



LUND UNIVERSITY

Tak i ishall : konstruktion med träullsplatta

Johansson, Erik; Wessman, Lubica

1993

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Johansson, E., & Wessman, L. (1993). *Tak i ishall : konstruktion med träullsplatta*. (Rapport TVBM (Intern 7000-rapport); Vol. 7063). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

Total number of authors:

2

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

Avdelningen för Byggnadsmaterial

TAK I ISHALL

konstruktion med träullsplatta

Erik Johansson

Lubica Wessman

TVBM-7063

Lund 1993

Förord

Denna rapport är en seminarieuppgift som ingår i doktorandkursen *fukt i byggnadsdelar*. Kursen gavs på V-sektionen, Lunds tekniska högskola, under höstterminen 1992 och vårterminen 1993. Syftet med de olika seminarieuppgifterna är att behandla ett fuktmekaniskt problem ur ett teoretiskt perspektiv och söka konkreta lösningar. Den uppgift vi ställdes inför var att finna ett tak som ur fuktmekanisk synpunkt fungerar bra i en ishall.

Innehållsförteckning

	sida
Sammanfattning	1
1 Bakgrund	2
1.1 Allmänt om ishallar	2
1.2 Temperatur- och fuktförhållanden	2
1.3 Fuktproblem i ishallar	3
2 Föreslagen takkonstruktion	5
2.1 Målsättning	5
2.2 Takkonstruktion vid normala innetemperaturer	5
2.3 Takkonstruktion vid högre innetemperaturer	7
2.4 Det föreslagna takets termiska egenskaper	8
2.5 Det föreslagna takets fuktegenskaper	9
3 Träullsplattan – en kort beskrivning	14
4 Exempel på andra taktyper för ishallar	16
4.1 Mineralull som värmeisolering och ljudabsorbent	16
4.2 Taket i Timrå ishall	16
4.3 Mottryckstaket i Surahammars ishall	17
4.4 Takkonstruktion för bandyhall i Jennylund, Ale kommun	17
4.5 Takskärmar med låg emissivitet	18
Referenser	21

Sammanfattning

Fuktproblem har varit ofta förekommande i ishallar och de har resulterat i dåliga isförhållanden och höga driftskostnader. I denna rapport ges en kort beskrivning av de temperatur- och fuktförhållanden som råder i normalstora ishallar (max 5 000 åskådare). Vidare beskrivs fuktproblem som takdropp och dimbildning och varför dessa uppstår.

Ett förslag ges på en takkonstruktion som fungerar bra ur fuktmekanisk synpunkt. Konstruktionen består (inifrån) av 150 mm träullsplatta, 20 mm mineralullsboard och takpapp. Detta är ett tak som använts med stor framgång de senaste 15 åren. Takets främsta fördel är dess höga fuktkapacitet, d v s förmåga att ta upp och avge fukt, vilket är betydelsefullt för de svåra och oregelbundna fuktförhållanden som råder i en ishall. Andra fördelar med taket är god akustik, värmetröghet och brandsäkerhet. Träullsplattans fuktegenskaper har tidigare utretts noga, vilket redovisas i rapporten.

Slutligen ges exempel på andra taktyper än den förordade. Dessa takkonstruktioners för- och nackdelar behandlas.

1. Bakgrund

1.1 Allmänt om ishallar

Ishallar började byggas i Sverige på sextiotalet. Antalet ishallar växte snabbt och det var inte bara i storstäder som det byggdes hallar utan även i små orter. I dag finns det 253 ishallar av olika storlekar runt om i landet, varav några är under byggnad.

Isytan i en ishall används främst till ishockey, men även till konståkning, curling och allmänhetens åkning. Om det är en publikhall kan den användas även till andra arrangemang med textilmattor eller trägolv på isen: t ex inomhussporter, konserter, teater och utställningar. I denna rapport bortser vi från sådana användningsområden.

Vi utgår från normalstora ishallar för mellan 200 och 5 000 åskådarplatser. Vi går inte närmare in på övriga detaljer kring en ishall så som dess placering i samhället, bärande konstruktioner och övriga utrymmen (omklädningsrum, cafeteria o dyl).

1.2 Temperatur- och fuktförhållanden

Eftersom en ishall är relativt kall – en normalstor hall uppvärms till högst 10 °C – är kraven på värmeisolering låga. En ishall har vanligen inga fönster, eftersom ljuset inte får reflekteras mot den blanka isytan. Detta minskar ytterligare kravet på värmeisolering. Fram till mitten av sjuttiotalet byggdes många ishallar oisolerade och ouppvärmda. Problem med kondensdropp från taket på isen och dimbildning minskar dock om hallen är isolerad och något uppvärmd, vilket numera alltid är fallet. Uppvärmning är naturligtvis viktig också för att stillastående eller sittande publik utan obehag skall kunna vistas i ishallen. Uppvärmningen sker genom att värma tilluften. Energiförbrukningen för hallen reduceras av att överskottsvärmen från kylanläggningen används.

Temperaturen i hallen kan hållas på en högre nivå i samband med publikevenemang än under perioderna mellan matcherna. När hallen används för träningsändamål eller motsvarande och publik saknas hålls inomhustemperaturen 5 °C över utomhustemperaturen eller lägst vid en angiven minimitemperatur. När hallen skall användas för publikevenemang värms den till 10 °C. På grund av värmeavgivningen från publiken kan temperaturen vid läktarplatserna under en match vara 10–15 °C.

I en ishall sker kraftiga svängningar i inneklimatet på grund av att antalet personer i hallen varierar beroende på aktivitet (publikmatch, allmänhetens åkning, träning etc). Efter en match ventileras hallen med uteluft för att föra bort fukt. Temperaturen sjunker då snabbt till önskad nivå för perioderna mellan matcherna. Ventilationen är viktig i en ishall.

Fuktproblem i ishallar uppstår ofta på grund av att man försöker spara pengar, t ex genom att stänga av ventilationen nattetid.

Då en ishall besöks av en stor publik som avger fukt och värme uppstår höga relativa fuktigheter (RH). Normalt varierar RH i hallen mellan 55 och 70 %. RH i en ishall kan bli speciellt hög vid publikmatcher tidigt på hösten. Det kan då vara relativt varmt ute och den uteluft som ventileras in i hallen har hög ånghalt. Vid sådana speciella tillfällen kan RH uppgå till 85 %.

Övriga kriterier som gäller för en konventionell ishall är:

- Isytans temperatur: -3 till -5 °C
- Temperatur 1-2 m över isytan: ca +5 °C
- Minimal fri höjd mellan golv och armaturer eller konstruktioner: 5 m
- Minimala mått för frysytan: 30,4 x 60,4 m

1.3 Fuktproblem i ishallar

Orsaken till fuktproblem i ishallar är hög RH. Ett sätt att sänka fukthalten är att använda en avfuktningssystem. Ishallar har emellertid höga driftskostnader och för att spara pengar används normalt inte avfuktningssystem. Kostnaden för en avfuktningssystem som används kontinuerligt uppgår i dag till ca 100 000 kr per år. Ett alternativ är att endast använda avfuktningssystemen då det råder speciellt svåra fuktförhållanden. En fördel med en avfuktningssystem är att den ger ökad komfort.

Isytan fungerar i praktiken som en avfuktare eftersom den omvandlar fukten i luften närmast isytan till is. Vid särskilt svåra fuktbelastningar, som t ex vid en fullsatt hall, klarar dock inte isen alltid av att avfukta luften.

Takdropp

Takdropp är ett erkänt problem i ishallar. Takdropp kan uppstå vid ytkondens på takets undersida. Ytkondens inträffar om ytans temperatur är lägre än dagpunkten. Härvid är köldbryggor samt kalla och glatta ytor, t ex metaller, speciellt känsliga. För att undkomma problemet med ytkondens, vilken även ger upphov till nedsmutsning, kan man gå till väga på olika sätt.

Ett sätt är att höja temperaturen till över dagpunkten i takets undersida. Detta kan göras genom uppvärmning av luften i hallen i kombination med isolering i taket. Eftersom den största värmebelastningen på isytan är genom värmestrålning från taket kommer detta

emellertid att höja energikostnaderna som krävs för att hålla istemperaturen på lämplig nivå. Ett annat sätt att höja daggpunkten är genom direkt uppvärmning av taket, se avsnitt 4.4, vilket också medför ökade energikostnader. Ett tredje sätt är att undvika köldbryggor och välja material med låg värmeledningsförmåga för att höja yttemperaturerna på innertaketets yta.

Taktemperaturen kan också höjas genom att ett material med låg emissivitet appliceras antingen på innertaketets yta eller som en upphängd skärm under taket. Denna typ av lösning behandlas närmare i avsnitt 4.5.

Om kondens inträffar på takets undersida och detta har en lutning som är större än 38° så leder detta till att vattnet på grund av ytspänningen rinner nerför taket i stället för att droppa ner på isen. Det är dock orealistiskt att ha så stora lutningar. Normal taklutning är 10–14°.

Kondensation kan även inträffa *inuti* takkonstruktionen med takdropp som följd. Om kondensationsmängderna är så stora att konstruktionen inte kan ta upp fukten kan vatten rinna genom takmaterialet och droppa ner på isen. Kondens inuti takkonstruktionen kan accepteras om material med hög fuktkapacitet används och om fukten med jämna mellanrum får tillfälle att torka ut. Ett villkor för att kondens inuti konstruktionen ska tillåtas är att materialen inte förstörs eller möglar.

Vid val av takkonstruktion kan man givetvis välja en konstruktion som kombinerar flera av ovanstående egenskaper.

Dimbildning

På grund av den för byggnader i allmänhet ovanliga temperaturfördelningen betydligt med kallare golv än väggar och tak förekommer ibland ett dimskikt på viss höjd över isen. Detta kan elimineras med ändamålsenlig ventilation. Temperaturen på tilluften bör inte understiga -10 °C om dimbildning skall undvikas. Tilluftstemperaturen bör inte heller vara mer än 10 °C lägre än temperaturen inomhus för att vara ”dragfri”.

2. Föreslagen takkonstruktion

2.1 Målsättning

Målsättningen är att föreslå en takkonstruktion med följande egenskaper:

- inget takdropp
- god akustik
- litet underhåll
- lång livslängd

Takkonstruktionen ska också medverka till att ishallen får en bra is samt en acceptabel energiförbrukning. Vidare ska taket uppfylla kraven för brandsäkerhet och kunna tillverkas till en rimlig kostnad.

2.2 Takkonstruktion vid normala innetemperaturer

För en normalstor ishall gäller, som tidigare nämnts, bl a följande förutsättningar:

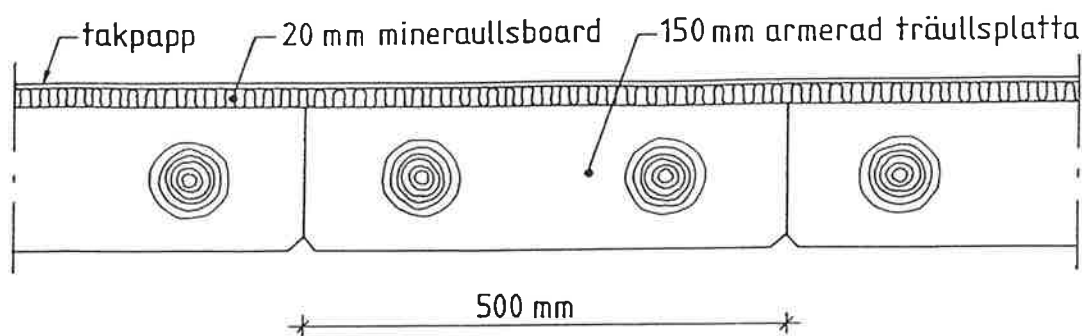
- RH: 55-70 % (i extrema fall 85 %)
- innetemperatur: maximalt +10°C
- istemperatur: -3 till -5°C

Följande förslag baserar sig på litteraturstudier [2,3] samt intervju med Peter Vissme på Skanska Idrott [4]. Vissme har konstruerat ett 60-tal ishallar de senaste 25 åren. De senaste tio åren har han använt den nedan beskrivna konstruktionen på uppemot 20 ishallar.

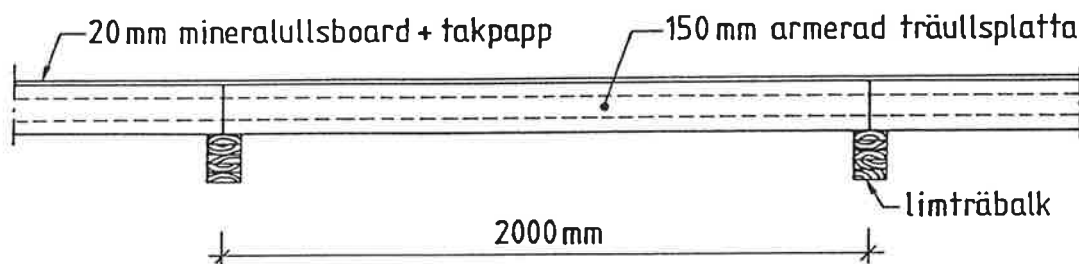
Den här föreslagna takkonstruktionen består av 2 m långa, 500 mm breda och 150 mm höga träullsplattor, vilka vilar på åsar av limträ, se figur 2.1. Ovanpå träullsplattorna läggs en 20 mm takboard av hård mineralull med underlagspapp. Tätskiktet utgörs av takpapp som klistras direkt på underlagspappen.

Träullsplattorna är armerade med rundvirkesstavar vilket gör dem lastbärande, figur 2.2. Vid utläggningen spikas träullsplattorna fast i limträbalkarna. Detta görs med långa spik som går igenom plattans rundvirkesstavar. Takboarden fästs uppifrån i rundvirkesstavarna.

Takkonstruktionen bärs normalt upp av höga limträbalkar av sadeltaksform, vilka är försedda med dragstag av stål i underkant. Alternativt används spännfackverk av limträ, limträbågar eller stålfackverk. Takets lutning bör vara mellan 10 och 14°.



Figur 2.1. Tvärsektion genom de med rundvirken armerade träullsplattorna. Ovanpå träullsplattorna läggs en mineralullsboard. Tätskiktet utgörs av papp.



Figur 2.2. De lastbärande träullsplattorna vilar på limträåsar (sekundärbalkar) i vilka de spikas fast. Åsarna i sin tur ligger på primärbalkar (ej med i figuren) av limträ eller eventuellt stål. Taket är avsett att ha en lutning på 10-14°.

För att undvika fuktkonvektion är det viktigt att tätskiktet är lufttätt och att anslutningen i takfot görs tät.

Den föreslagna konstruktionen har hög fuktkapacitet. Mätningar [2] har visat att konstruktionen kan lagra 12 kg vatten per kvadratmeter. Fuktmekaniskt fungerar taket så att fukt upptas vid höga RH (t ex publikmatcher) och avges då RH är lägre (perioden mellan matcherna). Taket är beprövat sedan 20 år och dess fuktmekaniska egenskaper är såväl teoretiskt beräknade som laboriemässigt undersökta [2,3], se avsnitt 2.5 nedan.

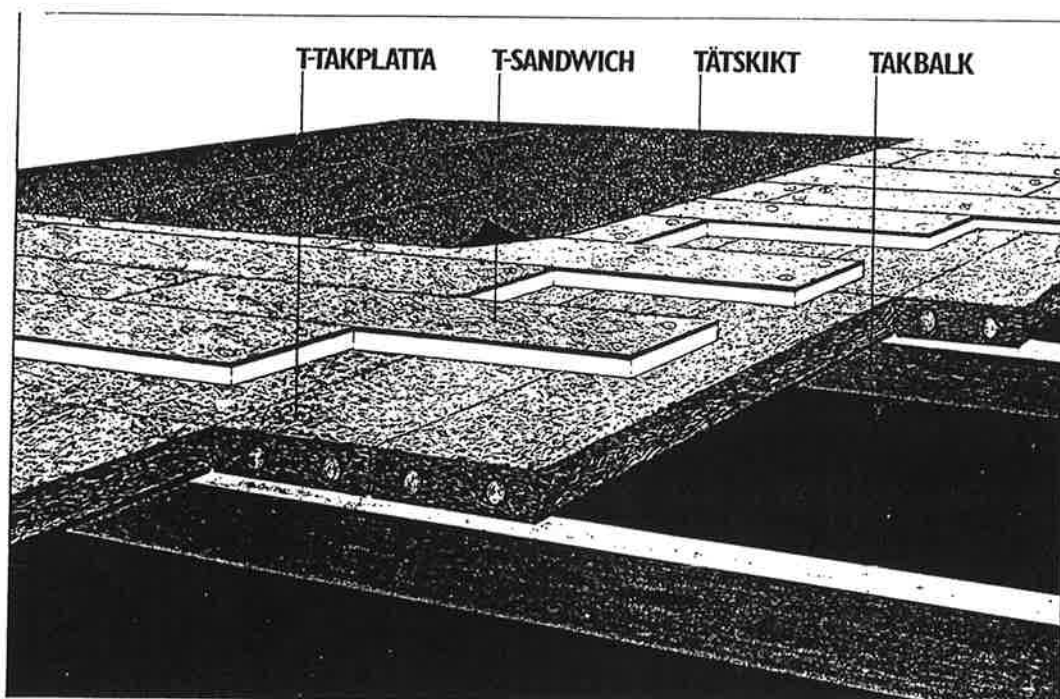
Det föreslagna taket har bra akustiska egenskaper då träullsplattan är ljudabsorberande.

Taket har vidare relativt stor värmetröghet, vilket innebär att det reagerar långsamt vid temperaturförändringar. Detta har betydelse om hallen används under dagtid och om man samtidigt har stark solstrålning mot taket.

Takkonstruktionen uppfyller rådande brandkrav då den vid brand har kvar sin bärförmåga i minst 60 minuter (brandklass B60). Enligt brandkraven ska ytskikten i hallen "endast i måttlig grad medverka till övertändning". Både limträ och träullsplattan uppfyller detta krav.

2.3 Takkonstruktion vid högre innetemperatur

Om temperaturen i hallen ska vara mer än 10 °C används normalt mer värmeisolering. Samma konstruktion som i figur 2.1 används, men takboarden av mineralull byts ut mot en sandwichplatta bestående av cellplast och 15 mm träullsplatta, se figur 2.3. Cellplastens tjocklek kan varieras beroende på vilket U-värde för konstruktionen som önskas. Vid denna taktyp läggs tätskiktet (papp eller bandplåt) direkt på träullsskiktet.



Figur 2.3. Tak för halltemperaturer över 10 °C. Mineralullsboarden i figur 2.1 har bytts ut mot en T-sandwich (träull + cellplast) för att erhålla ett lägre U-värde [5].

P g a träullstakets stora fuktkapacitet skulle detta tak utan problem kunna användas även i större hallar. Publikkapaciteter uppemot 7–8 000 torde vara fullt möjliga [4]. Om stor publikbelastning råder ökar dessutom fukthalten i hallen. Detta innebär att ventilationen måste ökas.

Det bör observeras att mer kylenergi krävs för en varmare hall.

2.4 Det föreslagna takets termiska egenskaper

Värmeisolering

Vad gäller en enskild byggnadsdels U-värde finns inte längre några krav som måste uppfyllas, utan man räknar i stället på det genomsnittliga U-värdet för hela byggnaden. Enligt den förra byggnormen, SBN 80 [6], gällde dock att för lokal som var avsedd att värmas upp till mellan 0 °C och +10 °C var högsta tillåtna U-värde 0,35 W/m² °C (Norra Sverige, temperaturzon I+II) respektive 0,40 W/m² °C (Södra Sverige, zon III+IV).

För en ishall gäller dock speciella förhållanden beroende på att strålningsutbytet mellan takytan och isytan gör att yttemperaturerna på takets undersida blir relativt låga. När det är kallt ute erhålls alltså mindre temperaturskillnad mellan takets ute och innetemperatur än för normala byggnader vilket minskar värmetransmissionen väsentligt.

Den i avsnitt 2.2 föreslagna takkonstruktionen har U-värdet 0,38 – se tabell 2.1 – vilket ligger mellan kraven för norra och södra Sverige. Detta U-värde är tillräckligt lågt.

Material	tjocklek (mm)	λ-värde (W/m°C)	R (m ² °C/W)	U-värde=1/R (W/m ² °C)
övergångsmotstånd (ute)			0,04	
takpapp			0,02	
takboard	20	0,038	0,53	
träullsplatta, armerad	150		1,90	
övergångsmotstånd (inne)			0,13	
totalt	170		2,62	0,38

Tabell 2.1. U-värde för föreslaget tak.

För lokal som var avsedd att värmas upp till mellan +10 °C och +18 °C var, enligt SBN 80, högsta tillåtna U-värde 0,25 W/m² °C (temperaturzon I+II) respektive 0,30 W/m² °C (zon III+IV). För att uppnå dessa U-värden används som tidigare nämnts det s k *T-taket* enligt figur 2.3. Som vägledning kan ges att U-värde 0,25 och 0,30 motsvarar ett tak enligt avsnitt 2.3 med en T-sandwich (15 mm träull + cellplast) på 100 mm respektive 70 mm.

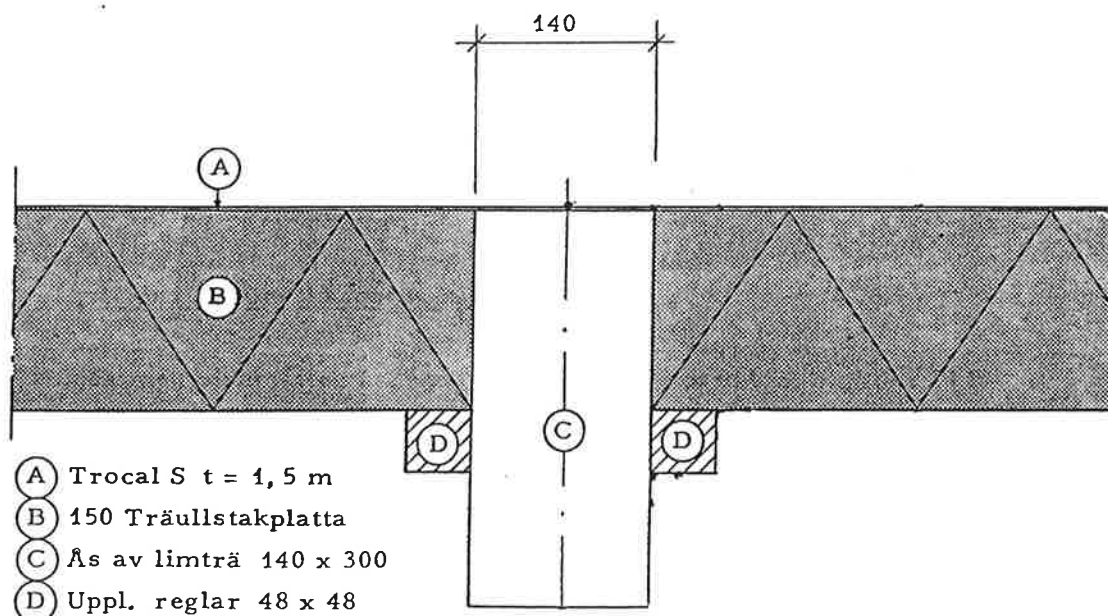
Värmetröghet

Som nämnts i avsnitt 2.2 har träullstaket stor värmetröghet, vilket beror på träullsplattans höga värmekapacitet. Beräkningar [7] har visat att jämfört med en lätt takkonstruktion med låg värmekapacitet (t ex ett mineralullstak) får värmeflödet in i en byggnad, vilket varierar med utetemperaturen och solstrålningsintensiteten, en lägre amplitud. Vidare förskjuts maximala inflödet så att detta inträffar nattetid.

2.5 Det föreslagna takets fuktegenskaper

Den i avsnitt 2.2 presenterade lösningen är en variant på det tak som rekommenderades av Svenska Ishockeyförbundet [3] på 1970-talet, se figur 2.4. Skillnaden är att limträbalkarna i den av Svenska Ishockeyförbundet rekommenderade konstruktionen ligger *mellan* träullsplattorna samt att takboard inte används. Konstruktionen har således fler köldbryggor och ett något högre U-värde. Tätskiktet består av en 1,5 mm tjock Trocalfolie (ett icke-diffusionstätt tätskikt av PVC) eller korrugerad plåt. Denna konstruktions fuktegenskaper analyserades noggrant, såväl teoretiskt som i laboratorium, innan den lanserades [2,3].

Såväl datorberäkningarna som laboratorieundersökningarna utfördes av Per Ingvar Sandberg vid dåvarande Byggnadsteknik 1, LTH.



Figur 2.4. Tak för ishall som rekommenderades av Svenska ishockeyförbundet på 70-talet. 150 mm armerade träullsplattor ligger mellan åsar av limträ. Tätskiktet utgjordes av en PVC-folie (Trocals).

Försökuppställning i laboratoriet

En ca 4 m² stor bit av ett verkligt tak (figur 2.4) byggdes upp och placerades som lock på en 0,6 m hög låda. Lådan, vars väggar och golv var isolerade, placerades i en klimatkammare. Klimatet anordnades så att takkonstruktionens ovansida utsattes för en kall

vinterdag (-15 °C och 100 % RH), medan undersidan utsattes för ett klimat motsvarande fullsatt hall (+17 °C och 32 % RH). (Det låga RH i hallen beror på att den kalla uteluften, som ventileras in i hallen har lågt fukttinnehåll.)

Försöksanordningen var gjord på så sätt att man kunde ändra rådande klimat.

Ytkondens

Yttemperaturerna på takets undersida beräknades med hjälp av datorprogram enligt den sk relaxationemetoden (en metod där temperaturerna beräknas genom successiv anpassning till det stationära tillståndet). Vid beräkningarna sattes utetemperaturen till -22 °C och innetemperaturen till +7 °C. Den lägsta yttemperaturen, vilken erhöles i skarven mellan upplagsreglarna och träullsplattan, var 3,5 °C högre än daggpunkten vid det aktuella tillfället.

Mätningarna i fuktkammaren uppvisade heller ingen ytkondens på takets undersida, trots de extrema temperaturförhållandena (en temperaturskillnad på 32 °C).

Kondens inuti konstruktionen

Fukthaltsfördelningen i takkonstruktionen beräknades med datorprogram (en dynamisk beräkning), vilket är nödvändigt om man vill ta hänsyn till fuktkapaciteten. Vid beräkningarna utgick man från formeln

$$\partial w / \partial t = \partial / \partial x \cdot (D_c \cdot \partial c / \partial x + m \cdot \partial w / \partial x)$$

där

w = fukthalt (kg/m³)

t = tiden (s)

D_c = diffusiviteten med avseende på ånghalt (m²/s)

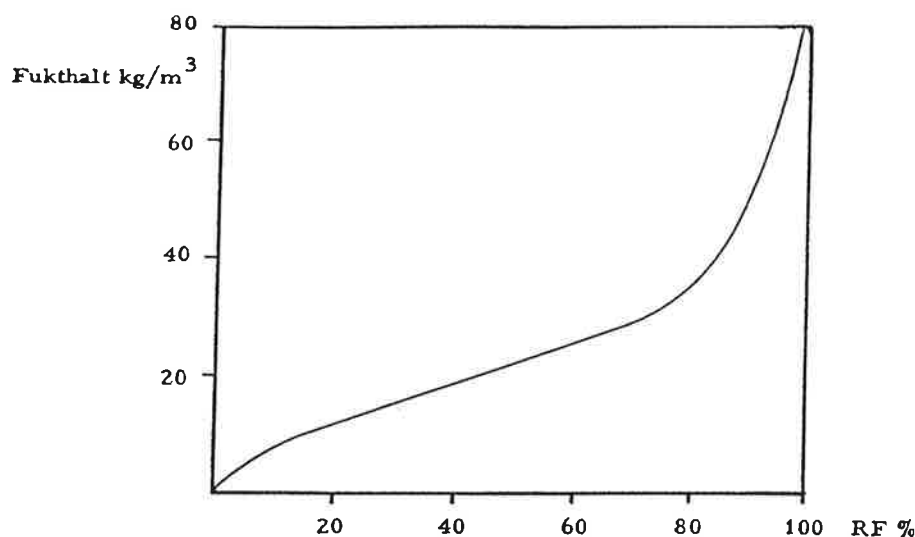
c = ånghalt (kg/m³)

m = motståndstalet (m²/s)

x = avstånd vinkelrätt mot takytan (m); x = 0 på undersidan av taket.

Programmet tog ej hänsyn till fuktkonvektion, tyngdkraften eller förhållandet vid fogar.

Vid beräkningarna antogs värdet på diffusiviteten, D_c, och sorptionsisotermens utseende. Efter laboratoriemätningarna kunde dessa värden justeras. Diffusiviteten kunde då sättas till 17,5 · 10⁻⁶ m²/s. Sorptionsisotermen för träullsplattan visas i figur 2.5 [5].



Figur 2.5. Sorptionsisoterm för träullsplattan [5]. Hystereseffekterna är ej kända.

Motståndstalet (kapillärledningstalet), m , sattes till 0, vilket inte stämmer med verkligheten men ger värden på säkra sidan.

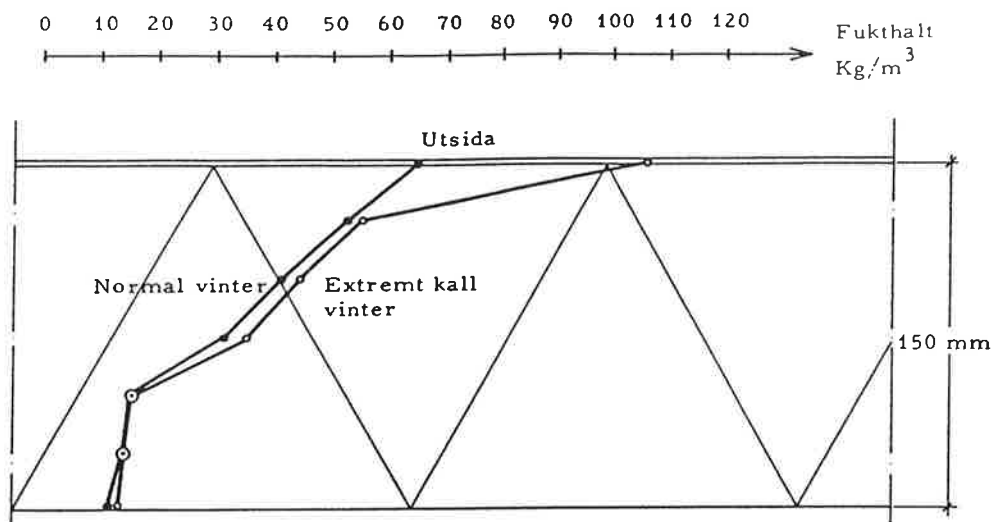
Klimatdata – dels för ett normalår, dels för ett år med en extremt kall vinter – togs från en ort i mellansverige. Vid beräkning av den ekvivalenta temperaturen togs hänsyn endast till nattutstrålning. Även detta ger värden på säkra sidan.

Vidare antogs:

<i>oanvänd hall</i>	<i>publikmatch</i>
$t_{\text{inne}} = t_{\text{ute}} + 5 \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_{\text{inne}} \geq 7\text{-}10 \text{ } ^\circ\text{C}$ (olika för olika hallar)
$c_{\text{inne}} = c_{\text{ute}}$	$c_{\text{inne}} \geq 0,008 \text{ kg/m}^3$ (beroende på publikmängd)

Beräkningarna gjordes för ett år. De största medelfukthalterna i plattan var ca 47 kg/m^3 (extremt kall vinter) respektive 43 kg/m^3 (normal vinter) och inträdde i slutet på mars. Dessa värden ligger båda under den antagna leveransfukthalten som hade satts till 50 kg/m^3 . Under ett års användning skedde alltså beräkningsmässigt en viss uttorkning av plattan.

Fukthaltsfördelningen i taket för mars månad visas i figur 2.6.



Figur 2.6. Fukthaltsfördelning i takkonstruktionen för mars månad (den månad då fukthalten var som störst) [3]. Rundvirkesstavarna är placerade mitt i plattan och utsätts därför inte för de högsta fukthalterna.

Varken vad gäller medelfukthalten över året eller fukthaltsfördelningen var skillnaden speciellt stor mellan normal och extrem vinter. Detta förklaras av att ånghalten i uteluften, vilken ventileras in i hallen, har låg ånghalt vid låga temperaturer.

Laboratorietesterna visade också att träullsplattan snabbt kunde avge den höga fuktmängd som absorberats.

Kondensation och isbildning på tätskiktets undersida

Kondensation på tätskiktets undersida kan inträffa om fuktkonvektion, p g a otätheter i konstruktionen, uppträder. Kondensvatten kan sedan rinna ner i skarvarna mellan takplattorna och orsaka takdropp. Vid beräkningarna togs ej hänsyn till konvektion. Några problem har dock hittills aldrig uppstått.

Vid besiktning under PVC-folien i taket i klimatkammaren efter en veckas extrem klimatpåfrestning observerades viss rimfrost på foliens undersida samt i skarvarna mellan träullsplattorna. När temperaturen på takets ytersida höjdes smälte isen efter ca ett dygn. Något takdropp observerades emellertid inte.

Röt- och mögelangrepp

En förutsättning för att en hög fukthalt i konstruktionen ska accepteras är att de ingående materialen inte förstörs eller angrips av mögel. Inget fall med röt- eller mögelangrepp har hittills noterats på denna typ av konstruktion.

Träullsplattans beständighet har visat sig vara mycket god i fuktig miljö. Den har använts mycket som putsunderlag i fasader, bl a på västkusten, utan att några röt eller mögelangrepp uppstått [8]. Det senare kan tyckas vara anmärkningsvärt då plattan innehåller trä. Troligen skyddar cementet med sin alkaliska miljö träfibrerna.

Förutom cementbunden träull består den armerade träullsplattan av rundvirken av trä. Vid alltför hög fuktbelastning finns naturligtvis en risk att dessa angrips. Sedan rundvirkesarmerade träullsplattor började användas har emellertid detta veterligen aldrig inträffat.

I simhallar, där fuktförhållandena är minst lika svåra som i en ishall – konstant hög lufttemperatur (ca +28 °C) och konstant relativt hög RH (ca 55 %) – har mätningar gjorts på fuktkvoten i rundvirket [9]. Mätningarna gjordes i simhallarna i Bollmora och Flen. Båda hallarna var ca 15 år gamla. Resultaten visas i tabell nedan.

Simhall	RH i hallen vid mättillfället	fuktkvot i rundvirket
Bollmora	50 %	16 %
Flen	39 %	11 %

Det ska tilläggas att RH i Bollmorahallen varierade mellan 40 och 70 % under den vecka mätningarna gjordes.

Allmänt anses risken för röta och mögel i trä vara liten vid fuktkvoter under 20 %. Andra [10] hävdar dock att vissa typer av mögel kan uppstå redan vid 15 % fuktkvot. Bollmorahallen skulle alltså ligga i farozonen för vissa typer av mögel. Några problem med användning av den armerade träullsplattan i simhallar har dock inte uppstått hittills. En orsak kan vara att även rundvirket befinner sig i en alkalisk miljö.

I en ishall är förhållandena för rundvirket gynnsammare eftersom temperaturen i träullsplattan är lägre, vilket minskar risken för mögeltillväxt.

Bedömning av det föreslagna takets fuktegenskaper

Det i avsnitt 2.2 beskrivna taket skiljer sig till viss del från det som beräknats och undersökts i laboratorium. Förändringarna är emellertid små och taket bör ha liknande eller bättre egenskaper på grund av att:

- Risken för ytkondens är mindre eftersom det lägre U-värdet medför högre yttemperaturer. Dessutom har nuvarande konstruktion obetydliga köldbryggor.
- Då träullsplattan ligger varmare i nuvarande konstruktion (p g a den extra isoleringen under tätskiktet) är den kondenserade fuktmängden mindre.
- Kondensationen mot tätskiktets undersida bör bli mindre eftersom fukthalten i träullsplattan är mindre. Av samma skäl minskar risken för röt- och mögelangrepp.

3. Trällsplattan – en kort beskrivning

Trällsplattan tillverkas av träull, cement och vatten. Trällan består normalt av ca 500 mm långa, 4 mm breda och 0,3 mm tjocka fibrer som hyvlas av gran. Viktförhållandet mellan träull och cement är ca 1:2. Densitet i torr inomhusmiljö är ca 260 kg/m³. Plattan kan erhållas i tjocklekar mellan 20 och 150 mm.

Trällsplattan uppfanns i Österrike 1908 och tillverkning har sedan dess startats upp i de flesta av Europas länder. I Sverige började den tillverkas i slutet av 30-talet. Som mest fanns det 13 fabriker i Sverige. Den okomplicerade tillverkningen skedde till en början helt hantverksmässigt, medan den idag är så gott som helautomatisk. I takt med ökad automatisering konkurrerades företag efter företag ut och sedan 1978 finns bara en tillverkare kvar – *T-produkterna AB* i Österbymo, Östergötland. Det minskade antalet fabriker har dock inte påverkat den totala produktionen i landet, vilken har hållit sig relativt konstant.

Trots det relativt höga värmeledningsförmågan (0,075 W/m°C) har trällsplattan överlevt konkurrensen från andra, mera effektiva värmeisoleringsmaterial. Detta beror på att plattan har en rad goda egenskaper som gjort den efterfrågad i många sammanhang.

En god egenskap är den ljudabsorberande förmågan. Plattan används dels som ren akustikplatta (tillverkas med smala fibrer), dels som kombinerad ljud- och värmeisolering – ofta i både väggar och tak (i t ex industrilokaler, idrottshallar, ishallar, simhallar, ridhus, m m).

Trällsplattan är en utmärkt putsbärare. Den används därför ofta vid utvändigt tilläggsisolering. Den har överhuvudtaget god vidhäftning mot cementbundna material och kan därför användas som kvarsittande form vid betonggjutning.

Trällsplattan har visat sig ha goda fuktegenskaper. Den har stor fuktupptagningsförmåga och angrips i fuktigt tillstånd inte av röta eller mögel. Putsade trällsplattor har suttit på fasader i 50 år utan att förstöras eller angripas. Plattan har även använts som kombinerad ljudabsorbent och värmeisolering i lokaler med mycket stor fuktbelastning som ishallar och simhallar.

Trällsplattan är klassificerad som tändskyddande beklädnad och som ytskikt klass 1.

Den med rundvirke armerade trällsplattan började tillverkas i början av 60-talet. Det var i och med introducerandet av denna, vilken har en densitet på ca 400 kg/m³, som trällsplattan fick en ökad användning i tak.

Trällsplattan räknas också som ett sunt byggnadsmaterial. Emissionstester har visat att den avger mycket få flyktiga ämnen och att den sammanlagda avgivningen ligger klart under Svenska inneklimatinstitutets gränsvärde.

4. Exempel på andra taktyper för ishallar

Nedan följer några exempel på takkonstruktioner i ishallar. Under åren har man gjort många negativa erfarenheter och stött på olika problem i samband med tak i ishallar.

4.1 Mineralull som värmeisolering och ljudabsorbent

En takkonstruktion i ishallar bestående av (utifrån): plåt, mineralull för isolering, ångspärr, mineralull som ljudabsorbent och hönsnät (för att hålla uppe ljudabsorbenten) användes i stor utsträckning tidigare [4]. Detta är en billig konstruktion, men mineralull visade sig ge problem med mögel. Detta är anmärkningsvärt, eftersom mineralull så gott som helt består av oorganiskt material som mögel omöjligen kan växa på, eftersom det inte innehåller någon näring för mögelorganismerna. Det visade sig emellertid att smuts avsattes på mineralullen och att mögeltillväxten skedde i smutsen. För att göra mineralullen vattenavvisande och minska dammbildningen tillsätts små mängder olja. Det är möjligt att mögeltillväxt skett i denna.

4.2 Taket i Timrå ishall

1968 fick Timrå ishall ett nytt tak som gav många problem [11]. Yttertaket av korrugerad aluminiumplåt bars upp av primärbalkar av stålfackverk. På takets undersida, mellan sekundärreglarna av trä, var 5 cm tjocka plattor av pappisolering fästade. På grund av den dåliga isoleringen uppgick uppvärmningskostnaderna till tre gånger så höga värden som borde varit rimligt.

Det blev mycket kondens mellan yttertaket och isoleringen. Sekundärreglarna ruttnade på grund av fukt och kondens. Detta gjorde att en del av isoleringsplattorna lossnade och föll ner. Eftersom trävirket blev skört lossnade spikarna som höll fast taket, vilket i sin tur gjorde att sektioner av taket började röra på sig. Vid hård vind hände det att plåtar blåste bort och delar av taket fick förankras med vajrar och vikter för att förhindra detta. Läckage uppstod genom spikhålen, som blev större av friktionen – i vissa fall upp till 1 cm i diameter. Detta förvärrades av att takmaterialet hade hög värmeutvidgningskoefficient: längdutvidgningen var 5–6 cm räknat över hela taket.

Kondensvattnet rann dessutom ner i isoleringen i ytterväggarna. Delar av väggarna fick därför repareras.

1980 byttes det gamla taket ut. Både det självbärande innertaket och yttertaket består numera av korrugerad stålplåt. Mellan innertaket och yttertaket ligger ett 22 cm tjockt isoleringsskikt på ett sådant sätt att inga luftfickor bildas.

Kommentar: Denna konstruktion påstås vara fri från kondens. En förutsättning för att kondens i denna takkonstruktion ska undvikas är dock att RH i hallen hålls på en tillräckligt låg nivå, samt att inga köldbryggor går genom konstruktionen. Om isoleringen inte har tillräcklig fuktkapacitet för att kunna ta upp eventuell kondens inuti konstruktionen måste takplåtarna vara helt täta så att ingen fuktig luft kan passera genom. Taket påstås också vara ljuddämpande. Det har dock troligen betydligt sämre ljudegenskaper än t ex ett träullstak.

4.3 Mottrycktaket i Surahammars ishall

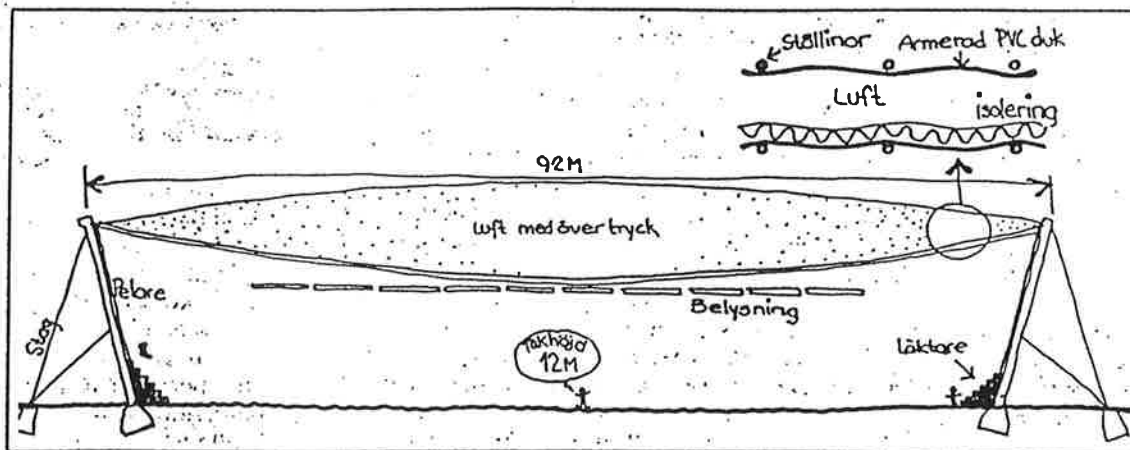
Surahammars ishall stod färdig att tas i bruk 1976 [12]. Taket utgörs av korrugerad stålplåt med 10 cm mineralullsisolering. Taket får en jämn genomströmning av luft med hjälp av ett antal små fläktar som pressar ner luft till utrymmet mellan ytterplåten och underliggande isolering. Denna luft, som utgör hela eller en del av lokalens erforderliga ventilationsluft, värms upp av den nedifrån kommande varmluften och tar samtidigt upp fuktighet. Man får således en värmeväxlare som ger reducerade värmeförluster genom taket samtidigt som kondensationsrisken elimineras.

Kommentar: Det är svårt att uttala sig om denna konstruktions prestanda ur fuktsynpunkt utifrån de knapphändiga uppgifter som givits i källan. Det framgår t ex inte hur innertaket ser ut.

4.4 Takkonstruktion för bandyhall i Jennylund, Ale kommun

1984 togs en takkonstruktion med ställinor och armerad PVC-duk för stora spännvidder fram av Riksbyggen Konsult [13]. Taket kan dels byggas över befintliga spelarenor (som i Jennylund), dels kan det utnyttjas för nya idrottsanläggningar, mässhallar eller t ex hangarer. Taket bärs upp av två lager ställinor spända över en krönbalk och förankrade till fundamentet i marken. På linorna vilar två lufttäta membran av armerad PVC-duk. Mellan dessa pumpas luft in till en stor luftkudde. Det undre membranet är värmeisolerat. Eftersom luftkudden är spolformad rinner regnvatten av mot takets långsidor. Vintertid kan varmluft blåsas in så att snön smälter bort. Spillvärme från kylmaskineriet i ishallar kan användas för att erhålla övertemperatur i luftkudden.

Kommentar: Taket verkar kunna fungera bra ur fuktsynpunkt. Ytkondens fås troligen inte på den undre PVC-duken då denna hela tiden hålls varm.

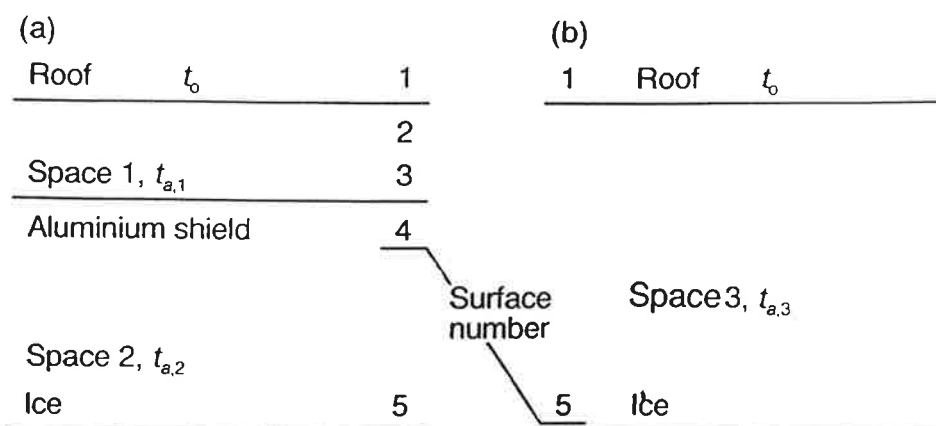


Figur 4.1. Takkonstruktion med ställlinor och armerad PVC duk för stora spännvidder [13].

4.5 Takskärmar med låg emissivitet

Ett sätt att minska risken för kondensation på ett ishallstak är att hänga upp en skärm av ett material med låg emissivitet en bit under taket [14]. Det lågemissiva materialet kan också fästas direkt mot innertaket. Detta har gjorts i två ishallar i Danmark -Rødovre och Hørsholm- där skärmar av blank, korrugerad aluminiumplåt monterats på ett visst avstånd under takkonstruktionen. Problemet med kondensation kvarstod emellertid. För att öka förståelsen för detta fenomen utvecklades därför ett beräkningsprogram på Danmarks tekniska högskola av professor Korsgaard och gästforskare Forowicz. Programmet lämpar sig bäst för ett oisolerat tak, som taket i Rødovre, vilket det ursprungligen var anpassat för. Hallen i Hørsholm är bättre isolerad och uppvärmd. Programmet baserar sig på två förenklade modeller enligt figur 4.2. (a) är en modell med aluminiumskärm och (b) är en modell utan. Modell (a) har sammanlagt fem ytor och två volymer vars termiska egenskaper kan anges i programmet. Modell (b) har motsvarande tre ytor och en volym. Ytorna är parallella och har samma dimensioner, nämligen 30 x 62 m. Avståndet mellan isytan och aluminiumskärmen är 4,1 m och mellan aluminiumskärmen och taket 1 m. Det antas vidare att taket och aluminiumskärmen inte har någon värmekapacitet. Taket har ett mycket litet och aluminiumet har inget värmemotstånd. Dessa antaganden stämmer bäst för ett oisolerat tak. För modell (a) ställs fem värmebalansekvationer upp: för de två volymerna samt för ytorna 2, 3 och 4. För modell (b) ställs motsvarande två värmebalansekvationer upp: för volymen samt för taket. Vissa antaganden görs om värmeöverföringen mellan olika ytor och volymer sker genom strålning, naturlig eller påtvingad konvektion eller kombinationer av dessa. Värmeöverföringen till yta 1

(yttertaket) sker t ex främst med påtvingad konvektion (vind) samt strålning. Väderata från Danish Reference Year används för takets yttre yta.



Figur 4.2. Förenklade modeller av ishall [14]. (a) med aluminiumskärm. (b) utan aluminiumskärm.

Simuleringar för fyra olika elementära fall gjordes och resultaten jämfördes. De fyra fallen var:

1. Modell med upphängd aluminiumplåt. Plåtytan mot taket var omålad.
2. Modell med upphängd aluminiumplåt. Plåtytan mot taket var målad för att öka dess emissivitet.
3. Modell utan upphängd aluminiumplåt och med ett konventionellt tak.
4. Modell utan upphängd aluminiumplåt och med ett konventionellt tak. En blank aluminiumfolie var applicerad på innertakets yta.

Inverkan av ventilation, aluminiumets emissivitet och värmeförlust studerades. Följande slutsatser kunde dras:

- Antalet timmar med kondensation ökar till 110 % av det ursprungliga värdet då aluminiumets emissivitet ökar från 0,05 till 0,25.
- Ventilationen i utrymmet mellan taket och plåten (space 1 i figur 4.2) har försumbar inverkan på antalet timmar med kondensation. Tredubblas däremot ventilationshastigheten i själva hallutrymmet (space 2 i figur) minskar antalet timmar med kondensation till 88 % av det ursprungliga värdet.
- Beräkningsprogrammet visar att en upphängd aluminiumskärm ökar antalet timmar med kondensation till 146 % av värdet utan aluminiumskärm. I praktiken kommer, enligt Korsgaard & Forowicz [14], en upphängd aluminiumskärm emellertid att minska kondensationsproblemen på ett oisolerat tak, speciellt om skärmytan som är vänd mot

taket är målad. Detta beror på att den mesta kondensation som sker på ett oisolerat tak sker på takets bärande delar så som balkar och balkförband. Dessa delar fanns inte med i datorprogrammet.

- Om aluminiumskärmens yta mot taket är målad minskar antalet timmar med kondensation till 47 % av värdet för en omålad yta och till 69 % av värdet för ett tak utan skärm. Kylbehovet kommer därvid att öka till 120 % av värdet för en skärm med omålad yta. Kylbehovet med en skärm med omålad yta är dock bara 20 % av kylbehovet utan skärm.
- En blank aluminiumfolie fäst mot innertakets yta ökar kylbehovet till 110 % av värdet med målad aluminiumplåt, men antalet timmar med kondensation minskar till 21 % av värdet för modellen utan aluminium, till 31 % av värdet för modellen med målad aluminiumskärm och till 15 % av värdet för modellen med omålad aluminiumskärm.

Trots osäkerheter vad beträffar de fysikaliska processerna i en ishall och trots det relativt enkla datorprogrammet, kan man enligt Korsgaard och Forowicz dra vissa slutsatser utifrån resultaten, eftersom dessa visar vad som i stora drag händer ur fuktsynpunkt och ur termisk synpunkt i en oisolerad ishall. En av de största fördelarna med att använda blanka aluminiumytor för att undvika takkondens i ishallar är att energiåtgången hålls på en låg nivå: ingen extra uppvärmning krävs och därmed inte heller extra energi för att hålla isen tillräckligt kall.

Kommentar: Aluminiumytor ger dålig ljudisolering. Användningen av denna metod torde vara mest lämpad för hallar där man redan har plåttak och där man har problem med kondensation. Ombyggnadskostnaderna blir relativt då låga.

Referenser

- [1] *Ishallar, Underlag för planering och projektering*, Svenska kommunförbundet, Stockholm, 1976.
- [2] Lundberg, Börje, *Rapport ishall med träullstak, en studie av värme- och fuktförhållanden*, BPA Byggproduktion AB, Utvecklingskontoret, 1975.
- [3] Törnros, Claes-Göran, *BPA–Svenska Ishockeyförbundet, Typishall, Handling nr 31*, BPA Byggproduktion AB–Svenska riksbyggen, Stockholm, 1978.
- [4] Vissme, Peter, Skanska Idrott, Växjö. Samtal 1993-02-22 och 1993-04-05.
- [5] *Trällsplattor*, produktinformation, T-produkterna AB, Stockholm, 1991.
- [6] *Svensk Byggnorm 1980*, Statens planverks författningssamling, Stockholm, 1980.
- [7] *Värmeflödesberäkning, Tepro*, Blocon, Lund, 1992.
- [8] Lennart Rääf, T-produkterna AB, Österbymo. Samtal 93-03-18.
- [9] *Bestämning av fuktkvot i rundvirket som utgör armering i träullsplattan, T-taket, vid simhallstak*, uppdragsrapport, Inst. för byggnadsmaterial KTH, Stockholm, 1992.
- [10] Höglund, I et al., *Studies of polyurethan-insulated one-family houses using new building components*, Inst. för Byggnadsteknik, KTH, Stockholm, 1991.
- [11] Hedlund, Jan, *Timrå ishall fick problem med taket*, Byggnadstidningen nr 25, 1981.
- [12] *Surahammars ishall, "Mottryckstak" gav sänkta bränslekostnader*, Byggnadstidningen nr 5, 1977.
- [13] *Världens första bandyhall får ny takkonstruktion*, Byggnadstidningen nr 37, 1984.
- [14] Korsgaard, V. och Forowicz, T., *Thermal Processes in Indoor Icerinks, Computer modelling and cooling load*, *Batiment international/Building Research and Practice*, 1986, v. 14/19, no 6, pp 342-347.