet ge upphov till mikrobiella skador om så inte redan skett. Vid fuktkvotsmätningarna användes Protimeter Timbermaster SW2 med hammarelektrod. Mätvärdena är ett medelvärde av tre mätningar i samma område.



Figur 4:5 Fuktkvotsmätningar efter 12 veckor på testvolymen D och L. D: 25,2% respektive 16,7%. L: 23,1% respektive 16,1% (Foto: Mats Larsson).

Best-in-practice – Åtgärder om hål uppstår i emballaget

Många praktiska erfarenheter har visat på vikten av att hålla emballaget helt tätt under både kortare och längre lagring. För att minska risken för att vatten som orsakar skador kan tränga in ska följande beaktas:

- Alla hål som noteras i emballaget ska åtgärdas omedelbart i samband med att de upptäcks. Oftast kan hålen åtgärdas med tejp. För tejpning gäller:
 - Tejpen som används ska vara typgodkänd och ändamålsenlig.
 - Området som tejpas ska torkas av så att det är fritt från smuts och väta.
 - Tejpens vidhäftningsförmåga testas manuellt genom att dra i applicerad tejp. Beaktas specifikt svårheten att få god vidhäftningsförmåga vid tejpning vid kall väderlek.
 - Inga veck, knöligheter eller motsvarande som skapar otätheter får förekomma.

- Kontrollera så snart som möjligt om bakomliggande skador förekommer och hur omfattande dessa är.
 - Om möjligt kan ett större hål/lucka för att få en uppfattning om omfattningen av skadorna tas upp i emballaget. Beakta då att det kan vara mycket komplext att skapa ett tätt emballage över ett medvetet hål/lucka för kontroll. Hålet/luckan bör förekommande fall utföras så att den längsta sidan behålls och viks undan. Hålet/luckan bör inte vara bredare än 200 mm varvid en ca 300 mm bred tejp används när hålet/luckan sätts igen.
 - Vid längre mellanlagring behöver modulen eller planelementet eventuellt avemballeras för att kontrollera skadornas omfattning.
 - Oavsett längd på mellanlagringen ska moduler och planelement som har haft håligheter i emballaget om möjligt avemballeras och skador kontrolleras innan de transporteras till byggarbetsplatsen. Om skadorna behöver repareras på ett sådant sätt att det påverkar flödet på byggarbetsplats ska skadorna åtgärdas innan montage. Det åligger entreprenören och leverantören av moduler och planelement att värdera om reparation av skador ska ske på fabrik, innan moduler och planelement transporteras till byggarbetsplatsen, eller på byggarbetsplatsen.

4.3.1 Hål i emballage orsakade av spännband och rundsling vid transport och omlastning

Volymer med visuellt initialt fullgott emballaget får många gånger skador under transport och vid omlastning. Detta kan ske även om transportsträckan är kort eller det bara rör sig om en omplacering av moduler eller planelement på fabriksområdet. Hålen i emballaget kan b.la. uppstå genom att detta nötts sönder vid kanterna av spännband och rundsling enligt exemplifierat i Figur 4:5 ovan samt Figur 4:6 – 4:9 nedan. Skadorna kan t.ex. uppstå när:

- Spännband spänns och nöter in i emballaget.
- Spännbanden lossas och dras utmed kanter då de avlägsnas.
- Rundsling glider på emballaget när modulen lyfts.

Håligheterna uppstår vanligtvis vid kanter men kan även uppstå mitt på emballaget t.ex. vid spännbandens krokar eller spänningsdon. Hålen i emballaget ger i sin tur upphov till inträngande vatten vilket kan orsaka mikrobiell påväxt i modulen.



Figur 4:6 Exempel på skrapmärken efter spännband längs långsidornas överkant ena sidan av modul (Foto: Göran Berggren).



Figur 4:7 Exempel på skrapmärken efter spännband längs långsidornas överkant andra sidan (Foto: Göran Berggren).



Figur 4:8 Exempel på hål i emballage på kant orsakad av spännband (Foto: Lars Oscarsson).



Figur 4:9 Exempel på hål i emballage orsakad av spännband och lyftsling (Foto: Lars Oscarsson).

Best-in-practice – Riktlinjer vid användande av spännband och rundsling

För att minska risken för att spännband och rundsling orsakar hål i emballaget där vatten kan tränga in ska förstärkningar eller andra motsvarande åtgärder vidtas vid kanter där sling, lyftstroppar och spännband möter emballaget. Det samma gäller även på platser under

modulen om det finns platser där tryck och slitningar från pallgafflar riskerar att skada emballaget. Någon av följande åtgärder bör utföras på dessa platser:

- En extra hätta eller kapell på utsidan av emballaget som gör att sling etc inte skapar skador.
- Applicering av ändamålsenlig förstärkningstejp på utsidan av emballaget.
- 5 mm vinklad hårdkartong.

Förstärkningarna ska primärt appliceras på utsidan av emballaget och kan med fördel gå utmed en hel kant. Förstärkningarna ska dock vara minst 400 mm breda vid respektive punkt.

4.3.2 Hål i emballage orsakade av vassa utstick av t.ex. lyftöglor och råa kanter på trämaterial

Mindre hål och revor i emballaget kan även uppstå från klamrar, råa ohyvlade trätytor samt vassa kanter på stålband, regler, läkt eller andra material enligt redovisat i Figur 4:10.



Figur 4:10 Mindre hål kan ses på sidorna av en emballerad modul. Den gröna LDPE-tejp har en bredd av 50 mm och avses utgöra storleksreferens (Foto: Göran Berggren).

Best-in-practice – Riktlinjer för hantering av vassa utstick och lyftöglor etc.

För att minska risken för vassa utstick, lyftöglor, råa trätytor etc. orsakar hål i emballaget där vatten kan tränga in ska följande beaktas:

- Utstickande vassa kanter, oavsett material, både från insidan av modulen och från eventuella infästningar på utsidan ska i största möjligaste mån undvikas helt och hållet. Detta innebär b.l.a. att moduler utomhus inte ska mellanlagras ovanpå varandra om inte särskilda skäl för detta råder.

- I de fall utstickande kanter eller byggnadsdelar inte går att undvika, t.ex. vid hörn, fönsterbleck och fast monterade lyftöglor i moduler eller planelement, ska skyddande åtgärder vidtas innanför/på insidan av emballaget. Sådana åtgärder kan t.ex. utgöras av betongtäckmatta eller 5 mm hårdkartong som täcker den utstickande kanten eller byggnadsdelen och på så vis hindrar att hål uppstår i emballaget. Beakta att sådana skyddande åtgärder bör sträcka sig minst 200 mm på var sin sida ut från/ runtom den vassa kanten eller byggnadsdelen som ger upphov till skyddet.

4.3.3 Hål i emballage orsakade av fåglar, frön och stående vatten

Stående vatten på "taket" av emballerade moduler och planelement samlar många gånger upp frön och insekter. Dessa frön och insekter utgör i sin tur föda för fåglar. Konsekvensen blir att dessa mindre vattenpölar/ "fågelbad" drar till sig fåglar som i sin tur "pickar" i sig sin föda. Dessvärre leder detta även till att fåglarna tenderar till att picka hål på emballaget varvid det vatten som står i vattenpölen/ "fågelbadet" rinner in i modulen. Figur 4:11 och 4:12 visar ett exempel på ett ca 30 x 40 mm stort hål som uppstått när fåglar pickat sönder emballaget.



Figur 4:11 Skada efter fåglar som pickat sönder volymens emballage. Pennan utgör storleksreferens (Foto: Göran Berggren).

I det aktuella fallet hade en tjockare och segare plastfolie av fabrikat PE-LD Strongtäck applicerats under emballaget som extra säkerhet. Även om inga genomgående hål uppstod i den underliggande förstärkningsplasten syns även sex tydliga märken från fåglarnas pickande även i denna enligt Figur 4:12 och 4:13.



Figur 4:12 Utrymmet mellan yttre emballage och underliggande förstärkningsplast. Hål från fåglar i ovkant av foto och sex stycken deformationer, ej genomgående hål, i den under förstärkningsplasten (Foto: Göran Berggren).



Figur 4:13 Närbild på deformationer, dock ej helt genomgående hål, i underliggande förstärkningsplast av fabrikat PE-LD Strongtäck (Foto: Göran Berggren).

Best-in-practice – Riktlinjer för att undvika fåglar och stående vatten etc.

För att minska risken för stående vatten och fåglar som "pickar" hål på emballaget i vilka vatten kan tränga in och skada innanförvarande moduler eller planelement ska följande beaktas:

- Oavsett vilka ytterligare åtgärder som vidtas enligt nedan så behöver emballaget spännas/ sträckas upp för att undvika att fickor bildas där vatten kan bli stående (se separat kapitel enligt nedan).

- Möjligheten att placera moduler lutande på ett sådant sätt att vatten som riskerar att samlas på modulens emballerade "tak" rinner av vilket helt enkelt tar bort stående vatten och risken för fågelbad. Notera att det kan vara svårt att luta moduler som ska mellanlagras vintertid eftersom det samtidigt försvårar samt skapar arbetsmiljöproblem vid snöskottning. Exempel på hur moduler kan pallas upp så att lutning erhålls redovisas i Figur 4:14 samt 4:15. Notera att modulerna lutas med högsta punkt på ena långsidan vilket förenklar omlastning med truck då gafflarna får samma höjd när modulen lyfts, se Figur 4:14. På detta sätt erhålls även ett högre fall jämfört med om motsvarande höjdförändring utförts under modulens ena kortsida.

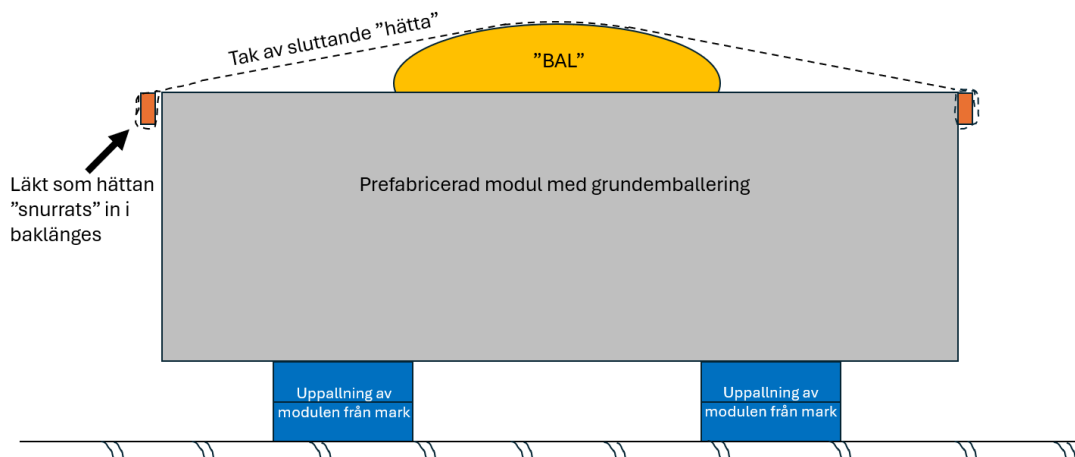


Figur 4:14 Moduler lutas för att underlätta avrinning och minimera vattensamlingar på dess emballerade tak (Foto: Hanna Bülund).



Figur 4:15 Klossar och pallar med olika höjd som skapar en nivåskillnad för att underlätta avrinning och minimera vattensamling på emballerade modulers tak (Foto: Hanna Bülund).

- Förutsättningar för avrinning kan även skapas genom att ett fall byggs upp på utsidan av modulens emballerade "tak" genom att någon form av mjuk bal används som tillsammans med en "hätta" eller kapell av tungpresenning eliminerat takets horisontella plan. Notera att balen inte får ha några vassa kanter och att "hättan" måste utgöras en homogen presenning som inte får ha några skarvar där vatten kommer att tränga in. Balen får inte heller utgöras av halm eller annat material som kan ge upphov till odör. Principerna för metoden illustreras i Figur 4:16 nedan.



Figur 4:16 Principskiss för hur en "bal" tillsammans med "hätta" skapar ett temporärt sluttande "tak" på modulen under mellanlagringen (Figur: Olof Mundt-Petersen).

- Ett alternativ till snedställning av moduler och temporära pyramidtak kan vid risk för lite regn och snö samt för kortare mellanlagring upp till max två månader vara att en extra lättpressning som tillåts fladdra med vinden monteras på utsidan av volymens emballage och dess tak. "Fladdret" förväntas leda till att vatten och snö lättare blåser av/studsar bort från modulens emballerade tak samtidigt som det sannolikt håller borta fåglar. Lättpresenningen måste fästas invirad i läkt eller ribbor med minst tre dubbelhuvade spikar eller skruvar och kommer med stor sannolikhet att blåsa sönder.
- Samtliga metoder för att förhindra eller minska risken för stående vatten på modulens "tak" under mellanlagring bidrar också till att minska risken för isbildning.
- Vid kortare perioder för mellanlagring kan eventuellt en fågelskrämma, en stång som roterar med vinden eller tryckta siluetter av rovfåglar på emballagets tak vara ett billigt alternativ som kanske kan minska risken.
- Vid stående vatten på emballerade tak används med fördel hävert för att avlägsna detta då det är en åtgärd som har låg risk för att skada emballaget ytterligare. I praktiken innebär stående vatten också att emballaget är tätt.

4.3.4 Hål i emballage och andra problem relaterade till isbildning

Olika former av stående vatten, t.ex. vattenuppsamlingar på "tak" av emballerade moduler eller vatten som letts in och fastnat i "vattenuppsamlade diken" riskerar förutom att tränga in i modulen ge upphov till hål i emballaget om det fryser. Frysning kan ge upphov till utmattningsskador i emballaget vilket i förläningen ger upphov till hål där vatten sedan kan tränga in när isen smält till vatten. Stående vatten i diken och uppfuktade läkt/ribbor som fryser kan ge upphov till "frostsprängning" där läkten eller ribban som håller emballaget pressas utåt vilket gör att sträckningen av emballaget kan släppa samt att hål från infästningsspikar blottläggs och vatten från "diken" kan tränga in genom emballaget när isen smälter. Isbildning får inte heller finnas på modulernas tak vid transport eftersom denna sannolikt kommer blåsa eller skakas av och riskerar att träffa andra fordon.

Best-in-practice – Riktlinjer för att undvika och hantera isbildning

För att minska risken för isbildning och vid behov hantera denna ska följande beaktas:

- Problematiken med isbildning är oftast begränsad till mellanlagring av moduler och utgör i regel inget problem för stående planelement.
- Oaktat om det är en modul eller planelement ska förstärkt täckning användas vid risk för snö och isbildning. Denna förstärkta täckning ska beroende på förväntat omgivande klimat och hur lång tid modulerna eller planelementen ska mellanlagras utgöras av minst en "hätta" och helst ett kapell av tungpresenning.
- Samtliga metoder för att förhindra eller minska risken för stående vatten på modulens "tak" under mellanlagring bidrar också till att minska risken för isbildning.
- Primärt bör emballaget sträckas/ spännas ut så att inga vattensamlingar kan uppstå vilka i sin tur fryser till is.
- Ordentlig och kontinuerlig snöskottning minskar risken för iskocker vid snösmältning. Snöskottning bör utföras kontinuerligt eller en gång mycket ordentligt och försiktigt innan leverans av moduler till byggarbetsplatsen. Snöskottning utförs med fördel med sopvals.
- Vid töväder med omväxlande plus och minusgrader bör moduler om möjligt inte mellanlagras alls och om så ändå måste ske så bör de snedställas så att vatten rinner av modulen innan det fryser till is.
- I det fall isbildning uppstått i vattensamlingar bör denna avlägsnas under förutsättning att detta inte riskerar att skada emballaget.
- Isbildning måste avlägsnas innan transport till byggarbetsplatsen.
- Vassa föremål och hårda slag eller annat grovt våld får inte användas när is avlägsnas då detta riskerar att skada emballaget. Företrädesvis avlägsnas is genom att den knäcks försiktigt med gummiklubba för att iskockerna därefter lyftas bort manuellt.
- Säkerhet och arbetsmiljörisker, primärt fallrisken, måste beaktas vid borttagning av is. Ytskikten emballage och förstärkningspresenningar är i regel mycket hala. Antingen används mobilt fallskydd eller så appliceras ställning och räcken runt modulen.
- Vid skadeverkningar på emballaget avlägsnas isen och eventuellt vattnet torkas bort med trasor. Därefter undersöks modulen för skador och inträngande vatten i enlighet med tidigare redovisat när hål noterats i emballaget.

4.3.5 Hål i emballaget orsakade snöskottning och snöröjning

Snöskottning, såväl runtomkring moduler och planelement som av "taket" på moduler kan skada emballaget. Vid stora snömängder kan "taket" på moduler behöva skottas för att säkerställa så att snölasten som kan orsaka deformationer och brott i såväl modulerna som dess emballaget inte ska uppstå. Blötsnö samt regn vid befintlig snö på "taket" av moduler samt hård vind ökar lasterna på modulerna och således även ökar risken för att modulerna eller dess emballage skadas. För att inga hål i emballaget ska uppstå vid snöskottningen behöver denna utföras varsamt.

Vidare kan hål i emballaget uppstå av snö som plogas upp mot en emballerad modul eftersom snön som plogas bort vanligtvis är hård och har vassa kanter. Utgå från att snö även kommer ramla ned vid sidorna om modulerna samt samlas i snödrev mot modulerna. Snö som plogas in under moduler som mellanlagras gör att nödvändigt utrymme för

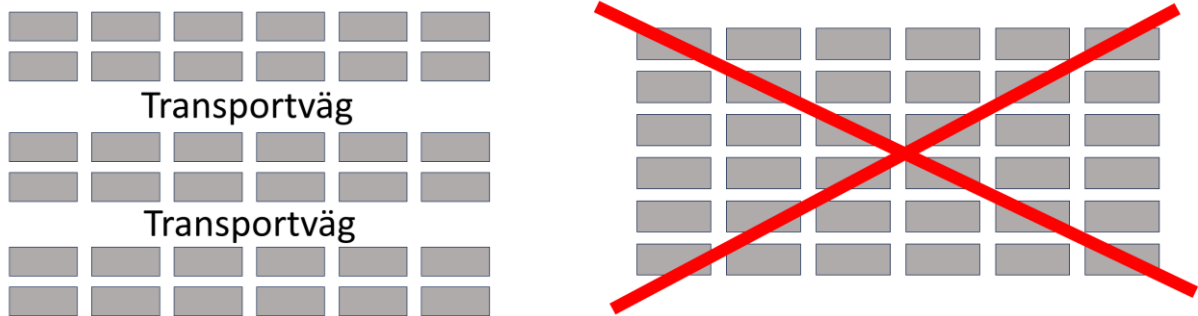
ventilation riskerar att omintetgöras samt möjligheten att lyfta modulen med både truck och sling. Av samma skäl ska moduler inte mellanlagras ovanpå varandra utomhus eftersom snö lätt kommer in emellan två moduler som lagras ovanpå varandra och därvid försvårar lyft utan att emballaget skadas.

Best-in-practice – Riktlinjer för snöskottning och snöröjning

För att minska risken för att snö, snöskottning på moduler samt snöröjning runtom moduler och planelement ger upphov till hål i emballaget där vatten kan tränga in ska följande beaktas:

- Vid risk för mellanlagring vid snö ska modulers och planelements emballage alltid förstärkas med en hätta av förstärkt plast eller allra helst ett kapell av tungpresenning.
- Utöver löpande rondering och okulära besiktningar ska samtliga moduler och planelement som mellanlagrats besiktigas okulärt i så pass god tid innan de lämnar sin uppställningsplats att nödvändiga reparationer och andra eventuella åtgärder vid behov kan utföras. Beakta även att moduler och planelement normalt inte bör mellanlagras mer än sex månader utan att omemballeras alternativt att extra fördjupade besiktningar av emballagets beständighet utförs (se kap 4.6 nedan).
- Frågeställningar och risker kopplat till snöskottning berör primärt moduler.
- En specifik snöskottningsplan ska alltid upprättas.
- Minst 50 mm snö ska lämnas kvar på emballaget/ förstärkta emballaget på modulernas tak för att minska risken för att spadar, borstar eller andra snöskottningsverktyg skapar hål i emballaget. Vid transport behöver all snö avlägsnas.
- Snön ska ”hyvlas” eller ”borstas” bort. Med fördel används sopvals.
- Inga vassa spadar får användas vid snöskottning.
- Risken för och konsekvensen av ett omväxlande klimat med både plus och minusgrader ska beaktas då detta kan göra att snön blir hård och svårskottad.
- Moduler ska placeras med ett inbördes avstånd på minst 1,5 m för att kunna hantera snö som ramlar eller skottas ner mellan dessa. Planelement ska placeras med minst 1 m inbördes avstånd av samma skäl.
- Snöröjning berör både planelement och moduler.
- Planelement och moduler behöver placeras på ett sådant sätt att det går att köra med plogbil runtom dessa.
 - Bortplogad snö måste läggas så att det inte försvårar efterföljande plogning.
 - Tillgänglighet behöver även säkerställas för lastbilar och truckar som ska lasta och transportera moduler och planelement till byggarbetsplatsen.
 - Snö som ramlar eller skottas ner från modulernas tak måste kunna plogas bort.
- Snö får inte plogas mot modulerna eftersom snö som plogas bort ofta är hård och då riskerar att ge upphov till hål i emballaget.
- Snö får inte plogas in under moduler och planelement då det försämrar luftcirkulationen samt riskerar att ge upphov till stående vatten som i ett näst steg kan ge upphov till skador. Vidare gör snö under modulerna att det inte går att se var gafflarna från trucken stoppas in, eller om de kommer ut på andra sidan, vilket riskerar att ge upphov till hål i emballaget vid lastning av moduler och planelement.

- Utöver problematiken med plogning behöver modulerna placeras så att lastbilar eller truckar kommer åt dessa för vidare transport till byggarbetsplatsen. Ett principiellt exempel på hur emballerade moduler kan respektive inte ska mellanlagras redovisas i Figur 4:17.



Figur 4:17 Exempel på hur moduler kan mellanlagras så samtliga moduler är tillgängliga respektive hur moduler inte ska mellanlagras (Figur: Borne Gebing).

4.4 Sträckning och vikning av emballage för att undvika vattensamling på "taket" inkl. montage av läkt och ribbor

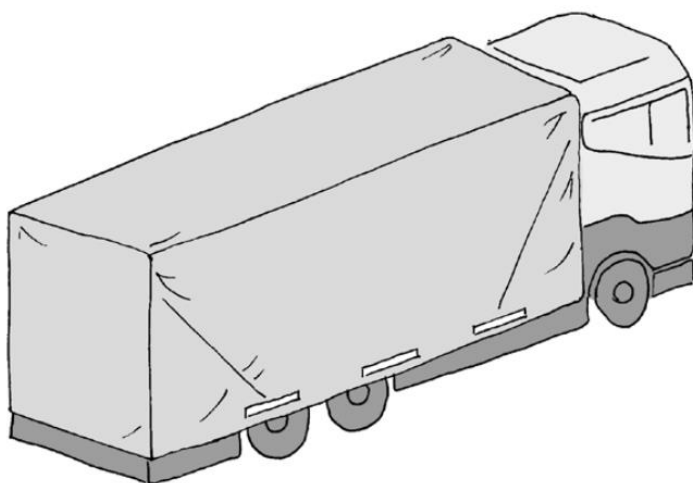
I enlighet med ovan behöver emballaget appliceras på ett sådant sätt att det sträcks upp/ spänns upp för att säkerställa att nedsänkningar inte uppstår där vatten kan samlas. För att få en fullgod sträckning av emballaget används i ofta olika typer av läkt eller ribbor för att fästa in och samtidigt sträcka ut emballaget. Sträckning av emballaget är också viktigt för att undvika "fladder" där emballaget blåser sönder vid transport eller hård vind.

Infästningen med läkt/ribbor kan dels ske genom att emballagets rullas eller vrids in i läkt/ribbor som sedan fästes med dubbelhuvad spik eller skruv. Läkt eller ribbor som rullas eller vrids in i emballaget kan i sin tur rullas eller vridas in "utåt" eller "inåt" samt kompletteras med tejpling på lite olika sätt. Vidare kan infästningen ske genom att läkt/ribbor appliceras på utsidan av emballaget varefter emballaget fästes med dubbelhuvad spik eller skruv. Exempel på två olika sätt att sträcka upp och fästa in läkten visas i Figur 4:18.



Figur 4:18 Emballerade volymer där emballaget sträckts upp och fästs in med läkt/ribbor på två olika sätt i nederkant. För den vänstra modulen har emballaget spänts genom att läkten rullats "utåt". För den högra modulen har emballagets istället spänts genom att läkten rullats "inåt" (Foto: Göran Berggren).

Olika sätt att fästa in och sträcka emballaget har olika för- respektive nackdelar. Sträckningen blir i regel bra när läkt eller ribbor används. Dock finns det en risk att läkt/ribborna appliceras felaktigt och ger upphov till hål i emballaget som i sin tur gör att vatten tränger in i modulen eller planelementet. Vassa kanter på läkt och ribbor som monteras för att spänna upp och minska "fladder" i emballaget kan i enlighet med tidigare kapitel ge upphov till hål i emballaget. Vidare skapar spikar och/eller skruvar som fäster in läkten/ribborna i modulen eller planelementet hål i emballaget. Vid noggrann okulär besiktning samt kassering och sanering av skadat område noterades också fler fall där vatten krupit utmed spiken och fuktat upp innanförvarande reglar. Beroende på om läkten eller ribborna rullas eller vrids in "utåt" eller "inåt" kan liggande/ horisontellt monterad läkt ge upphov till "vattenuppsamlade diken" som fångar upp vatten som rinner på den emballerade modulen eller planelementens "väggar". Konsekvensen blir att vatten från de "vattenuppsamlade diken" leds in i håligheter kring läkten/ribborna avsett om hålen orsakats av vassa kanter, spik eller skruv för infästning av läkt/ribbor eller något annat. En överskådlig illustration på liggande/ horisontellt monterad läkt redovisas i Figur 4:19 och en mer detaljerad bild på en liggande läkt som skapar ett "vattenuppsamlade dike" och en spik som penetrerat emballaget visas i Figur 4:20. I Figur 4:21 visas ett exempel på vatten som samlats upp och slutits in i emballaget kring den in rullade läkten/ribban. Figur 4:22 visar exempel på en lokal skada från inträngande vatten genom spikhål och den begränsade utbredningen det kan ge upphov till. Utöver risken för inträngande fukt ger vattenuppsamlingar av detta slag även upphov till isbildning och frostsprängning vid kall väderlek. Detta kan i praktiken få konsekvensen att emballaget deformeras eller att läktens/ribbans infästning och placering ändras och därmed förlorar sin funktion.



Figur 4:19 Illustration av liggande/ horisontellt monterad läkt som riskerar att ge upphov till inträngande fukt. I illustrationen riskerar även den skarv som den sneda vikningen på långsidan ger upphov till att leda extra mycket vatten till det "vattenuppsamlade diket" som den liggande läkten i nederkant ger upphov till.



Figur 4:20 Emballering med liggande/ horisontell läkt i nederkant skapar lätt ett vattendike med hål från infästningsspiken in mot volym (Foto: Lars Oscarsson).



Figur 4:21 Exempel på vattendike som skapats bakom vikning/sträckning av folie (Foto: Göran Berggren).



Figur 4:22 Exempel på fuktskadad syll där fukten trängt in genom ett spikhål från infästningen av läkt som sträcker emballaget. Notera fuktskadans utbredning och att syllen är mättad kring inläckagepunkten (Foto: Göran Berggren).

I sammanhanget är det också av betydelse hur lång tid mellanlagringen sker, hur väderutsatt modulen eller planelementet är och i förlängningen hur och vilken typ av nederbörd denna utsätts för (se kapitel nedan). För att infästningen ska bibehållas i längden behöver läkten eller ribborna fästas in mot och i ett styvt och fast material, t.ex. en träregel. Givetvis har även precisionen i utförandet av infästningarna betydelse.

Best-in-practice – Sträckning och vikning av emballage

För att minska risken för stående vatten på modultak, fladder vilket kan göra att hål uppstår i emballaget samt att vatten leds in i moduler och planelement via emballaget ska detta sträckas och vikas på ett för ändamålet lämpligt sätt. Vid sträckning och vikning av emballage ska bör följande beaktas:

- Emballering kan ofta framgångsrikt sträckas ut med hjälp av läkt eller ribbor som oftast snurras in i emballaget. Vid användande av läkt eller ribbor ska det beaktas att vassa kanter samt skruv eller dubbelhuvad spik som används för att fästa in läkt/ribborna kan ge upphov till hål i emballaget där vatten kan tränga in.
- Primärt ska läkt och ribbor appliceras vertikalt så att inga diken bildas.
- Vikning och infästning av emballaget ska om möjligt utföras så att vatten leds bort och ut från modulen.
- Om liggande/ horisontell läkt krävs ska denna monteras så att eventuella vattenuppsamlade diken inte uppstår.
 - Om möjligt rullas emballaget baklänges in runt läkten/ribborna så att vatten rinner utanför läkten och inte tvärt om.
 - Eventuellt inträngande vatten kommer då i första hand att skada läkten och inte innanförvarande modul.
 - Om en offersyll finns så ska liggande läkt fästas in i denna, dvs om det finns en extra syll som ska tas bort och kasseras i samband med montaget.
- Vikning av emballaget ska utföras så att inga vattenuppsamlade diken uppstår och så att vatten leds ut och bort från modulen eller planelementet.
- Om vattenuppsamlade diken ändå riskerar att uppstå så ska dessa tejpas så att vatten leds bort och ut från dessa.
- Läkt och ribbor ska monteras så att inga vassa kanter som kan skada emballaget uppstår.

- Läkten/ribborna och dess innanförvarande emballage ska fästas dikt an mot hårt underlag (trä) så att inte skarvar uppstår där vatten riskerar att tränga in.
- Läkten/ribborna ska fästas in med dubbelhuvad spik eller skruv med en skruvskalle som är större än 8 mm.
 - Den dubbelhuvade spiken är lättare att demontera vid montage och sluter bättre tätt runt läkten men får inte slås för långt in.
 - Spik och skruvar ska placeras minst 200 mm från ändträt för att minska risken för sprickor i läkten/ribborna.
 - Respektive läkt/ribba ska fästas in med minst tre skruvar/spikar och c/c bör inte överstiga 900 mm.
 - Vid mindre skruvskalle eller vanlig spik ska ytterligare en läkt/ribba appliceras på utsidan av emballaget.

4.5 Påverkan av omgivande klimat och tid för mellanlagring

Utgångspunkten i industriellt byggande är att mellanlagring i största möjligaste mån ska undvikas. Om mellanlagring ändå måste ske p.g.a. oförutsedda händelser etc. så ska den hållas så kort som möjligt och under kontrollerade former på fabriksområde fram till dess att ett montage enligt principen just-in-time kan utföras. Mellanlagring ska inte ske på byggarbetsplatsen eller annan plats som inte är specifikt anpassad för ändamålet.

Desto längre tid mellanlagringen pågår desto större risk för skador föreligger. En längre mellanlagring ökar sannolikheten för ett hårdare klimat med mycket regn, snö och/eller hård vind kan inträffa vilket i sin tur ökar risken för skador. Beroende av årstider, tidpunkt för mellanlagringen och klimat på den aktuella platsen i kombination med längden på mellanlagringen föreligger en större risk för skador där variationer i t.ex. årstider ger upphov till olika typer av ökade risker för skador.

Variationer i omgivande klimat där temperaturen pendlar mellan plusgrader och minusgrader ökar risken för skador eftersom det skapar förutsättningar för en upprepad isbildning från smältvatten.

Best-in-practice – Riktlinjer för mellanlagring av moduler och planelement map tid och omgivande klimat

Med hänsyn till omgivande klimat och tid av mellanlagring av emballerade moduler och planelement ska följande beaktas:

- Tiden för mellanlagring ska alltid göras så kort som möjligt, dock utan att det får påverka logistiken och ett forcerat montage på byggarbetsplatsen.
- Moduler som mellanlagras bör besiktigas okulärt en gång per vecka samt direkt efter hård väderlek såsom snöstorm, kraftiga vind samt hagel och hårda regnskurar.
- Utöver grundemballering ska förstärkningar av emballaget utföras vid:
 - Mellanlagring över 2 månader
 - Under perioder då hård väderlek i form av snö, kraftiga regn förekommer
 - Då plus och minusgrader förekommer om vartannat.
 - Vintertid.

Sådana förstärkningar utförs primärt av kapell av tungpresenning enligt Figur 4:23 nedan eller eventuellt genom en hätta som täcker modulens tak.



Figur 4:23. Extra skydd med kapell av tungpresenning utanpå emballerad modul. Extra skydd av tungpresenning ger också bättre förutsättningar för snöröjning på toppen av volymer (Foto: Lars Oscarsson).

4.6 Emballagets beständighet mot UV-/sol strålning

Vit eller klart emballage av LD-PE kvalitet har visat sig ha dålig beständighet mot solstrålning, även kallat UV-strålning. I praktiken innebär det att emballaget riskerar att förlora sin beständighet och hållfasthet vid längre mellanlagring. Det samma gäller för vissa typer av tejp som också förlorar sin beständighet och hållfasthet vid exponering av solstrålning. Erfarenhetsmässigt så är det en stor variation i kvalitén mellan olika typer och fabrikat av tejp och deras beständighet. I sammanhanget påverkar även årstid och hur solutsatta de emballerade modulerna eller planelementen är.

Best-in-practice – Riktlinjer för beaktande av UV-/sol strålning

För att minska risken för att UV strålning påverkar emballagets beständighet ska följande beaktas:

- För att säkerställa att emballaget inte förlorar sin beständighet och hållfasthet bör moduler och planelement omemballeras efter 6 månader om det inte är uppenbart att emballaget har fortsatt god beständighet. För att kontrollera emballagets beständighet och funktion efter 6 månader bör en fördjupad besiktning och kontroll av såväl modulen som emballaget utföras.
 - Vid omemballeringen ska modulen inspekteras okulärt för skador.
 - Vid skador kontaktas fukttekniker för bedömning av nödvändiga åtgärder.
- Moduler som mellanlagras mer än två månader ska försees med förstärkning av utanpåliggande hätta av starkare PVC presenning eller kapell av tungpresenning. Vid användandet av förstärkning av emballaget med kapell som täcker hela modulen utom botten får moduler mellanlagras i mer än sex månader utan att omemballeras.
- Vid mellanlagring ska löpande rondering utföras där kvalitén på emballaget besiktigas okulärt.

4.7 Skador p.g.a. täckning istället för sexsidig emballering

Det är sedan länge känt att sexsidig emballering krävs vid transport av moduler, planelement, virkesbuntar etc. på lastbil eftersom stänk från vägbanan orsakar smuts och ofta även uppfuktning som riskerar att skada det som transporteras på lastbilen. Figur 4:24 visar ett exempel på hur undersidan av moduler smutsats ner vid transport p.g.a. avsaknad av bottenemballering. Erfarenhetsmässigt krävs även sexsidig emballering vid mellanlagring. Detta krävs dels eftersom traditionell täckning fladdrar mer och därför lättare blåser sönder. Vidare kan vinden lättare få tag i täckningen vilket medför att hela eller delar av denna blåser bort. Markfukt eller fritt vatten på marken under täckningen skapar också ofta ett förhöjt fukttillstånd under täckningen som i sin tur skapar förutsättningar för mikrobiell påväxt på moduler, planelement eller annat byggnadsmaterial som lagras under täckningen.



Figur 4:24 Exempel på undersida modul som fuktats upp och smutsats ner under transport p.g.a. avsaknad av bottenemballering vid transport (S. Olof Mundt-Petersen).

Best-in-practice – Skador p.g.a. täckning istället för sexsidig emballering

För att säkerställa att skador inte uppstår p.g.a. undermålig täckning ska:

- Mellanlagring av moduler eller planelement av organiskt byggnadsmaterial såsom trä ska aldrig ske under täckning. Om emballering inte fungerar i det aktuella fallet ska mellanlagring ske i lokal, tält eller annat med ett kontrollerat klimat.

4.8 Lagringshöjd och stående vatten under volymer/planelement

Även höjden från underliggande mark har betydelse vid mellanlagring och det behöver kunna blåsa fritt under moduler och planelement som mellanlagras. De bakomliggande skälen för detta är flera. Dels kan stillastående luft med förhöjt fukttillstånd orsakat av regnvatten, snösmältning eller markfukt öka risken för skador i modulen eller planelementet. Vidare får inte snö plogas in under modulen eftersom denna kan skapa stående vatten vid smältning och till och med direktkontakt mot de emballerade modulerna.

Den främsta orsaken till behovet av en tillräcklig höjd mellan mark och undersida modul är dock att smuts och fukt stänker upp från marken och upp på mellanlagrade moduler och planelement om avståndet ner till marken är för kort. I sammanhanget bör det beaktas att smutsiga material skapar bättre förutsättningar för mikrobiell påväxt och därmed ökar risken för fuktrelaterade skador. Figur 4:25 samt 4:26 visar exempel på hur uppstänkande vatten och smuts från marken uppstått vid hårt regn i en virkesbunt respektive prefabricerat planelement.



Figur 4:25 Exempel på skada orsakad av smuts och vatten som stänkt upp virkespaket vid kraftigt regn (Foto: S. Olof Mundt-Petersen).



Figur 4:26 Exempel på skada orsakad av smuts och vatten som stänkt upp på syll och reglar på ett prefabricerat planelement vid kraftigt regn (Foto S. Olof Mundt-Petersen).

Best-in-practice – Riktlinjer för minsta lagringshöjd ovan mark

För att minska risken för att en för låg lagringshöjd ger upphov till skador i modulen eller hål på emballaget etc ska följande beaktas:

- Moduler och planelement ska placeras på en höjd av minst 300 mm från marken för att inte kunna skadas av uppstänk från regn och smuts. Notera att bottenemballage behövs oavsett vilket.
- Moduler kan pallas upp från marken med hjälp av klossar enligt Figur 4:27.



Figur 4:27 Klossar och pallar med olika höjd som skapar en nivåskillnad för att underlätta avrinning och minimera vattensamling på emballerade modulers tak. Klossar och pallar ska hållas innanför modulen enligt foto till vänster och inte såsom lastpallarna är placerade i foto till höger (Foto: Hanna Bülund).

- Klossar, lastpallar eller motsvarande bör hållas innanför modulens väggar så att vatten och snö inte riskerar att ledas in mot och i modulen.
- Planelement ska stå på balkar eller likande med en så kort anliggningsyta som möjligt.
- Stående vatten får inte förekomma under moduler och planelement som mellanlagras.

4.9 Marklutning och markbeskaffenhet

Sluttande mark, gropig mark eller mark med varierad undermålig bärighet försvårar lossning och lastning av moduler och planelement med truck utan att tryckens gafflar riskerar att skapa hål i emballaget. Den sluttande mark eller de plötsliga nivåskillnader som gropar och mark med undermålig bärförmåga skapar leder ofta till att truckens gafflar kommer på olika nivåer. Detta skapar i sin tur en situation där emballaget och kompletterande skydd trycks eller skrapas sönder.

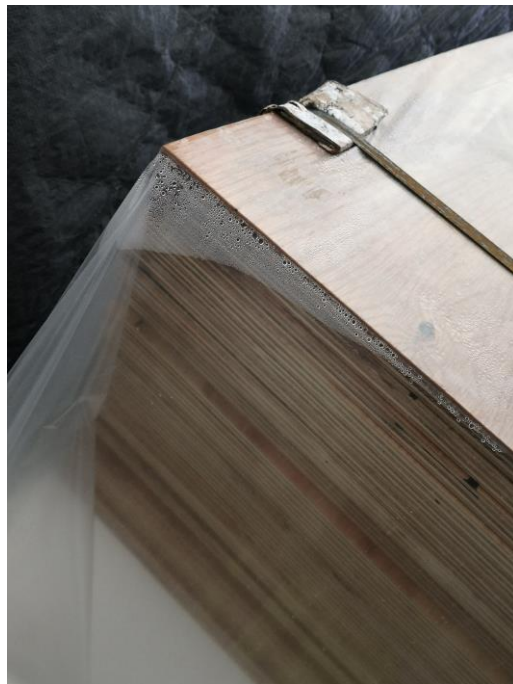
Best-in-practice – Riktlinjer för marklutning och markbeskaffenhet

För att minska risken för att markens lutning och beskaffenhet ger upphov till skador bör det beaktas att:

- Moduler och planelement måste mellanlagras på plana ytor med hårdgjord mark som har sådan bärighet och beskaffenhet att den klarar viken från truckar med lastade moduler och planelement. Detta kan t.ex. vara en grusad eller asfalterad yta utan potthål.

4.10 Skador p.g.a. invändig kondens och hängbuk

Vid mellanlagring kan omställningar i omgivande klimat och solstrålning som skapar en hög temperatur inuti den emballerade modulen eller planelementet orsaka kondensutfällning och fritt vatten när byggnadsmaterial med något förhöjt fukttillstånd torkar. Sådant kondensvatten rinner förhoppningsvis nedåt varvid en så kallad "hängbuk" kan uppstå i bottenemballaget. Erfarenhetsmässigt är detta fenomen förhållandevis ovanligt i moduler och planelement. För massiva buntar med virke eller skivmaterial är dock fenomenet vanligare och dessa ska inte heller mellanlagras under längre perioder. Figur 4:28 visar exempel på invändig kondens i helemballerade virkespaket med plywood. Det förekommer sannolikt även att vatten som tränger in genom håligheter i emballaget rinner nedåt och skapar hängbukar. Oaktat orsaken till hängbukan så behöver detta fenomen och dess eventuella bakomliggande orsak åtgärdas omedelbart.



Figur 4:28 Exempel på invändig kondens i helemballerade virkespaket med plywood (Foto: S. Olof Mundt-Petersen).

Best-in-practice – Riktlinjer för åtgärder vid noterad hängbuk

Vid notis om hängbuk behöver följande beaktas:

- Vid besiktning av moduler ska förekomsten av potentiell hängbuk under emballerade moduler och planelement kontrolleras.
- Om hängbuk förekommer ska ett eller flera mindre dränagehål, ca 15 – 25 mm, omedelbart göras i lågpunkten på emballaget så att uppsamlat vatten dräneras ut. I samband med detta ska det säkerställas så att allt vatten rinner ut eftersom smuts kan sätta igenom dränagehålen.
- Därefter ska orsaken till det hängbukan fastställas.
- Om så är möjligt kan mindre dränagehål ca 15 – 25 mm göras mitt under emballerade moduler i förebyggande syfte.
- Placering av så kallade torrbollar i förebyggande syfte borde teoretiskt sett ha en positiv inverkan. I ett sådant fall måste dessa fästas noggrant så att såväl uppsamlat vatten som saltlösningen inte riskerar att välta eller läcka ut under lastning, lossning, transport och montage. Effekten av torrbollar i moduler har endast provats i mindre skala där en svag positiv effekt eventuellt kunde noteras. Som exempel använder flera sågverk containrar med invändigt absorberande material när de skeppar virke långa sträckor för att reducera fukttillståndet, och således även minska risken för mögelpåväxt, i trä med som placerats i containern med något förhöjt fukttillstånd. I en modul och planelement ligger i regel kritiska områden långt ifrån torrbollen och fukttransport till denna kommer vara mycket omständlig. Då parameterstudien enligt Bilaga 1 visar att torrt material inte generellt inte kompenserar för annat uppfuktat material bedöms effekten av torrbollar ha en begränsad effekt.

4.11 Skador p.g.a. för högt fukttillstånd i inbyggda material

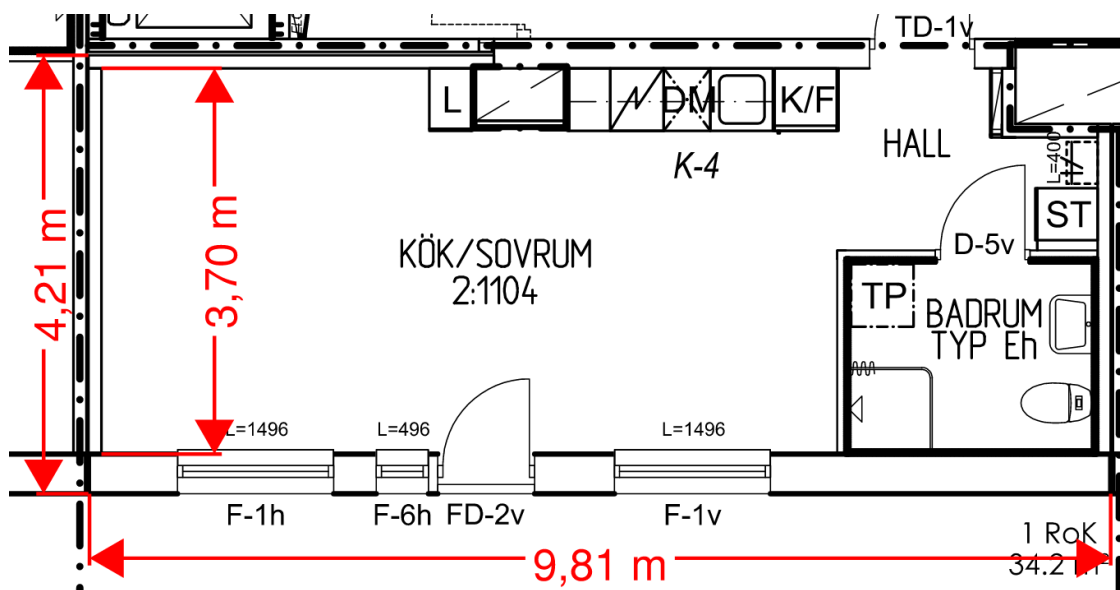
Vid friläggning av väggar i skadeutredningar har i vissa fall enskilda regler konstaterats skadade av kraftig men tydligt avgränsad mikrobiell påväxt utan att någon pågående skadeorsak kunnat konstaterats. I enstaka skadeutredningar har även enskilda regeldimensioner eller enstaka skivmaterial konstaterats skadade av svartmögel i samma vägg utan tillstymmelse till skador på omgivande organiskt material. Figur 4:29 visar exempel lokalt på svartmögel på en enskild träregel utan omgivande skador. De enskilda lokala skadorna samt upprepningar av mikrobiell påväxt i specifika regeldimensioner utan skador på omgivande regler i kombination med avsaknad en fuktkälla under byggprocessen visar att det skadade materialet har byggts in med för hög fuktkvot. Avsaknaden av fuktkällor under produktion fastställs eftersom väggarna i detta fall kommer från en industriell tillverkning av volymer och planelement där uppkomsten av fukt och mögel under produktion är osannolik.



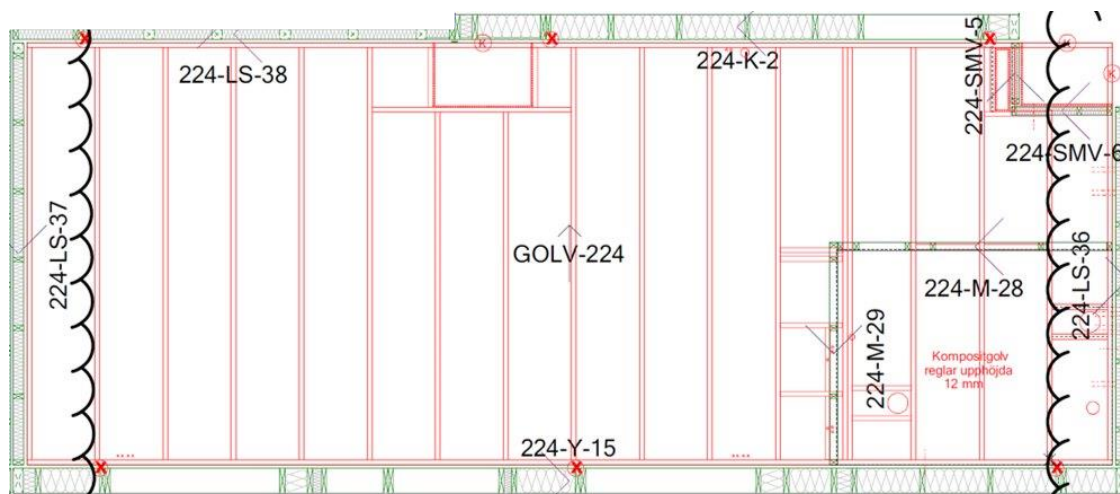
Figur 4:29 Fläckar med svartmögel som begränsas till en liten del av en regel (Foto: Göran Berggren).

I sammanhanget bör det även framhållas att spridningen av målfuktkvot i ett och samma virkespaket får variera i ett förhållandevis stort intervall enligt vedertagna standarder och riktlinjer inom området såsom SS-EN 1611-1 och SS-EN 14298 eller andra riktlinjer som "Handelssortering av sågade trävaror i Europa" (2000) och "Nordiskt Trä, Sorteringsregler för sågat virke av furu och gran" (1994). Samtidigt visar skadorna som kan härledas till att regler och skivmaterial byggs in med för högt fukttillstånd att fuktkvoten hos t.ex. regler inte får vara för hög vid inbyggnad. Eftersom emballaget runt moduler gör att regler och annat fuktkänsligt material hamnar med tätskikt på båda sidor och utan möjlighet till uttorkning måste det säkerställas så att det material som byggs in är tillräckligt torrt. Då risken för mikrobiell påväxt på organiska material såsom trä och kartongbeklädd gips påverkas av både rådande temperatur och såväl omgivande relativa fuktighet som fuktkvot in det inbyggda materialet, inklusive dess möjlighet att torka ut, finns flera aspekter som samtidigt behöver beaktas för att fastställa hur hög inbyggnadsfuktkvot som kan tillåtas för att skador inte ska uppstå.

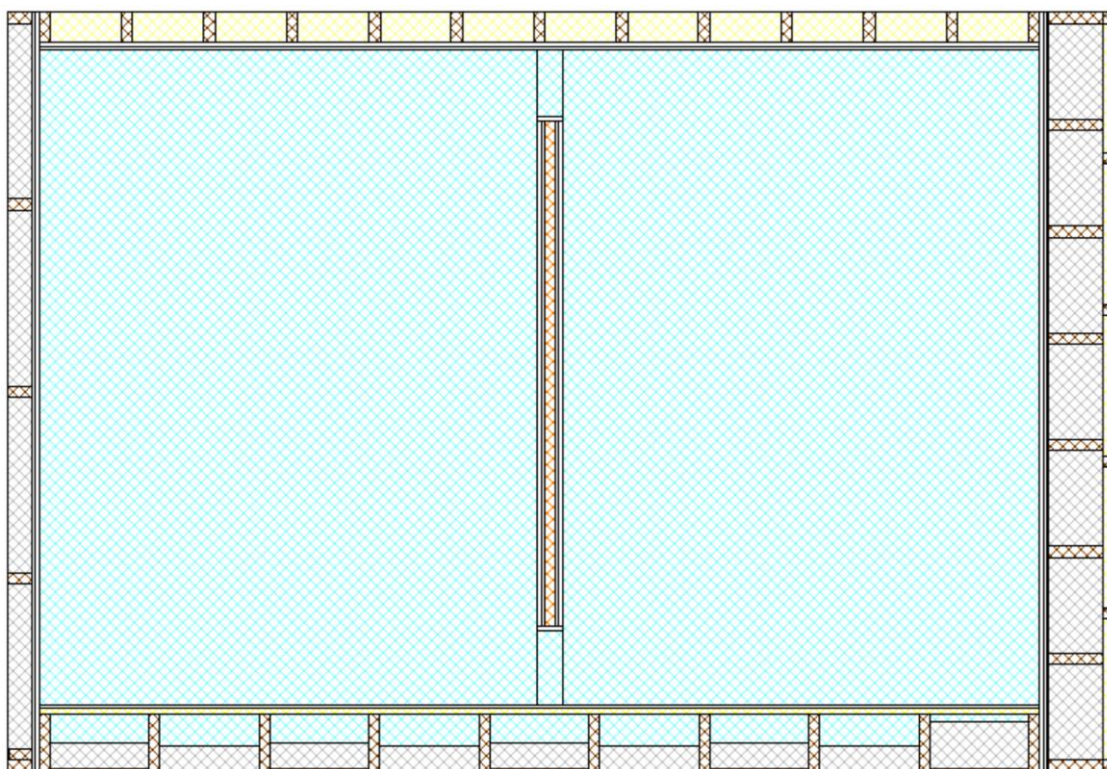
Fastställande av högsta tillåtna inbyggnadsfuktkvot hos regler och andra trämaterial i moduler och planelement som mellanlagras utomhus med beaktande av omgivande klimat, dvs ort och tidpunkt för när mellanlagringen påbörjas, har utförts med numeriska beräkningsverktyg. Beräkningsverktyget och beräkningsmodellen som används har verifierats för sin tillämpade miljö enligt ovan redovisat i metodkapitlet. Med utgångspunkt i den verifierade beräkningsmodellen har en parameterstudie gjorts för som inkluderar fyra olika orter som bedöms relevanta i sammanhanget. Även om studien är utförd på en modul som tillverkats av Lindbäcks bedöms resultaten vara tillämpbara på andra liknande moduler och planelement som emballeras. Nedan redovisas schematisk hur modulen från Lindbäcks som används i studien, med A-ritning enligt Figur 4:30 och produktionsritning enligt Figur 4:31, transformerats till beräkningsmodellen, enligt Figur 4:32. Begränsningar i beräkningsverktyget gör att modulen från Lindbäcks har fått förenklas i beräkningsmodellen vilket framgår vid jämförelser av Figur 4:30-4:32 nedan.



Figur 4:30 A-ritning på utvärderad modul från Lindbäcks Bygg (Lindbäcks Bygg).



Figur 4:31 Planritning på utvärderad modul från Lindbäcks Bygg (Lindbäcks Bygg).



Figur 4:32 Vy över beräkningsmodell som skapats i WUFI2D. Modellen, som är ett tvärsnitt, har korrekt yttre dimensioner och ungefärligt förhållande mellan ingående mängder material.

Det kan förväntas att fukt- och värmebelastningen över modulens olika konstruktionsdelar varierar beroende på vilken position i modulen som undersöks. Det är därför relevant att undersöka ett snitt där utomhusklimat, olika väggtyper, tak och golv ingår. Vidare kommer temperatur- och fuktbelastningen i olika riktningar påverka varandra och vara beroende av kopplingar mellan konstruktionsdelarna. Ett endimensionellt fall av flera frikopplade konstruktionsdelar bedöms därför bli en för stor förenkling.

Beräkningsmodellen har förfinats genom upprepade beräkningar och analys av resultat och konvergensfel. Vidare har känslighetsanalyser genomförts för b.la.

- Antal beräkningsceller i modellen
- Förändring av fuktkvot, RF och fukttinnehåll (olika djup, olika delar av konstruktionen)
- Begynnelsevärden med fokus på fuktkvot i trä
- Starttid på året
- Med/utan emballage och olika emballage
- Med/utan värmestrålningsutbyte med omgivningen
- Väderstreck (nordost/sydväst)

För verifieringen har modulen räknats både med och utan emballage i Piteå, se respektive resultatavsnitt och för parameterstudien har lagring med emballage i Lund, Luleå och Växjö undersökts med olika inbyggnadsfuktkvot i virket. Metod, resultat och slutsatser för fastställandet av högsta inbyggnadsfuktkvot redovisas i en separat rapport enligt Bilaga 1.

Beräkнад maximal inbyggnadsfuktkvot i moduler och planelement med emballering som mellanlagras

- För inbyggnadsfuktkvot så gäller denna alla enskilda regler, d.v.s. ingen regel med fuktkvot över nedan angivet bör byggas in. Då det inte är rimligt att göra en individuell mätning av fuktkvot på varje enskild regel bör minst var tionde regel kontrollmätas. Skriv på regeln vilken fuktkvot som uppmätts.
- 12 % – 14 % inbyggnads fuktkvot i träreglar fungerar överallt året om.
- Ur ett generellt perspektiv ska 14 % fuktkvot i trä eftersträvas vid inbyggnad. 16 % fuktkvot kan fungera men ger en ökad risk för att skador av mikrobiell karaktär uppstår. Notera att de lokala variationer som kan uppstå i omgivande klimat behöver beaktas då dessa kan skapa såväl sämre som bättre förutsättningar inuti den emballerade modulen eller planelementet.
- I sammanhanget behöver även spridningen av medelvärden i fuktkvot och extremvärden hållas nere, t.ex. genom att om möjligt låta virke torka i kontrollerad inomhusmiljö minst ett par veckor före montage.
- Vid lagring direkt i kallt klimat (vintertid) finns risk för hög RF i luft och isolering pga. nedkylning. Emballering vintertid bör därför utföras så torrt som möjligt i högst 30 % RF i omgivande luft.
- Bäst period för mellanlagring av emballerade moduler utomhus är mellan juni och november om fuktkvoten är max 14 %.
- Mellanlagring i emballerade moduler med 16 % inbyggnadsfuktkvot fungerar bäst januari-juni.
- Ett kallare klimat /ort är något sämre än en varmare, men små skillnader
- Ytterväggarna är de som löper störst risk för skador, sannolikt beroende på att träreglar stängs in mellan ångspärren och det yttre emballaget.
- Inbyggnadsfuktkvot i materialet är viktigare jämfört initialt relativ fuktighet och temperatur vid emballeringen.

Tabeller enligt nedan sammanfattar redovisade resultat enligt ovan för vilka maximala inbyggnadsfuktkvoter som kan tillämpas var och under vilka mellanlagringsperioder. Med inbyggnadsfuktkvot avses den genomsnittliga medelfuktkvot som finns i virkets tvär- och längdutbredning. I beräkningarna har inte olika fuktkvotsgradients genom virkets tvärsnitt undersökts, men bedömningen är att det till viss del är acceptabelt med en fuktigare kärna och en torrare yttre del. Detta så länge som medelfuktkvoten svarar mot de 12 – 18 % som anges i tabellerna. Notera att detta är ett strängare "krav" än medelfuktkvoter enligt standard SS-EN 14298:2017.

Tabell 4:1 – 4:3. Tabeller som redovisar maximal inbyggnadsfuktkvot vid lagring av trämoduler och planelement utomhus med lagringsstart i januari, juni och september. Se beskrivning för tabellernas struktur och innehåll enligt nedan.



januari-maj

	MC 12%					MC 14%					MC 16%					MC 18%				
	Σ	T	G	Y	L	Σ	T	G	Y	L	Σ	T	G	Y	L	Σ	T	G	Y	L
Luleå	gr					g	gr	g	g	gr	g	g	g	g	gr	r	r	gr	g	g
Piteå	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	g					r	g	gr	r	gr
Växjö	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	g	g	gr	g	gr	r	r	gr	r	r
Lund	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	g	g	gr	g	gr	r	r	gr	r	g



juni-november

	MC 12%					MC 14%					MC 16%					MC 18%				
	Σ	T	G	Y	L	Σ	T	G	Y	L	Σ	T	G	Y	L	Σ	T	G	Y	L
Luleå	gr					gr	gr	gr	gr	gr	r	g	gr	r	g					
Piteå	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr					
Växjö	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	g	g	gr	g	gr	r	g	gr	r	r
Lund	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	g	g	gr	g	gr	r	r	g	r	r



september-februari

	MC 12%					MC 14%					MC 16%					MC 18%				
	Σ	T	G	Y	L	Σ	T	G	Y	L	Σ	T	G	Y	L	Σ	T	G	Y	L
Luleå	gr					gr	g			gr	r	g	g	r	gr					
Piteå	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	r	g	g	r	gr
Växjö	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	g	gr	gr	g	gr	r	gr	g	r	g
Lund	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	g	g	gr	g	gr	r	r	gr	r	r

- 4 rader i varje tabell motsvarar fyra olika orter.
- 4 kolumner i varje tabell är fuktkvot i allt trävirke vid emballering. Kan ses som inbyggnadsmålfuktkvot i varje respektive regel.
- En ruta är markerad
 - röd (r)= ej ok,
 - gul (g)= ok men viss risk,
 - grön (gr) = ok
 (bedömningen avser RF, mögelrisk, uttorkning, fuktinnehåll mm).
- Vita rutor är inte beräknad/bedömd.
- Det finns en färgmarkering för vardera av följande:
 - Σ - är den samlade bedömningen för aktuellt fall.
 - T – takkonstruktionen/mellanbjälklaget.
 - G – golvet.
 - Y – ytterväggen.
 - L – Lägenhetsskiljande vägg.

Det är inte en helt stringent gräns mellan färgmarkeringen och trots att fallen bedömts enhetligt och med samma utvärderingsmall och kriterier, så kan det finnas fall där "gult" skulle kunna vara "grönt" och vice versa. Denna brist påverkar inte slutbedömningen då både grön och gul markering är acceptabel. Röd markering är inte acceptabel.

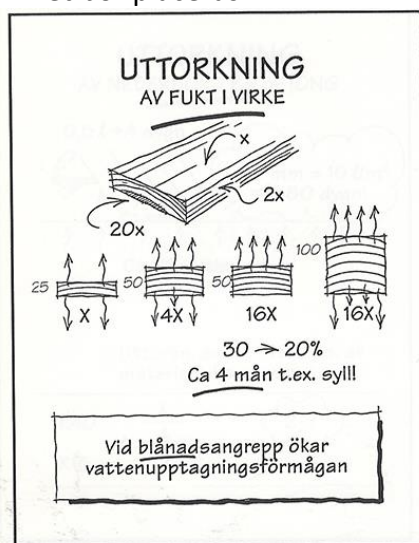
Då beräkningarna utförts med ett medelvärdesklimat behöver även eventuell påverkan från mer extremt klimat beaktas. Eftersom något dimensionerande klimat för fuktrelaterade beräkningar inte finns så har någon sådan känslighetsanalys inte kunnat utföras.

Eftersom varje enskild regel inte för överskrida angiven fuktkvot enligt ovan samtidigt som nuvarande standarder tillåter en förhållandevis bred spridning i ett virkespaket finns det incitament för att minska spridning på ingående material och "strama åt" standarden för målfuktkvot i nuvarande standarder. Nedan redovisas ett exempel på ingående trämaterials variationer på fuktkvot p g a leveranser mot målfuktkvot med en tillåten variation för medelfuktskvoten enligt SS-EN 14298. Ett exempel visar att vid mätning av fuktkvoten i samtliga virkesstycken i ett parti med målfuktskvoten 16 % tillåts det genomsnittliga värdet på hela partiets fuktkvot (partiets medelfuktkvot) att hamna mellan 13,5 och 18 % för att vara godkänt. För de enskilda virkesstyckena i ett parti ska fuktkvoten hos 93,5 procent av dessa hamna mellan 11,2 och 20,8 %. Standarden skrevs 2004 och det är inte känt om de svenska sågverkens eventuella förbättrade styrning av torkar och ökade kvalitetskontroller minskat intervallen för fuktkvot och om detta beaktats när standarden uppdaterades 2017.

Best-in-practice – Riktlinjer för att sänka inbyggnadsfuktkvoten

För att om möjligt sänka inbyggnadsfuktkvoten samt minska risken för skador bör följande beaktas:

- Mottagningskontroller av virke när det anländer till fabriken samt löpande produktionskontroller kan ytterligare säkra en korrekt fuktkvot med minimal spridning.
- Vid mottagning i fabrik kan trämaterialen läggas torrt i ett väl ventilerat utrymme där det torkar i proaktivt syfte om möjlig sänka fuktkvoten. Tänk på att reglars placering och möjligheten till luftväxling påverkar uttorkningshastigheten, se Figur 4:33 för hur virket bör placeras.



Figur 4:33 Uttorkningshastighet och trämaterial (Esping, Salin och Brander 2005).

- Då regelverk och tillåtna defekter skiljer sig mellan trävaruproducenter och byggares krav uppstår ibland meningskiljatheter om vad som är acceptabelt. Att vid upphandling tydligt definiera krav och eventuella avvikelser är därför extra viktigt.
- Genomför en okulär besiktning innan inbyggnad med utgångspunkten att trä och övriga material ska vara torra och fria från synliga skador, t.ex. synlig mikrobiell påväxt och smuts.
- Vid kallt utomhusklimat bör gips ha stått i inbyggnadsklimat i två dagar innan inbyggnad
- Byggnadsmateriel ska ha acklimatiserat sig inbyggnadsklimatet innan inbyggnad.

4.12 Mätningar av förhöjda fukttillstånd i emballerade moduler

Vid avemballering av moduler i vilka skador provocerats fram genom att skapa eller inte åtgärda hål i emballaget där vatten kunnat tränga har det konstaterats att merparten av alla skadorna är av lokal karaktär, d.v.s. i nära anslutning till det hål i emballaget som orsakat skadan. Se t.ex. utbredningen av skadan på syllen som redovisas i Figur 4:22.

Skadeutredningar visar ibland liknande tendenser där det i vissa fall kan noteras att endast en viss specifik regeldimension är skadade i t.ex. en vägg. I praktiken innebär det att just denna specifika regeldimensionen med stor sannolikhet haft ett förhöjt fukttillstånd vid inbyggnad. Trots att skadan varit uppenbar i de enskilda reglarna har inget generellt förhöjt fukttillstånd kunnat mätas upp i modulen. Även tvådimensionella beräkningar med förhöjt fukttillstånd i enskilda regler visar på lokala förhöjda fukttillstånd, som inte kan kompenseras av lokalt låga fukttillstånd. I enlighet med ovan påvisar detta att en torrboll som placerats i en modul inte kompenserar för eventuella uppfuktade material på andra platser i modulen.

Sammanfattningsvis innebär det att det generellt är svårt mäta förhöjda fukttillstånd och inläckage i emballerade moduler och planelement så länge mätsensorerna inte är placerade i direkt anslutning till den specifika regeln som har monterats med förhöjt fukttillstånd eller det aktuella hålet där vatten tränger in.

Best-in-practice – Mätning i emballerade moduler och planelement

Vid mätning i planelement bör det beaktas att:

- Om mätsensorer ska användas i kvalitetssäkrande syften för att indikera läckage eller förhöjda fukttillstånd i den emballerade modulen eller planelementet bör dessa i första hand placeras på platser där förhöjd risk för inläckage och skador föreligger.
- Det är svårt att mäta inträngande fukt i moduler och planelement om man inte mäter mycket nära de platser där inläckaget sker. I praktiken går det således att ifrågasätta om mätning utgör en kvalitetssäkring så länge mätning av temperatur och relativ fuktighet inte utförs på många platser i en och samma modul.

4.13 Behovet av omedelbara åtgärder

Risken för fukt- och inomhusmiljörelaterade skador orsakade av förhöjt fukttillstånd, t.ex. genom inträngande vatten i en emballerad modul eller planelement beror huvudsakligen på:

- Omgivande temperatur
- Det fukttillstånd, ofta angivet i relativ fuktighet eller fuktkvot, som skapats
- Varaktigheten, dvs tiden för vilket det förhöjda fukttillståndet och med vilka temperaturer pågått.
- Materialets förutsättningar för mikrobiell påväxt där mikrobiella skador som mögel lättare uppstår organiska material som trä och kartingbekladd gips.

Generellt gäller att desto varmare omgivning och desto högre fukttillstånd (relativfuktighet eller fuktkvot) desto snabbare uppstår mikrobiella skador. I praktiken innebär det att omgivande klimat påverkar förutsättningarna för hur snabbt mikrobiella skador uppstår. Vid höga fukttillstånd (> 90 % RF) och förhållandevis varm omgivning (> 20 °C) kan mikrobiella skador på organiska material ske på några dagar. Vid lägre temperaturer och kallare klimat är tiden längre innan skador uppstår och vid konstanta minusgrader är risken för mikrobiella skador i princip obefintlig. Samtidigt finns risker för fuktutfällning i luft och porösa byggnadsmaterial samt frysning som skapar lokala följdskador som noteras först vid efterföljande varma perioder.

En illustration på hur förhållandet mellan temperatur, relativ fuktighet och tiden samverkar för förutsättningar för mikrobiell påväxt ska kunna uppstå redovisas i Figur 4:2 ovan.

För att säkerställa reducera risken för att skador uppstår i emballerade moduler och planelement är utgångspunkten åtgärder behöver vidtas omedelbart så snart någon form av potentiell skadeorsak noterats och/eller att förhöjt fukttillstånd konstaterats i något enskilt byggnadsmaterial eller byggnadsdel alternativt hela det emballerade modulen eller planelementet. Vid åtgärder behöver både skadeorsaken elimineras, det kan vara så enkelt som att tejpa igen en reva som uppstått i emballaget, samt det förhöjda fukttillståndet. Beroende på uppfuktningens omfattning, lokalisering, rådande omgivande klimat samt eventuell skada och dess utbredning krävs i regel olika typer av åtgärder och sanering. Det är därför svårt att föreskriva specifika åtgärder om en skada inträffar eftersom dessa varierar beroende av en rad olika faktorer. Om motsvarande kunskap saknas som innehas av en fukttekniker/byggdoktor en sådan anlitas för att föreskriva nödvändiga åtgärder.

Best-in-practice – Riktlinjer för åtgärder vid skadeorsaker

Många praktiska erfarenheter har visat på vikten av att hålla emballaget helt tätt under både kortare och längre lagring. För att inte undgå potentiella skadeorsaker och dess följder ska följande beaktas:

- För att säkerställa att inga skador missas vid mellanlagring bör kontinuerliga besiktningar av mellanlagrade moduler och planelement utföras. Okulära besiktningar bör utföras:
 - Minst en gång per vecka
 - Efter hård väderlek med snöstorm, kraftiga regn och hagel samt vid hård vind.
- Besiktningen bör företrädesvis utföras genom att okulärt besiktigade moduler fotograferas.
- Vid besiktning ska det kontrolleras så att "hängbuk" inte uppstått.

- I det fall hål i emballaget eller andra skadeorsaker observeras ska dessa åtgärdas omedelbart när de upptäcks.
- Kontroll ska utföras så att förhöjt fukttillstånd inte råder i modulen där potentiell skadeorsak observerats. Detta kan eventuellt utföras med fuktkvotsmätare där stiften penetrerar emballaget och sedan tejpas igen eller att ett litet hål skärs upp som sedan tejpas igen.
- Om skador uppstått eller förhöjt fukttillstånd råder i byggnadsmaterial och/eller byggnadsdel bör ackrediterad skadeutredare/ Byggdoktor erfaren fukttekniker / galax omedelbart anlitas för bedömning av torkinsatser och eventuella ytterligare åtgärder

5 Slutsatser

Nedan presenteras de generella slutsatser som kan dras från projektet. Förslag till specifika åtgärder, best-in-practice, samt förslag till åtgärder och riktlinjer att förhålla sig till presenteras i föregående kapitel. Ur ett generellt perspektiv kan det konstateras att:

- Hål uppstår förhållandevis enkelt i emballage och det finns en rad olika faktorer enligt ovan redovisat som kan ge upphov till att hål uppstår. När hål uppstår i emballaget behöver detta åtgärdas/tätas omedelbart för att vatten inte ska tränga in genom emballaget och orsaka skador i den emballerade modulen. Tätning kan ofta ske med för ändamålet specifik tejp.
- Vid konstaterade hål i emballaget behöver det även säkerställas att vatten inte trängt in genom emballaget och att mikrobiella skador i modulen inte uppstått. Vid noterade skador eller omfattande uppfuktning bör fukttekniker/galax eller akrediterad skadeutredare/ byggdoktor konsulteras för åtgärder.
- För att upptäcka skador i emballage vid mellanlagring krävs regelbunden rondering där modulerna eller planelementet systematiskt besiktigas okulärt. Det är svårt att mäta sig till förhöjda fukttillstånd från inläckage eftersom dessa ofta uppstår lokalt i anslutning till håligheter i emballaget och för att mätning ska registrera förhöjt fukttillstånd behöver mätsensorn vara lokaliserad i nära anslutning till hålet där vatten tränger in.
- Det är viktigt att emballaget sträcks ut för att minska risken för stående vatten samt "fladder". Sträckning av emballaget får inte utföras så att vattenuppsamlande diken bildas. Om möjligt bör även ytterligare åtgärder vidtas för att minska risken för stående vatten på emballerade moduler, som t.ex. att modulerna snedställs.
- Inbyggnadsfuktkvoten i träreglar ska understiga 14 % för att inga skador ska uppstå.
- Vid mellanlagring av emballerade moduler i över två månaders tid samt vintertid eller annan tid när hårt klimat kan förväntas behöver emballerade moduler och planelement förses med förstärkningsemballaget. Sådant förstärkningsemballage utförs företrädesvis av kapell av tungpresenning.

6 Kontrollplan

Kontrollplanen enligt nedan avser att fungera som en checklista med de viktigaste punkterna att beakta vid mellanlagring av emballerade moduler och planelement utomhus för att minska risken för fuktrelaterade skador. Till kontrollplanen finns ett exempel på en tabell att använda i det praktiska arbetet för att säkerställa att nödvändiga kontroller utförs, se bilaga 2.

- Initialt ska en generell riskvärdering utföras där potentiella orsaker som kan ge upphov till fuktrelaterade skador i de moduler eller planelement som ska mellanlagras lyfts, diskuteras och dokumenteras. Riskvärderingen ska dokumenteras skriftligt och motivet till att endast mellanlagring utomhus är möjliga alternativet ska redovisas. Vid riskvärderingen ska b.l.a. platsen för mellanlagring, behovet av förstärkt emballage, möjligt omgivande klimat under perioden för mellanlagring utvärderas.
- För en framgångsrik mellanlagring behöver ytan där mellanlagring ska utföras vara hårdgjord och utan potthål eller motsvarande.
- Moduler och planelement får inte mellanlagras utomhus under längre tid på annat sätt än med sexsidig emballering.
- Utanpåliggande förstärkningar som är minst 400 mm breda ska finnas på kanter där sling, lyftstroppar, spännband och truckgafflar riskerar att möta emballaget. Det samma gäller även där tryck från pallgafflar riskerar att skada emballaget. Förstärkningarna kan t.ex. utgöras av förstärkningstejp eller 5 mm tjock vinklad hårdkartong.
- Utstickande byggnadsdelar som riskerar att skapa lokala ojämnheter eller på annat sätt nöta hål på emballaget ska i största möjligaste mån undvikas. Om det inte är möjligt, t.ex. vid lyftstroppar ska emballaget förstärkas och skyddas vid dessa "utstick". Förstärkningar ska därför även finnas vid utstick från t.ex. lyftöglor. Förstärkningarna utgörs t.ex. av betongtäckmatta.
- Vid längre lagring av än två månader eller vid risk för snö, regn eller andra former av hårt klimat ska emballerade moduler och planelement förstärkas förstärkningsemballage som t.ex. kan utgöras av en hätta, kapell av tungpresenning eller motsvarande på utsidan av emballaget.
- Emballerade moduler och planelement ska mellanlagras minst 300 mm ovanför underliggande mark.
- Vid risk för stående vatten ska moduler snedställas så att stående vatten rinner av. Vid mellanlagring vintertid eller om mellanlagringen är kortare än två veckor behöver modulerna inte snedställas.
- Vid längre mellanlagringstid än två veckor ska okulära besiktningar utföras minst en gång per vecka. Besiktningarna dokumenteras om möjligt genom att besiktigade moduler fotograferas där respektive foto kan kopplas till en modul. Förslagsvis skrivs serienummer eller motsvarande på utsidan av emballaget och därav kommer framgå i respektive fotografi.

- Om hållighet i emballage noteras ska detta fotodokumenteras och inspekteras för att därefter omedelbart åtgärdas. Förhöjt fukttillstånd i anslutning till hål i emballage kan inspekteras genom att ett litet hål tas upp i emballaget eller mäts genom emballaget där hålet eller hålen från stiften vid fuktkvotsmätning tejpas igen. Vid uppfuktat material i anslutning till hålet utredning utförs av fukttekniker, byggdoktor eller individ med motsvarande kompetens. Hål åtgärdas företrädesvis med tejp av erforderlig kvalitet. Ytan där tejpens appliceras ska vara torr och fri från smuts och tejpens vidhäftningsförmåga testas manuellt.
- Är underliggande uppallning placerad så den inte sticker ut utanför modulen eller har risken för vattenuppsamling på uppallningen som kan tränga in under modulen och orsaka skador i modulens syll hanterats på annat sätt.
- Inbyggnadsfuktkvoten i reglar eller annat trämaterial i moduler och planelement som emballeras och mellanlagras ska inte överstiga 14 % fuktkvot. Minst var tionde regel ska kontrolleras stickprovsmässigt för detta.
- Moduler och planelement som ska/har mellanlagrats vintertid ska förses med hätta, kapell eller annan förstärkning.
- Emballerade moduler och planelement som mellanlagrats i sex månader ska omemballeras eller kontrolleras genom extra besiktning där emballagets beständighet utvärderas. Om modulen omemballeras bör denna vid detta tillfälle kontrolleras okulärt för mikrobiella skador.
- Emballerade moduler och planelement ska placeras så att snöröjning är möjlig utan att emballaget riskerar att träffas av snö som plogas bort.
- Vid mellanlagring vintertid ska snöskottningsplan och snöskottningsinstruktioner upprättas.
- Modulers och planelements emballage ska sträckas så att "fladder" undviks vid hård vind (och kommande transport) samt minska risken för stående vatten.
- Eventuell isbildning ska tas bort mycket varsamt utan att det får skada emballaget. Snöskottning utförs proaktivt vid risk för växlande temperatur med både plus och minusgrader.

7 Referenser

Kent Bergström och Johan Tannfors, 2023, Mögel & Bakterieanalys av byggnadsmaterial, Husbyggaren nr 6 2023.

BBR, Boverkets Byggregler (2008) Boverkets byggregler 2008, med ändringar till och med BFS 2020:4, ISBN 978-91-86045-03-6, Boverket 2008.

Byggdoktorerna, <https://byggdoktor.com/>.

Joakim Honkanen, Kent Bergström och Peter Brander, 2017, Mikrobiella skador i vattenskador, Bygg&Teknik nr 2 2017.

SS-EN 1611-1 Trävaror - Visuell handelssortering av sågat virke av barrträ - Del 1: Europeisk gran, silvergran, furu och Douglas fir.

SS-EN 14298:2017 Sågat virke – Bedömning av torkningskvalitet.

Svenskt Trä, Handelssortering av sågade trävaror i Europa, 2000, <https://www.svenskttra.se/trafakta/allmant-om-tra/kvalitet-och-sortiment/>.

Föreningen Svenska Sågverksmän, 1994, Nordiskt trä: sorteringsregler för sågat virke av furu (*Pinus silvestris*) och gran (*Picea abies*): fyrsidig kvalitetssortering för handelsbruk (Olov F. Borg, Finlands Sågindustrimannaförening, Föreningen Svenska Sågverksmän, Treindustriens Tekniske Forening).

Svenskt Trä, Träguiden, www.traguiden.se

T-emballaget, Produktinformation, LDPE (lågdensitet polyeten) Co-estruderad film med UV-skydd, 115045. <https://api.t-emballage.se/content/documents/92ODFFWXRRR2.pdf>.

Nybloms, Plastfolie LD Strongtäck, <https://www.nybloms.se/forpackningsemballage/folie-slang/polyetenfolie/plastfolie-strongtack>.

S. Olof Mundt-Petersen, Petter Wallentén, Ida Edskär, Anders Joelsson, 2023, Causes of damages in Swedish buildings. XVI DBMC 2023, International Conference on Durability of Building Materials and Components. October 10th – 12th 2023, Beijing, China.

S. Olof Mundt-Petersen, Petter Wallentén, Anders Joelsson, Mikael Kläth. 2023, Distribution and location of damages in Swedish buildings, NSB 2023, 13th Nordic Symposium on Building Physics. June 12th – June 14th 2023, Aalborg, Denmark.

Svenskt Trä och Trä- och Möbelföretagen, 2024, Handbok för fuktsäker trähusproduktion, Editor Petter Werner och Thorbjörn Gustafsson.

Björn Esping, Jarl-Gunnar Salin och Peter Brander, 2005, Fukt i trä för byggindustrin – Fuktegenskaper, krav, hantering och mätning, SP Träteknik och Skanska Teknik AB.

S. Olof Mundt-Petersen, Eva Gustafsson, Love Lagercrantz, Linus Torstensson, Johan Tannfors, Göran Sjölund, 2024, Produktionsstrategier för fuktsäkert byggande i trä, Husbyggaren 2024 nr 1.

Svenskt Trä, 2021, Fuktsäkert KL-träbyggande utan heltäckande väderskydd. Utgåva 1 2021
Svenskt Trä, <https://www.svenskttra.se/publikationer-start/publikationer/>

Hannu Viitanen, 2001, Factors affecting mould growth on kiln dried wood, VTT Finland, 2001.

WUFI A. WUFI PRO, Fraunhofer Institute of Building Physics, Germany.

WUFI B. WUFI 2D, Fraunhofer Institute of Building Physics, Germany.

WUFI C. WUFI PRO/ 2D, Material database – Generic materials and Fraunhofer-IBP – Holzkirchen, Fraunhofer Institute of Building Physics, Germany.

WUFI D. WUFI PRO/ 2D, Climate database, Sweden, Europe, Fraunhofer Institute of Building Physics, Germany.

8 Finansiering, genomförande och projektmål

Projektet har finansierats av TräCentrum Norr och genomfördes av S. Olof Mundt-Petersen och Johan Öberg vid Polygon Sverige AB, Göran Berggren, RISE samt Ida Edskär, Therese Björkhed och Borne Gebing från Lindbäcks Bygg. Utöver dessa har Hanna Bülund, Derome Hus, Karin Segerström, Fasadglas, Peter Jacobsson, Holmen deltagit i projektets referensgrupp. Innan projektet slutfördes under tidig sommar 2024 har Olof Mundt-Petersen och Göran Berggren bytt arbetsgivare. Den kvalitativa delen har huvudsakligen utförts av S. Olof Mundt-Petersen, Göran Berggren, Ida Edskär, Therese Björkhed och Borne Gebing. De kvantitativa delmomenten har huvudsakligen utförts av Johan Öberg med stöd av S. Olof Mundt-Petersen.

Mätvärden från den blinda verifieringen som utfördes är hämtat från tidigare projekt utförda av Lindbäcks Bygg och Derome.

Projektets mål bedöms som uppfyllda i och med att:

1. En rad kvalitativa risker och frågeställningar specificerats vid mellanlagring av moduler och planelement.
2. Aktiviteter, moment och kontroller för att reducera risken för skador orsakade av identifierade risker och frågeställningar.
3. Gränsvärden för högsta inbyggnadsfuktkvot i träreglar som byggs in i moduler och planelement som ska mellanlagring har identifierats.
4. En kontrollplan upprättats med viktiga frågeställningar att hantera vid mellanlagring av moduler och planelement.

Den teoretiska kvantitativa delen som rör fastställande av gränsvärden för högsta inbyggnadsfuktkvot i träreglar där kopplade fukt- och värmeberäkningar utförts har vuxit i omfattning. En mer komplex beräkningsmodell än vad som först var tanken har tagits fram varvid beräkningarna tagit längre tid. Detta har skapat ett större mervärde för projektets mål, där en mer realistisk och komplex fuktmekanik kunnat analyserats.

9 Bilagor

1. Bilaga 1 – Validering av beräkningsverktyget och beräkningsmodell samt framtagande av gränsvärden för mellanlagring.
2. Bilaga 2 – Exempel på kontrollplan att använda vid mellanlagring.