

Rapport – Takkonstruktion simhall i Lund



HS1020 – skademekanismer av fukt (HT 2024)

Grupp 8: Erik Xu, Varman Ratha, Mojtaba Said Hosseini

Lärare: Anders Kumlin

Sammanfattning

Rapporten utgår från att utföra fuktteknisk bedömning av en takkonstruktion på en simhall i Lund. Vi har fått information angående takkonstruktionen från läraren Anders Kumlin och sedan fick vi själva bestämma material som skulle användas för takkonstruktionen. Vi använde oss av programmet WUFI® Pro som hjälpte oss analysera relativa värden som används för att framställa en slutsats.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Innehållsförteckning	3
1. Uppgift	4
2. Förutsättningar	4
3. Fuktteknisk bedömning	4
4. Antaganden	4
5. Metoder	6
5.1 Litteraturstudie	6
5.2 WUFI® Pro	6
6. Bedömningsgrunder [1] & [2]	6
7. Genomförande med beräkningar	7
8. Resultat	9
8.1 FALL 1: Konstruktion med indragen ångspärr:	9
8.2 FALL 2: Egen konstruktion tätskikt med låg Ångmotstånd	10
8.3 FALL 3: Egen konstruktion tätskikt med hög Ångmotstånd 4 miljoner:	11
8.4 FALL 4: konstruktion med konvektion, hög lufttäthet tal = 0,8 lm ² s :	12
Lufttäthet tal(lokal) = 12lm ² s	12
8.5 FALL 5: Konstruktion med konvektion, låg lufttäthets tal = 0,2lm ² s	13
Lufttäthet tal(lokal) = 3 lm ² s	13
Konstruktion med låg lufttäthet tal	14
Felkällor	14
Förslag till lösning	15
Bilageförteckning	16

1. Uppgift

I denna rapport redovisas hur lufttäthet, materialegenskaper hos tätskikten och uppbyggnaden av taket påverkar fuktnivån i takkonstruktionen i Lund. Via konstruktionens uppbyggnad och materialval får vi fram den relativa fuktigheten genom tidsperioden på tre år med olika lufttäthetstal och därav får vi fram bedömningar som presenteras i slutsatsen.

2. Förutsättningar

Lufttätheten beskriver hur mycket luft som kan passera genom en byggnadskonstruktion, vanligtvis genom klimatskalet ^[1]. Fuktnivån är med andra ord relativ fuktighet, RF. RF med matematisk förklaring är kvoten av verklig ånghalt och ånghalt vid mättnad vid given temperatur. På icke matematisk språk betyder det ett mått på mängden vattenånga i luften i förhållande till den maximala mängd vatten(ånga) som luften kan hålla vid en given temperatur ^[1]. Takkonstruktionen på simhallen vi arbetar med är placerad i Lund. Uteklimat är medeltemperatur på 10 °C och genomsnittlig relativ fuktighet är 75% ^[2]. Inomhusklimat är temperatur på 30 °C och 55% relativ fuktighet konstant året runt ^[1].

3. Fuktteknisk bedömning

Simhallar kännetecknas av ett klimat som utsätts för både hög luftfuktighet och hög temperatur. Detta bestäms främst av komfortkraven som kräver en viss relativ fuktighet och temperatur, för att klimatet ska upplevas behagligt ^[3]. Dock så innebär detta att det alltid råder övertryck till följd av termiska drivkrafter ^[4], eftersom lufttrycksförhållandena bestäms av byggnadens höjd samt temperaturskillnaden mellan utomhus- och inomhusmiljön. Utöver detta bidrar det höga temperaturen och luftfuktigheten till en daggpunktstemperatur på approximativt 20 °C. ^[1]

Fukt mässigt innebär det att klimatskalet utsätts för krävande omsättningar, framför allt taket som är utsatt för skador orsakade av fuktkonvektion. Fuktkonvektion innebär att fuktig luft stiger på grund av invändigt övertryck samt otätheter och kondenserar i kontakt med kall yta, i detta fall, takkonstruktioner ^[3]. Eftersom daggpunktstemperaturen i simhallens luft ligger på cirka 20 °C räcker det med att luften möter byggnadsdelar där temperaturen understiger 20 °C för att kondens ska inträffa. ^[1]

4. Antaganden

För att ta reda på hur fukten påverkar takkonstruktionen i en simhall måste vi göra antaganden om takets uppbyggnad. Enligt den givna informationen och kraven ska taket ha följande skikt, från utsidan och in, med lambda värden angivna i tabellen nedan:

Material	Tjocklek (mm)	Värmekonduktivitet, λ -värde (W/mK)	Ånggenomgångsmotstånd Z(s/m)
Utvändigt Skikt	-	-	-
TPR	1	-	
Tätskikt	1	-	5120
Isolering(MU)	500	0,036	36 000
Ångspärr	1	-	2 500 000
Invändigt Skick	-	-	
			$\Sigma Z=2\,945\,468$

5. Metoder

5.1 Litteraturstudie

För att få en bra uppfattning på själva uppgiften och frågeställningen har vi samlat in information angående fukt och lufttäthet via studiematerial vi har fått från läraren Anders Kumlin samt internetet. Litteraturstudie består av faktainsamling på fukt genom föreläsningmaterial och kurslitteratur samt info på lufttäthet inhämtas från internetet.

5.2 WUFI® Pro

Denna rapport utförs med datorprogrammet WUFI® Pro som används för utvärdering av fuktförhållanden i byggnaders klimatskal. WUFI® Pro utför endimensionella hygrotermiska beräkningar på tvärsnitt av byggnadskomponenter, med hänsyn till flera olika faktorer, bland annat, fuktnivån i samband med lufttätheten som är frågeställning till denna rapport. I WUFI® Pro används luftinfiltrationsmodellen IBP för att utvärdera konstruktioners (byggnaders) fuktnivå i samband med lufttäthet. IBP-modellen möjliggör en matematisk uppskattning av mängden fukt som tränger in i inomhusluften till följd av fuktkonvektion. WUFI® Pro specificerar luftflödet i enheten $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, vilket är i enlighet med tysk standard. Den svenska standarden för luftflöde anges dock i $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$. För att omvandla värden från den svenska standarden krävs att man först multiplicerar med 3600 för att konvertera från sekunder till timmar, och därefter dividerar med 1000 för att omvandla från liter till kubikmeter. Däremot tolkar WUFI lufttäthet talet för hela byggnaden och inte för enskilda skikt. I dessa områden kan luftläckaget vara upp till femton gånger större. Därför är det rimligt att multiplicera lufttäthet talet med femton för att simulera hur luftläckaget i ett enskild skikt skulle se ut.^[2]

6. Bedömningsgrunder ^[1] & ^[2]

Vanligt förekommande klimat för en simhall är följande:

- Vattentemperatur 28 °C
- utomhustemperaturen är 10 °C och RF 75%
- Luft i simhall 30 °C, 55% relativ fuktighet (RF)

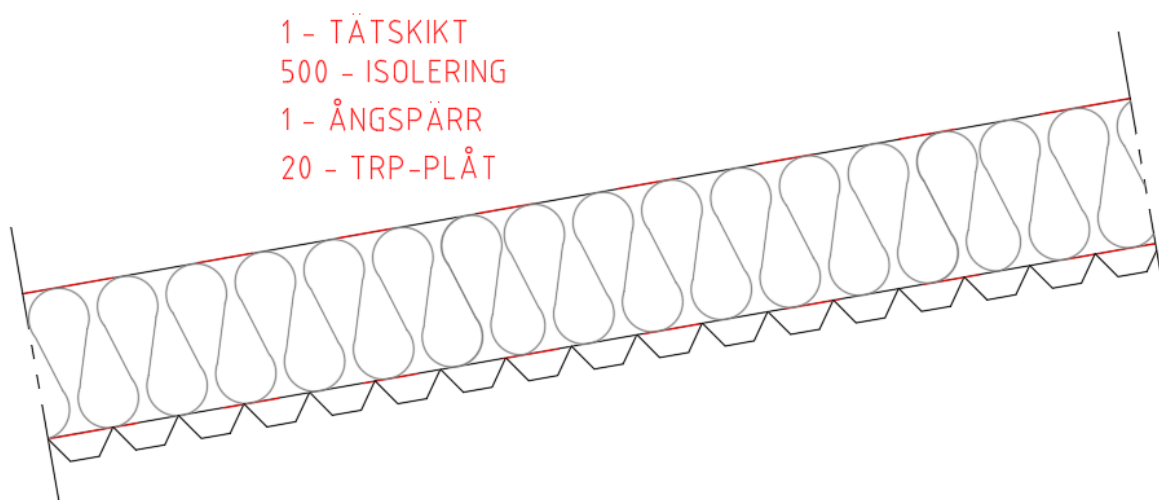
Konstant, hela året.

7. Genomförande med beräkningar

Fem analyser har genomförts i WUFI. Den första(fall 1) analysen fokuserar på en icke-optimal uppläggning av konstruktionen. Den andra och tredje(fall 2,3) analyserna baseras på en optimal uppläggning av takkonstruktionen, där undersöks hur ångmotstånd egenskaperna i tätskikten påverkar den relativa fuktigheten. Den fjärde och femte(fall 4,5) analysen undersöker mängden fuktkonvektion i takkonstruktion, beroende på luftflödet som styr av lufttäthets talet. Lufttäthettal på $0,2 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ anses vara bra enligt upphandlingsmyndigheten ^[2], medan ett högre värde på $0,8 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$, som var den maximalt rekommenderade nivån för simhallar under år 1995 (BBR 1994) ^[8], används som ett mått på dålig lufttäthet i beräkningarna. I bägge fall undersöks även fuktnivån på enskild (lokal) skikt, vilket är 15 gånger större. Alltså kommer ett lufttäthets tal på $3 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ och $12 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ undersökas.

De olika takkonstruktionerna som analyseras är följande: ett tak med indragen ångspärr (fall 1), ett tak med tätskikt med låg ångmotstånd (fall 2), ett tak med tätskikt med hög ångmotstånd (fall 3), ett tak med hög lufttäthet tal (fall 4) samt ett tak med låg lufttäthet tal (fall 5).

Takkonstruktionen som valdes samt användes för att beräkna luftkonvektion visas nedan. För att beräkna det totala värmemotståndet för hela konstruktionen samt u-värdet, utförs följande också samtliga beräkningar:



Material	Tjocklek (mm)	Värmekonduktivitet, λ -värde (W/mK)	Värmeövergång R-Värde(m ² K/W)
Utvändigt Skikt	-	-	0,040
Tätskikt	1	-	0
Isolering(MU)	500	0,034	14,706
Ångspärr	1	-	0
TPR	1	-	0
Invändigt Skick	-	-	0,100
			$\Sigma R=14,846$

$$R = \frac{d}{\lambda}, \quad \text{för varje material, } \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}\right)$$

$$R_{MU} = \frac{0,5}{0,034} = 14,706$$

$$\Sigma R = 14,706 + 0,04 + 0,1 = 14,846$$

$$U = \frac{1}{\Sigma R} = \frac{1}{14,846} = 0,067 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right)$$

Vi fick ett u-värde på ungefär $0,067 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right)$ och det maximalt u-värde för simhallens takkonstruktion är 0.07 enligt upphandlingsmyndigheten. ^[6]

8. Resultat

8.1 FALL 1:Konstruktion med indragen ångspärr:

utifrån→ Inifrån :

Tätskikt → Isolering → Ångspärr → Isolering

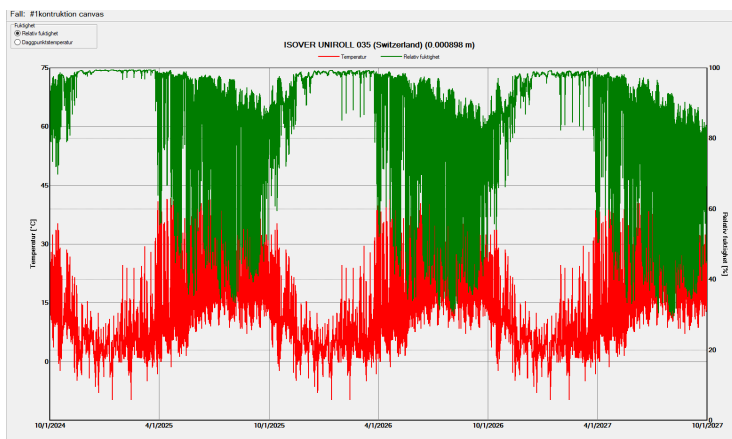
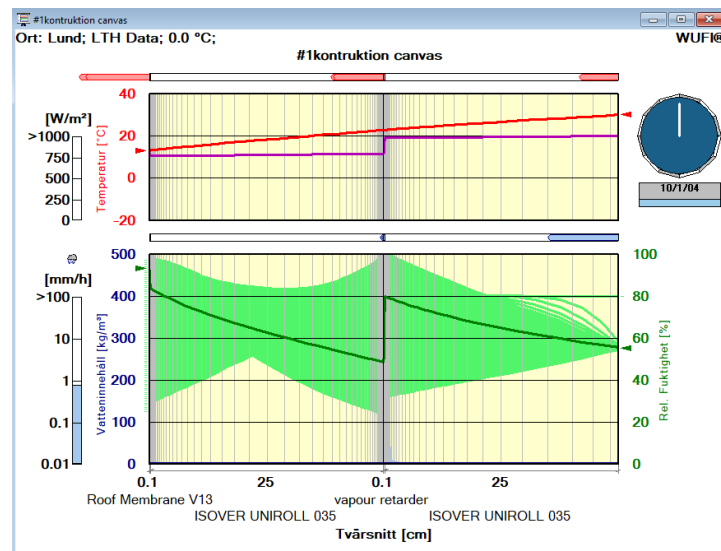


Bild1: Kamera i isolering vid/nära ångspärr, visar temperatur samt relativ fuktighet vid kameran

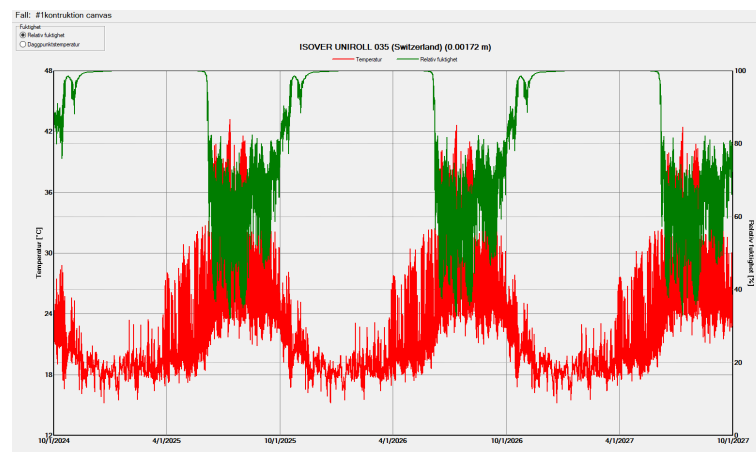


Bild1: Kamera i isolering vid/nära tätskikt, visar temperatur samt relativ fuktighet vid kameran

8.2 FALL 2: Egen konstruktion tätskikt med låg Ångmotstånd

utifrån→ Inifrån :
Tätskikt →Isolering →Ångspärr

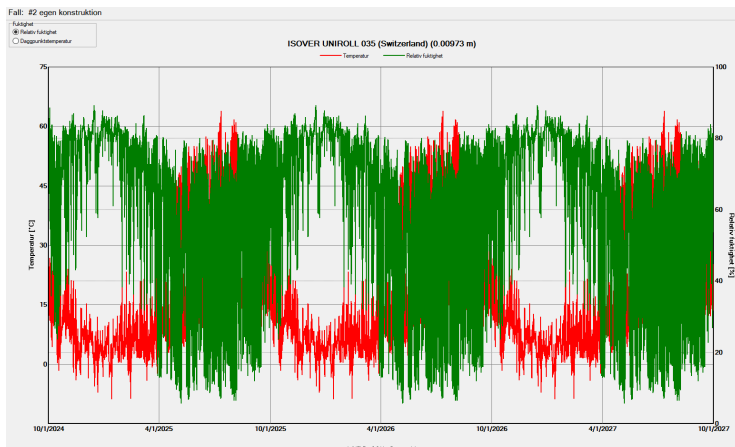
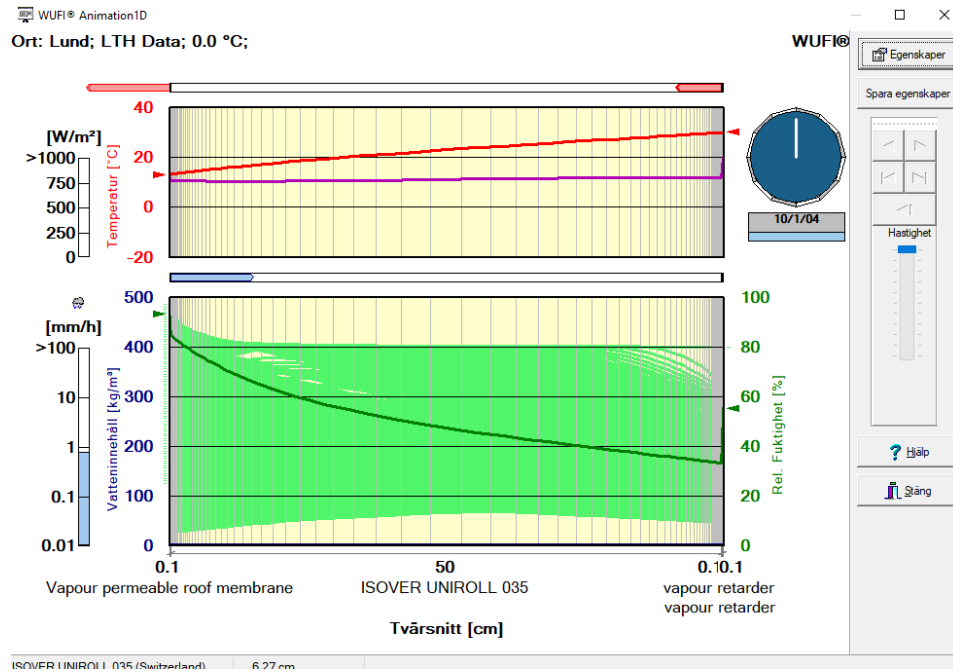
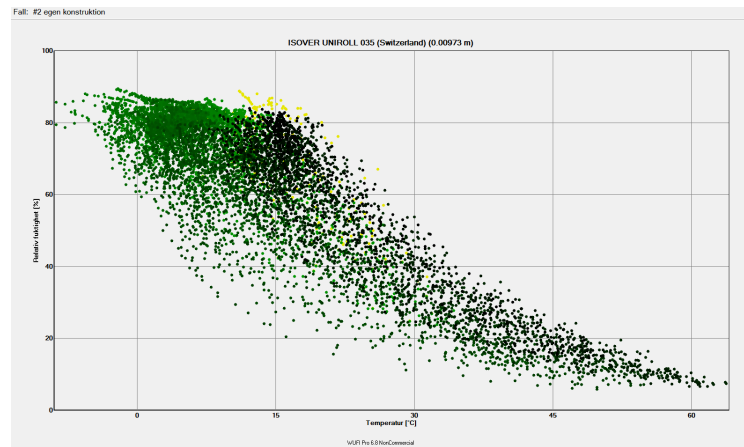


Bild 2: Kamera vid nära utsida isolering, visar temperatur samt relativ fuktighet vid kameran



Relativa fuktigheten vid utsida isolering

8.3 FALL 3: Egen konstruktion tätskikt med hög Ångmotstånd 4 miljoner:

utifrån→ Innifrån : Tätskikt →Isolering →Ångspärr

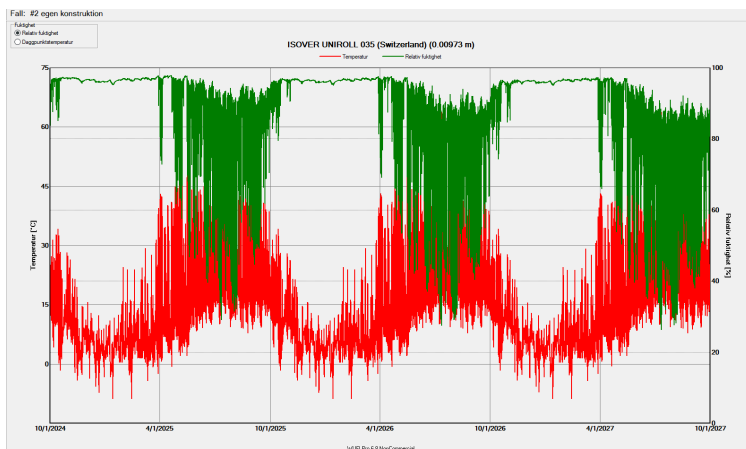
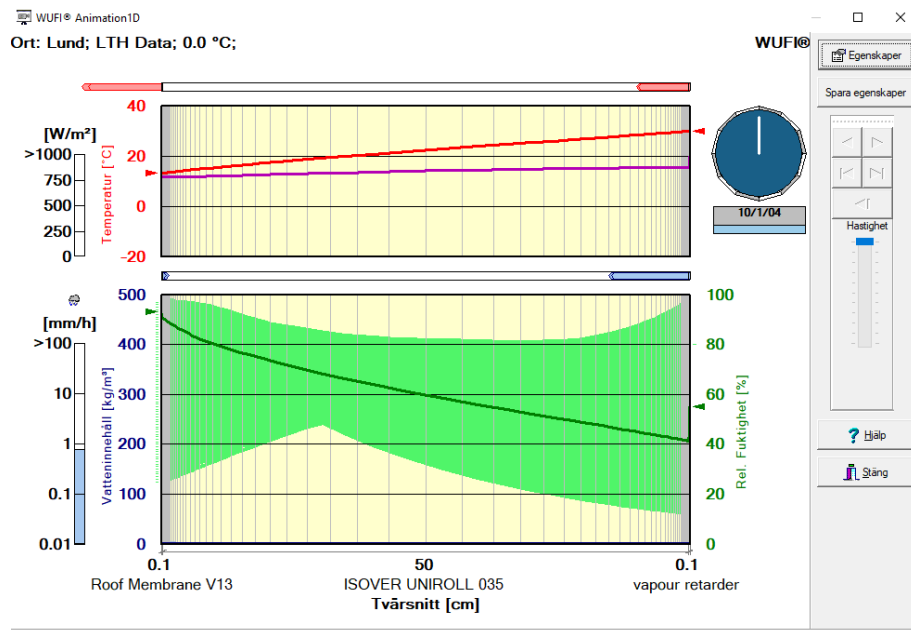
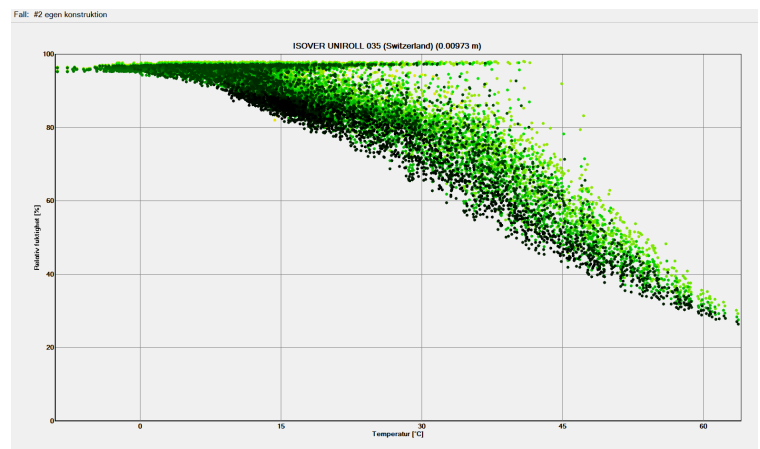
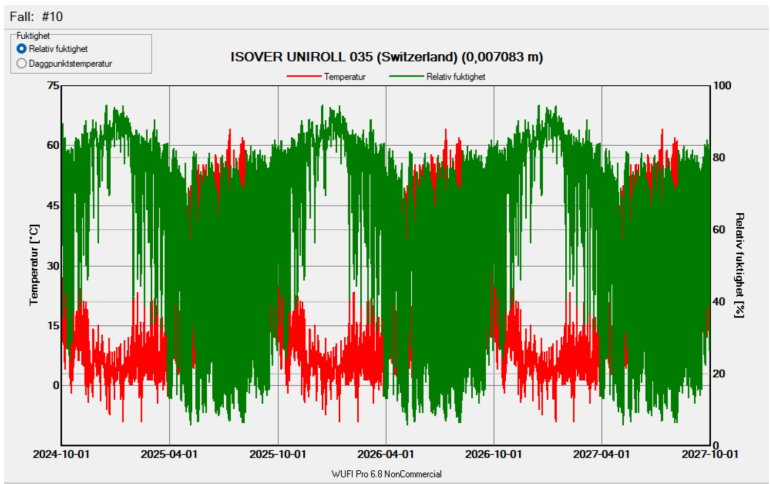


Bild3: Kamera vid nära utsida isolering, visar temperatur samt relativ fuktighet vid kameran

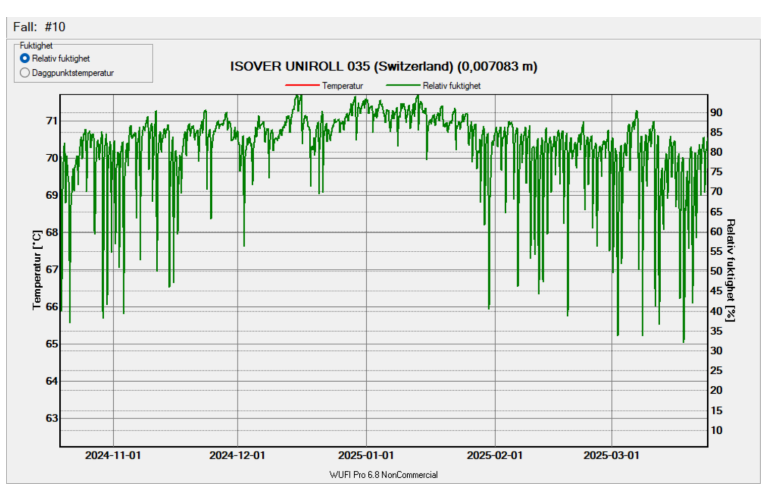


Relativa fuktigheten vid utsida isolering

8.4 FALL 4: konstruktion med konvektion, hög lufttäthet tal = $0,8 \frac{l}{m^2 \cdot s}$:

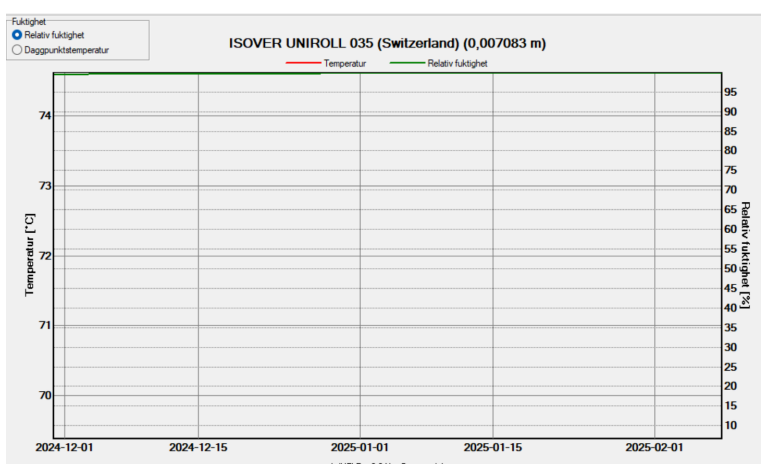
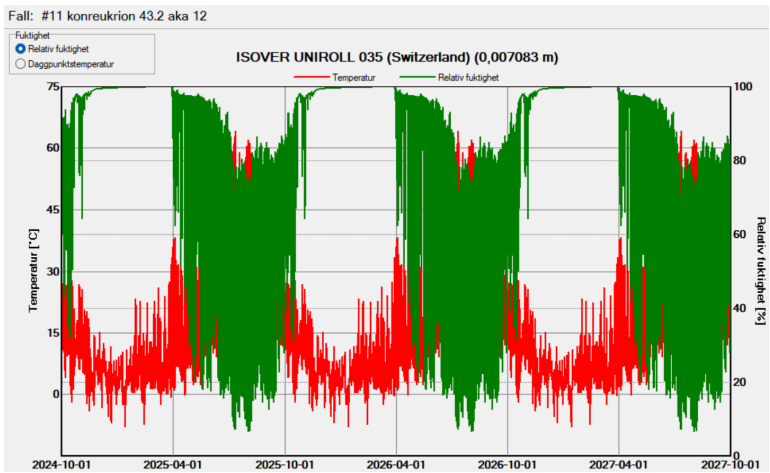


RF i isolering vid tätskikt

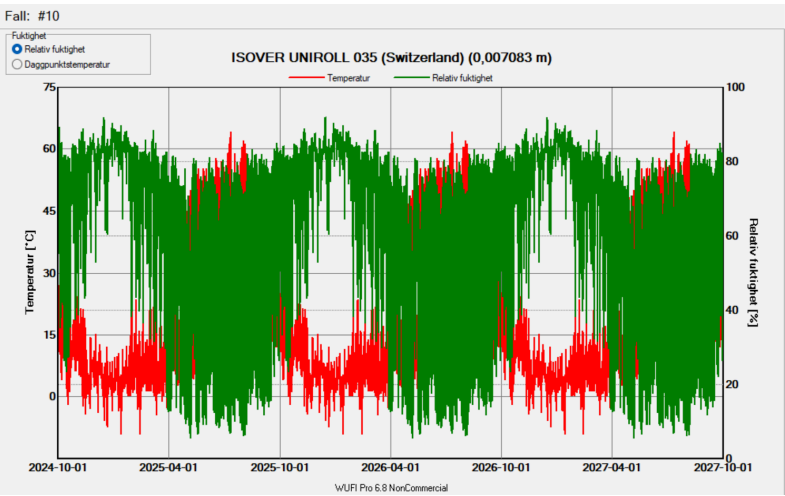


Närbild av grafen vid vintertid

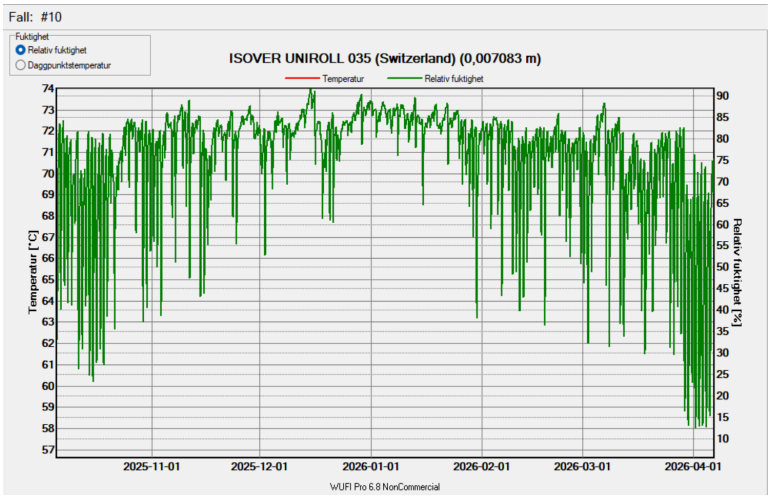
Lufttäthet tal(lokal) = $12 \frac{l}{m^2 \cdot s}$



8.5 FALL 5: Konstruktion med konvektion, låg lufttäthets tal = $0,2 \frac{l}{m^2 \cdot s}$

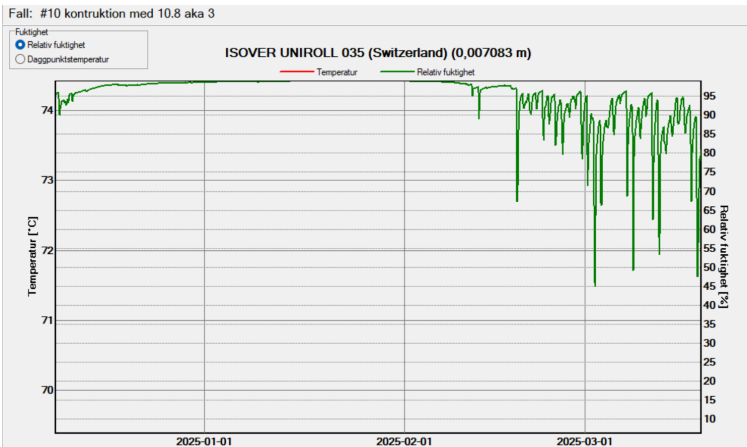
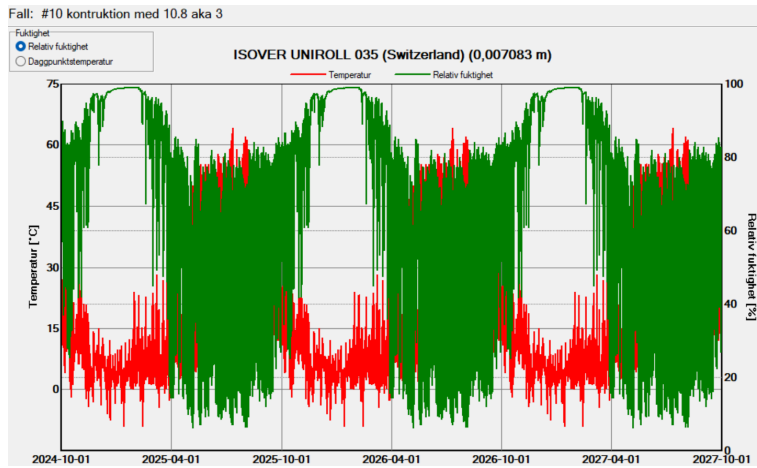


RF i isolering vid tätskikt



Närbild av grafen vid vintertid

Lufttäthet tal(lokal) = $3 \frac{l}{m^2 \cdot s}$



Slutats :

Konstruktion med indragen ångspärr

Denna takkonstruktion resulterade i kondensbildning under vintertid, både vid ångspärrens insida och vid tätskiktet. Det indragna ångspärren tillåter fukt att transporteras in i konstruktionen och kondenserar på kalla ytor, vilket kan/kommer leda till fuktproblem och fuktskador med tiden. Under sommartiden varierade den relativa fuktigheten i isoleringen mellan 40 % och 80 % nära ångspärren, och mellan 40 % och 90 % nära tätskiktet.

Konstruktion med tätskikt med lågt ångmotstånd

För konstruktionen med tätskikt med lågt ångmotstånd var den relativa fuktigheten i isoleringen högst under vinterperioden. Under vintern varierade RF mellan 60 % och 80 % vid tätskiktet. Trots att fuktigheten var hög skedde ingen kondensbildning. Tätskiktets låga ångmotstånd tillåter viss fukt att ventileras ut, vilket kan ha förhindrat kondens. Eftersom den relativa fuktigheten var hög under vintertid så innebär det inte risk för fuktskada.

Konstruktion med tätskikt med högt ångmotstånd

För takkonstruktion med tätskikt med högt ångmotstånd resulterade i kondens i isoleringen vid tätskiktet under vintertid. Tätskiktets höga ångmotstånd hindrar fukt från att ta sig ut ur konstruktionen, vilket leder till att kondens när temperaturen sjunker. Isoleringen i denna konstruktionen utsätts mögel risk och försämrade isoleringsförmåga.

Konstruktion hög lufttäthet tal

För takkonstruktioner med hög lufttäthet tal resulterade det i kondens i isoleringen vid tätskiktet under vintern. Det höga lufttäthet talet gör att mer varm luft från insidan når det kalla skiktet/tätsskikt, vilket leder till kondensbildning. Detta innebär att isoleringen i denna konstruktion riskerar att utsättas för mögel och förlorar sin isoleringsförmåga.(fall 4, konvention)

Konstruktion med låg lufttäthet tal

För takkonstruktioner med låg lufttäthet uppstod det inte lika mycket kondens i isoleringen vid tätskiktet som i fall 4 under vintern. Den låga lufttätheten släpper inte ut lika mycket varm luft från insidan till det kalla skiktet, vilket minskar risken för kondens. Därför har vi i detta fall inte lika mycket varm luft vid tätskiktet, vilket leder till mindre kondens.(fall 5, konvention)

Felkällor

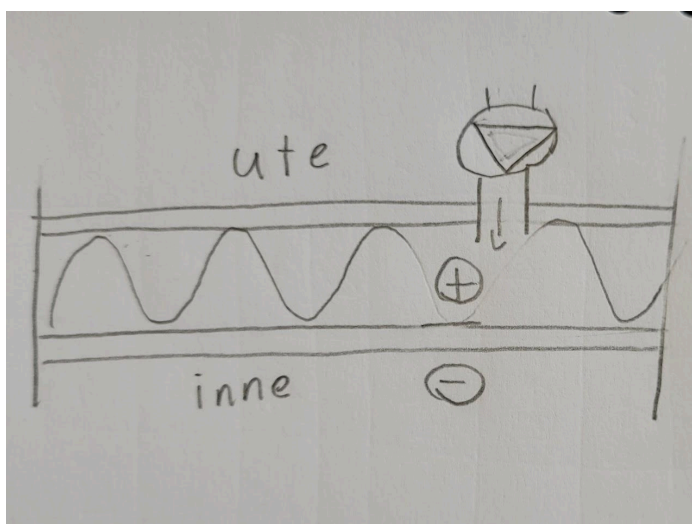
Beräkningar rörande konvektion vid enskild skikt i takkonstruktionen multiplicerade vi lufttäthetstalet med femton för att få resultaten på ett enskild (lokalt) skikt. Detta kan dock

vara fel beroende på hur man tolkar nedanstående text från wufi angående luftinfiltrationsmodellen IBP ^[2]

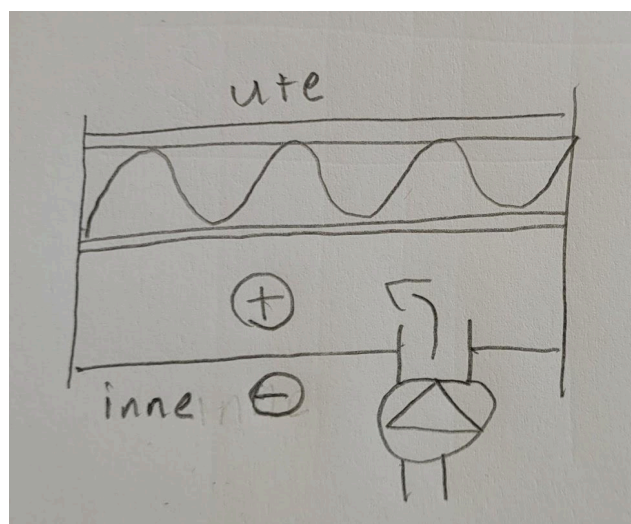
“However, practical measurements usually determine the total air flow through the whole building envelope, not the air flow through the building component under investigation. Based on empirical determinations of infiltrated amounts of water it is assumed here that the mean flow density through the standard cross-section of a component is about a factor 15 smaller than the mean flow density through the whole building envelope (comprising also windows, doors, joints between building components and other leaks).”

Förslag till lösning

För att minska risken för fuktskador i takkonstruktionen på grund av fuktkonvektion kan ett par åtgärder tillämpas. Att säkerställa en lufttät konstruktion minskar både risken för vattenläckage och förutsättningarna för fuktkonvektion. Utöver det så kan man se till att det råder undertryck på takkonstruktionens insida och övertryck i förhållande till inneluften. Detta kan uppnås genom att blåsa in uppvärmd uteluft i en luftspalt över isoleringen, eller genom att skapa ett utrymme under taket med övertryck i förhållande till simhallen. Det är dock viktigt att den luft som blåses in är avfuktad och varm, för att undvika risken för fuktskador. Genom att säkerställa ett övertryck gentemot inneluften så innebär det att vi eliminerar fuktkonvektion och kondens på grund av konvektion av fuktig inomhusluft. ^[5]



Övertryck med hjälp av inblåsning av luft över isoleringen^[4]



Övertryck genom utrymme under tak^[4]

Bilageförteckning:

1. Föreläsningar (Anders Kumlin, Ingrid Johansson)
2. WUFI® Pro
3. Fukthandboken, Praktik och teori, Utg 4. Arfvidsson Jesper, Harderup Lars-Erik, Samuelson Ingemar
4. Badhus och spaanläggningar Fuktsäkerhet i klimatskalet (diva-portal.org)
5. FULLTEXT01.pdf (diva-portal.org)
6. Hållbarhetskrav för Klimatskärm och U-värden | Upphandlingsmyndigheten (u värde max)
7. Hållbarhetskrav för Lufttäthet | Upphandlingsmyndigheten (lufttäthetskrav)
8. <https://hallbaratrahus.se/teknisk-lufttathet.php>