

Fuktproblem i tak till följd av solceller

Risker med skuggning av takkonstruktioner



Om oss

- Anton Eliasson & Pontus Flygring
- KTH Byggt teknik & Design, 2023
- Examensarbete med inriktning fukt
- Handledare: Anders Kumlin



EXAMENSARBETE INOM BYGGTEKNIK OCH DESIGN
GRUNDNIVÅ 15 HP
STOCKHOLM, SVERIGE 2023

Fuktproblem i tak till följd av solceller

Risker med skuggning av
takkonstruktioner

Moisture related damages caused by Photovoltaic modules
Risks with shading of roof structures

Författare:	Anton Eliasson, Pontus Flygring
Handledare:	Anders Kumlin
Examinator:	Magnus Helgesson
Examensarbete:	15,0 Högskolepoäng inom Byggt teknik och Design

Dagens Presentation



1. Introduktion till arbetet med bakgrund
2. Studie från San Diego, USA
3. Strålning
4. Studie från Fraunhofer IBP, Tyskland
5. Byggtekniska förutsättningar
6. Parameterstudie i WUFI PRO 6.7
 - a. Parallelltak
 - b. Varmt tak
7. Resultat
8. Avslut

Introduktion



- HS1020 Skademekanismer av fukt
- Undersökte högsta möjliga inbyggnadsfuktkvot råspont i ett ventilerat tak
- Låg inbyggnadsfuktkvot -> men kritiska värden?
- Kan solcellerna faktiskt kan leda till fuktproblem, är detta verkligen uppmärksammat och reglerat?

Syfte och Mål



Målet med studien var att:

- Undersöka om installation av solceller kan påverka de fukttekniska förhållandena hos två olika takkonstruktioner med underlagsspont i trä.

Frågeställning:

- Kan förhindrad solstrålning orsaka fuktproblem i tak?

Avgränsningar

- Enbart takkonstruktioner med underlagsspont i trä
 - Varmt tak
 - Parallelltak

Infästning och köldbryggor

Avgränsningar - Varför inte kallvind?



WUFI Pro 6.7 - utmaningar med simuleringar

- Programmetts begränsningar vid takuppbyggnad
 - Mer tillförlitliga klimatdatafiler för utomhus- respektive inomhusklimat
- Vindsklimatet - Komplex
 - Luftflöden
 - Konvektionsförluster
 - Otätheter

Marknaden

Antal nätanluta anläggningar < 20kW

63,7 % ökning mellan 2021 och 2022

73,9% ökning mellan 2022 och 2023

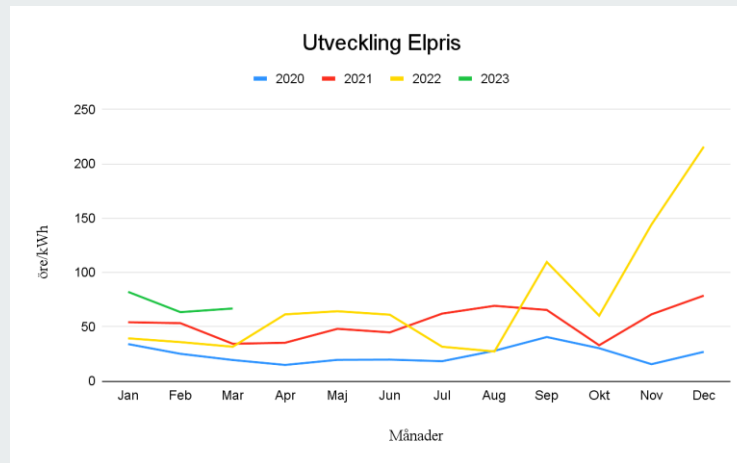
Skattereduktion för grön teknik:

20 % för nätanlutet solcellssystem

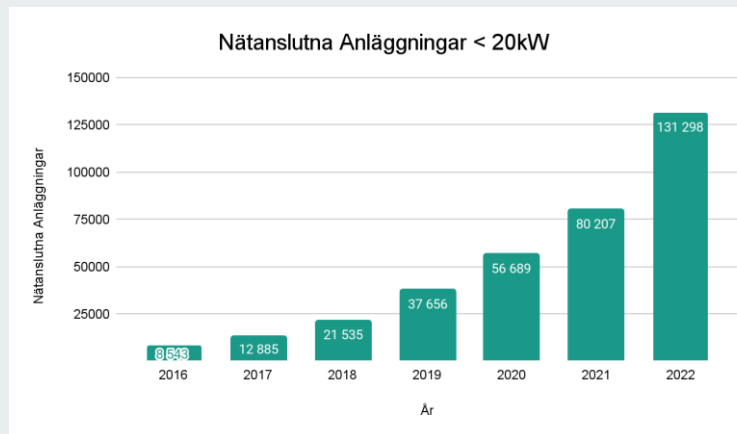
50 % för installation av system för lagring

50 % för installation av laddningspunkt för elfordon

Hinner vi med att återföra erfarenhet?



Prishistorik över Rörligt elpris - Nord Pool, Den nordiska elbörsen - Vattenfall.se (2023)



Energimyndigheten.se (2023)

Riktlinjer och stöd

- Variation i kvalite och brist på standardisering
- Begränsad erfarenhet och kunskap hos beställaren
- Långsiktig hållbarhet och livscykelkostnader

1 Undersök förutsättningarna

- ☐ Är ditt tak i gott skick eller behöver det renoveras? Om du behöver renovera är det smidigast att göra det först eftersom solcellsanläggningen troligen kommer att finnas kvar på taket länge. En generellt beräknad livstid för en solcellsanläggning är 25–30 år.
- ☐ Ta reda på vilket väderstreck ditt tak vetter mot, vilken lutning det har och om taket skuggas av träd eller liknande.
- ☐ Uppskatta hur stor yta du har att placera solcellerna på.
- ☐ Kontrollera om du behöver bygglov. För att ta reda på om du behöver bygglov, samt för att ansöka om bygglov, behöver du ta kontakt med kommunens byggnadskontor.
- ☐ Ta reda på vad du har för taktyp och om det finns plats för en kranbil eller byggnadsställning intill huset. Du kan behöva uppgä den informationen vid en offertförfrågan.
- ☐ Tänk igenom hur din budget ser ut och hur mycket pengar du vill investera. På Solelportalen kan du läsa mer om vilka stöd och intäkter du kan få.
- ☐ Ta reda på hur stor din elanvändning är och hur stor huvudsäkring är. Det är utgångspunkten för att välja hur stor solcellsanläggning du vill installera.
- ☐ Kontrollera att det finns kapacitet att ansluta din solcellsanläggning till elnätet innan du går vidare med inköpet. Läs mer på Solelportalen.

Tänk på att det kan tillkomma kostnader och ta längre tid att installera din solcellsanläggning om du behöver höja din säkring mer än vad din nuvarande anslutningskapacitet tillåter.



2 Kontakta leverantörer

- ☐ Hitta en leverantör. På Solelportalen hittar du mer information om certifierade leverantörer. För att hitta leverantörer i ditt område kan du gå via branschorganisationen Svensk Solenergi.
- ☐ Gör en offertförfrågan. På Solelportalen finns en mall som du kan använda dig av.
- ☐ Ta in offerter. En rekommendation är att ta in minst tre stycken offerter.
- ☐ Jämför offerterna. En bra tumregel är att jämföra priset på anläggningen baserat på installerad effekt (kr/kW). Se också över:
 - leveranstid och leveransvillkor
 - kostnader för montering, samt lyft av material och/eller byggnadsställning
 - att fabrikat och modellnummer för solcellspaneler, växelriktare och montagesystem är med i offerten.
- ☐ Du kan få stöd av din kommuns energi- och klimatrådgivare om du behöver hjälp att utvärdera offerterna. Det kostar inget att ta hjälp av energi- och klimatrådgivaren och hen ger opartisk information och råd. På Solelportalen hittar du kontaktuppgifter till energi- och klimatrådgivare i hela landet.

Svensk Solenergi:
www.svensksolenergi.se > Medlemsföretag
Energi- och klimatrådgivare:
www.solelportalen.se > Kom i kontakt med lokal rådgivare
Kontrollera elnätskapacitet: www.solelportalen.se >
Så undersöker du förutsättningarna för sol



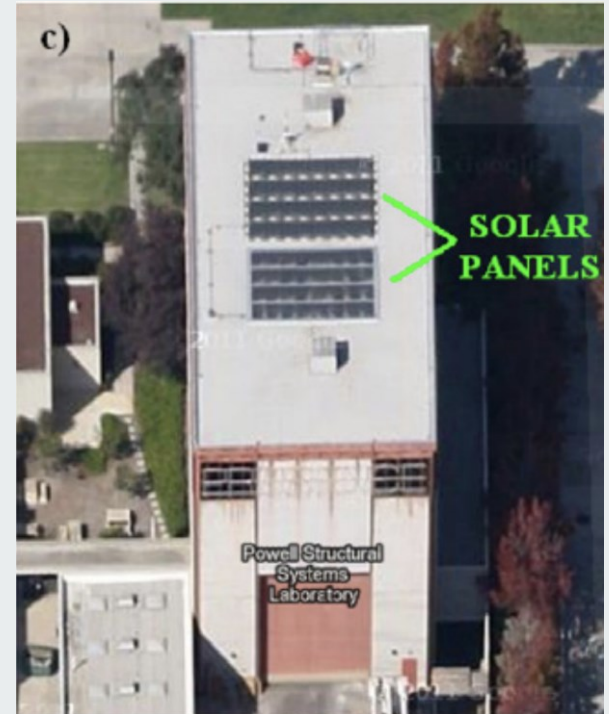
Termiska effekter solcellsmontering på industritak

Studie från San Diego, USA, undersöker hur solcellsinstallationer påverkar takets temperatur och byggnadens kylbehov

Två installationstyper:

- **Horisontell montering:** solceller direkt mot taket
- **Vinklad montering:** solceller 0,10 m ovan taket, vinklade $4,4^\circ$ söderut

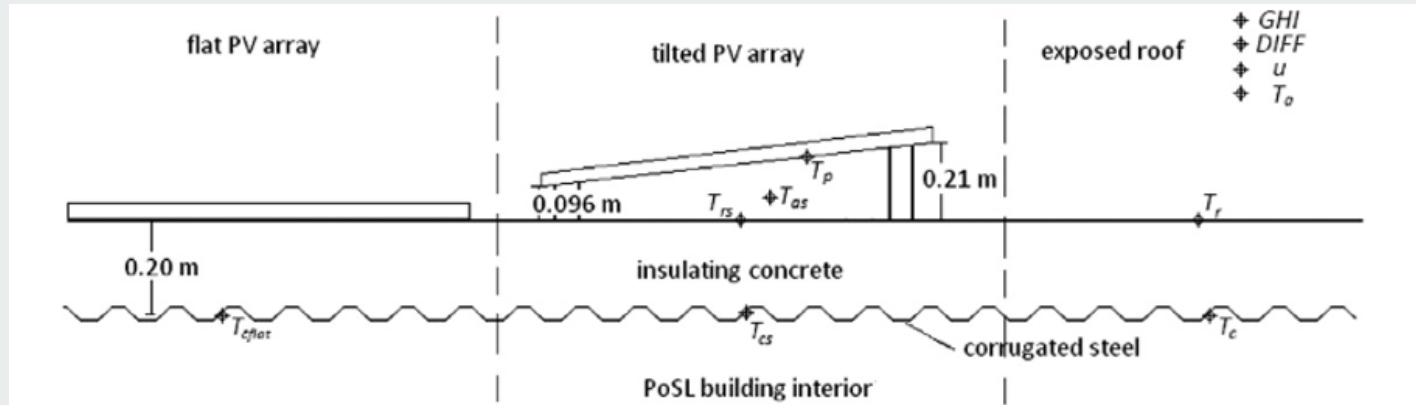
Takstruktur: 20 cm tjockt sandwich-betongtak med korrugerat stål



Experimentuppställning - flygfoto (Luvall et al., 2011).

Mätmetoder och insamlade data

- Mätpunkter med externa temperatursensorer
- Lufttemperatur under vinklade solceller mäts 0,10 m ovan tak
- Invändiga taktemperaturer med termisk infraröd kamera
- Data från väderstation för den exponerade takytan
- Data insamlad under tre dagar; analyserad data från en klar dag



Vertikal tvärsnitt med schematisk illustration över externa mätpunkter (Luvall et al., 2011).

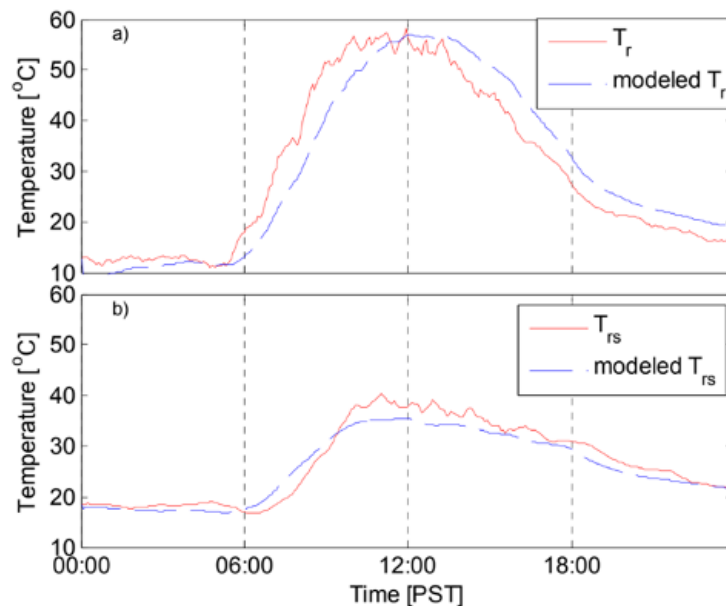
Dag- och nattemperatur

Dagstemperatur:

- Yt-temperaturen under vinklade solceller är ca 20°C lägre än exponerad yta
- Orsaker: skuggning och luftcirkulation under panelerna

Nattetid:

- Takytan under vinklade solceller är varmare på natten pga. skydd mot nattutstrålning



Uppmätta samt modellerade temperaturer för två mätpunkter
(Luvall et al., 2011)

Invändig temperatur och slutsatser

Invändig taktemperatur skiljer upp till 2,5°C mellan olika monteringsstyper

Störst skillnad mellan exponerat tak och vinklad montering

Horisontell montering ger högre nattvärme pga. isolerande luftlager

Slutsatser:

- Vinklade solceller minskar dagstemperaturen och kylbehovet

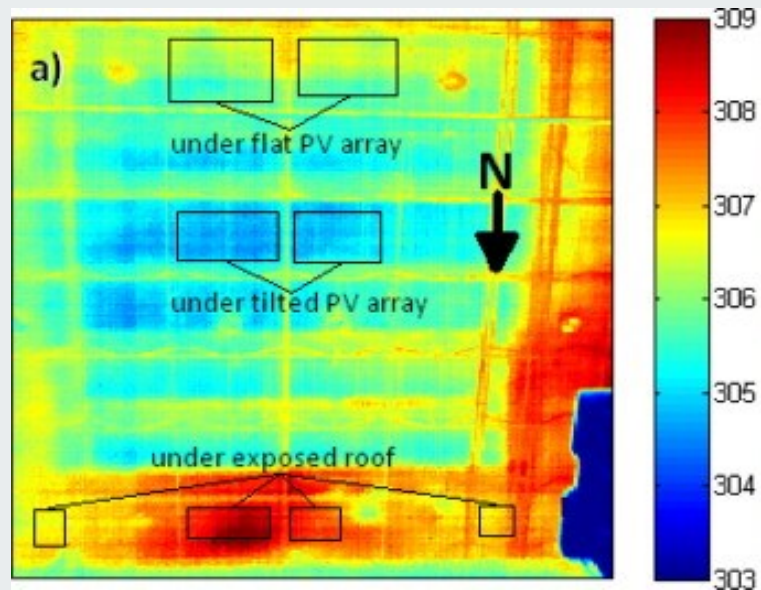
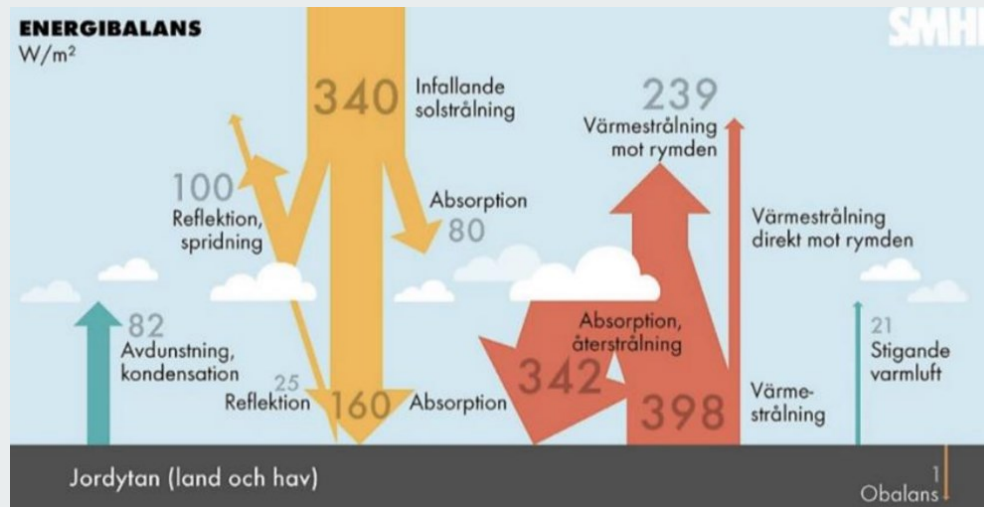


Bild tagen med IR kamera över innertak, färgskala motsvarar grader Kelvin (Luvall et al., 2011)

Explicit strålningsbalans

- Solinstrålning
- Nattutstrålning
- Detaljerad data för globalstrålning
- Saknas data för uppåtriktade flödena i strålningsbalansen



SMHI, 2022

Fraunhofer IBP, Tyskland

Ökad användning av takytor i takt med att städer växer

- Takterrasser & Solcellsanläggningar

Temperaturen är avgörande för torkningsbeteendet i oventilerade platta tak

- **Vintertid:** Fukt tränger in via diffusion och konvektion
- **Sommartid:** Fukt måste torka ut inåt via omvänd diffusion

Skuggning av takytan resulterar i en minskad temperatur på ytan

- Kortvågiga solstrålningen ligger till grund för uppvärmning
- Reducering av inkommande strålning ger en minskad uttorkningskapacitet

Studien utför två försök över en treårig period

- Mätpunkter och väderstation användes
- Registrerade variabler:
 - Utomhustemperatur och relativ fuktighet
 - Global och diffus strålning
 - Atmosfärisk motstrålning
 - Vindriktning och vindhastighet



Experimentuppställning med mätpunkter (Bludau et al., 2014)

Fraunhofer IBP, Tyskland

Analysresultaten ligger nu till grund för inställningar i simuleringsprogrammet

Skuggningseffekten påverkan på takets egenskaper resulterar i reduktionsfaktorer:

- **Absorption:** 0,3
- **Emission:** 0,5

Klimatdata och Nattutstrålning:

- För bästa simuleringsresultat krävs klimatdata med nattutstrålningsinformation
- Om ej tillgängligt: Programmet använder **molnindex på 0,66** för att reducera långvågig atmosfärisk motstrålning

Taktäckningens påverkan:

- Absorption och emission varierar beroende på takets material och färg

för absorptionsförmåga [-] 1.0

för emissivitet [-] 1.0

Explicit strålningsbalans ☒

Skuggning från vertikalt hinder (WTA 6-8)

Skuggning genom vertikalt hinder (WTA 6-8)

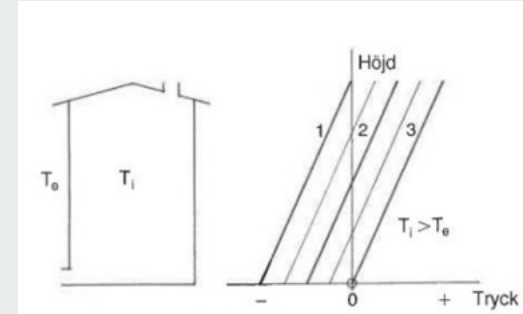
Skuggning från rackmonterade PV-moduler. Factor absorptivity = 0.3 Factor emissivity = 0.5

Olika fukttekniska förutsättningar

- Ventilation
- Tryckförhållande
- Luftfuktighet inomhus

Beroende av:

- Byte av uppvärmningssystem
- Fönsterbyte
- Förändrat nyttjande



Arfvidsson et al., 2017



Strandberg & Lavén, 2018

Parameterstudie - upplägg och inställningar



Två studier med varierande parametrar i WUFI Pro 6.7

Parallelltak:

- Totalt 10st simuleringar
- Reduktionsfaktorer till följd av skuggning
 - Med och utan
- Luftinfiltrationsmodell IBP - Simulera konvektion
 - Klass A - $1.0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$
 - Klass B - $3.0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$
 - Klass C - $5.0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$
- Antalet omsättningar i luftspalt
 - 1 oms/h
 - 20 oms/h
 - 40 oms/h
- Grundfall: Inga reduktionsfaktorer till följd av skuggning, 20 oms/h i luftspalt, Luftinfiltrationsmodell IBP Klass A

Varmt tak:

- Totalt 6st simuleringar
- Reduktionsfaktorer till följd av skuggning
 - Med och utan
- Luftinfiltrationsmodell IBP - Simulera konvektion
 - Klass A - $1.0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$
 - Klass B - $3.0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$
 - Klass C - $5.0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$
- Grundfall: Inga reduktionsfaktorer till följd av skuggning, Luftinfiltrationsmodell IBP Klass A

Parameterstudie - upplägg och inställningar

Två studier med varierande parametrar i WUFI Pro 6.7

Varmt tak								
Material	Typ	Tjocklek [mm]	Skrymd ensitet	Porositet [m3/m3]	Specifikvärme kapacitet	Värmeledning sförmåga,	Diffusionsm otstånd [-]	Temp-ber. Värmeledning.
Roofmembrane V13	Bitumenpapp	1	2400	0,001	1000	0,5	100000	$2,00 \cdot 10^{-4}$
Gran, Tangentiellt	Råspont	22	430	0,73	1600	0,14	83,3	$2,00 \cdot 10^{-4}$
ISOVER GW Integra ZKF - 035	Mineralull	220	21	0,95	840	0,035	1	$2,00 \cdot 10^{-4}$
PE-Membrane (Poly; 0.07 perm)	PE-Folie	1	130	0,001	2300	2,3	50000	$2,00 \cdot 10^{-4}$
ISOVER GW Integra ZKF - 035	Mineralull	70	21	0,95	840	0,035	1	$2,00 \cdot 10^{-4}$
Gipsskiva invändig	Gips	13	625	0,73	850	0,2	8,33	$2,00 \cdot 10^{-4}$

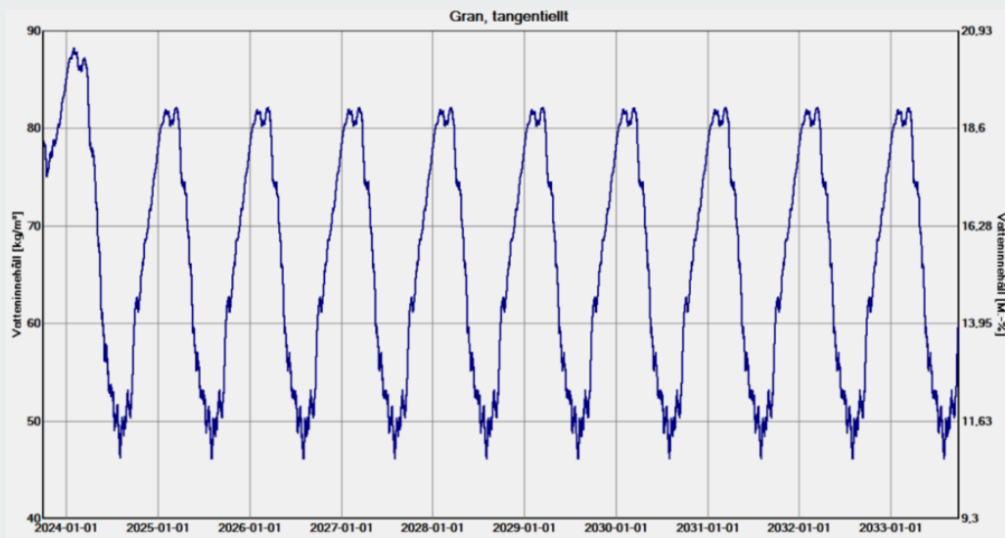
Parallelltak								
Material	Typ	Tjocklek [mm]	Skrymd ensitet	Porositet [m3/m3]	Specifikvärme kapacitet	Värmeledning sförmåga,	Diffusionsm otstånd [-]	Temp-ber. Värmeledning.
Roofmembrane V13	Bitumenpapp	1	2400	0,001	1000	0,5	100000	$2,00 \cdot 10^{-4}$
Gran, Tangentiellt	Råspont	22	430	0,73	1600	0,14	83,3	$2,00 \cdot 10^{-4}$
Air Layer 30mm	Luftspalt	30	1,3	0,99	1000	0,18	0,46	-
Duk av Laminert polypropylen	Vindspärr/vind	1	130	0,001	1500	3	25	$2,00 \cdot 10^{-4}$
ISOVER GW Integra ZKF - 035	Mineralull	220	21	0,95	840	0,035	1	$2,00 \cdot 10^{-4}$
PE-Membrane (Poly; 0.07 perm)	PE-Folie	1	130	0,001	2300	2,3	50000	$2,00 \cdot 10^{-4}$
ISOVER GW Integra ZKF - 035	Mineralull	70	21	0,95	840	0,035	1	$2,00 \cdot 10^{-4}$
Gipsskiva invändig	Gips	13	625	0,73	850	0,2	8,33	$2,00 \cdot 10^{-4}$

Resultat - Parallelltak

Parallelltak:

Fall 3: Reduktionsfaktorer till följd av skuggning
- Rackmonterade PV-Moduler, 20 oms/h i
luftspalt, Luftinfiltrationsmodell IBP Klass A.

- Låg risk
- Uteluften är fuktkällan
- Jämvikt med sin omgivning



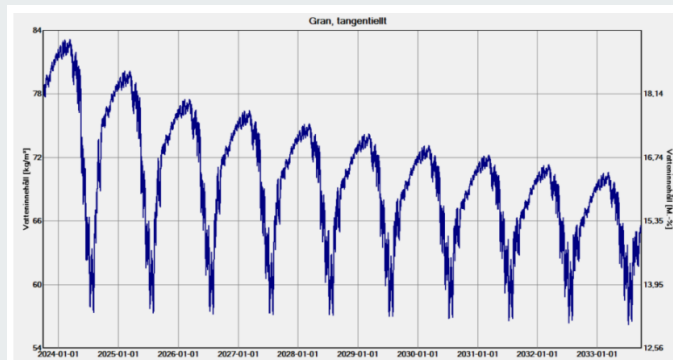
Resultat - varmt tak utan solceller

Varmt tak - fall 1:

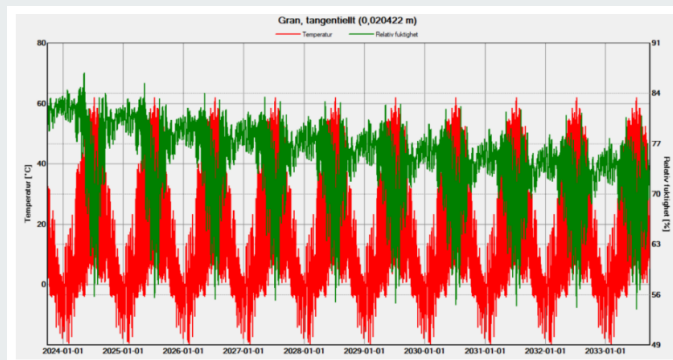
Fall 1 - Grundfall – Inga reduktionsfaktorer till följd av skuggning, inställning för rackmonterade PV- moduler utelämnas. Luftinfiltrationsmodell IBP Klass A ($1.0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$)

→ Inga tecken på uppfuktning eller kritiska värden i konstruktionen

→ Granen når efter några år av uttorkning jämvikt med sin omgivning



Vatteninnehåll i gran, tangentiellt. [kg/m³], [%]



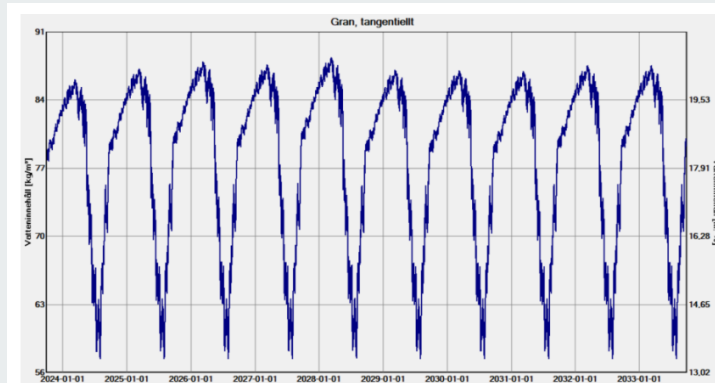
Relativ fuktighet och temperatur i gran, tangentiellt [°C], [%]

Resultat - varmt tak utan solceller

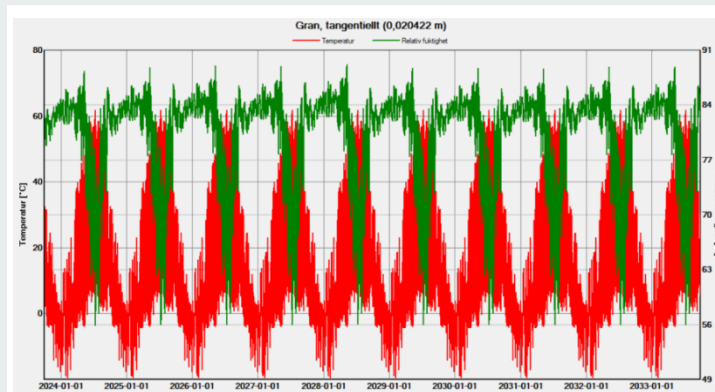
Varmt tak - fall 2:

Fall 2: Inga reduktionsfaktorer till följd av skuggning, inställning för rackmonterade PV- moduler utelämnas.
Luftinfiltrationsmodell IBP Klass B ($3.0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$)

→ Simuleringen påvisar en hög fuktkvot i råsponten men torkade ut och befann sig i jämnvikt med omgivningen efter ett antal år.



Vatteninnehåll i gran, tangentiellt. [kg/m³], [%]



Relativ fuktighet och temperatur i gran, tangentiellt [°C], [%]

Resultat - varmt tak utan solceller

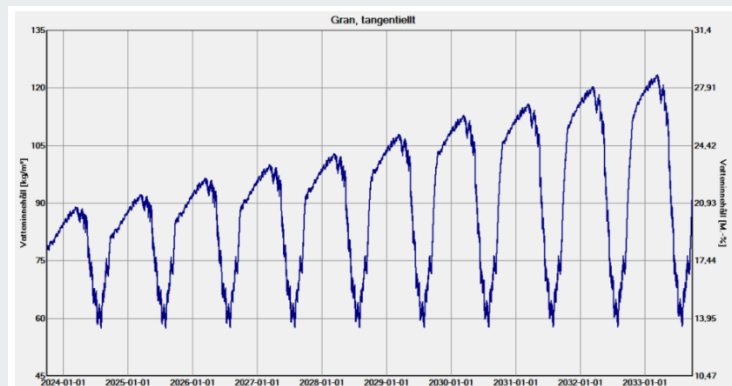
Varmt tak - fall 3:

Fall 3: Inga reduktionsfaktorer till följd av skuggning, inställning för rackmonterade PV- moduler utelämnas.

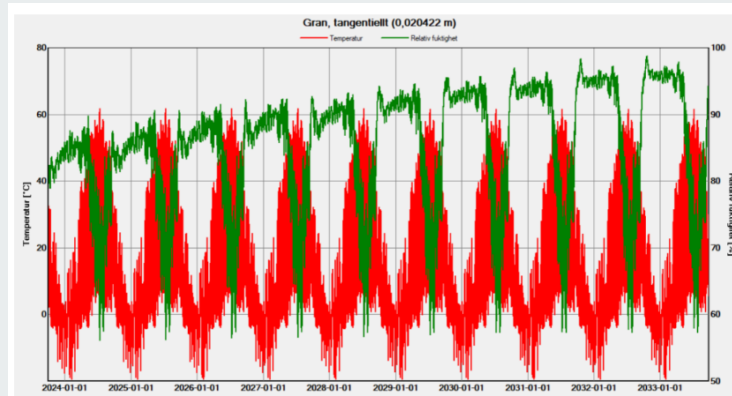
Luftinfiltrationsmodell IBP Klass C ($5.0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$)

→ Simuleringen påvisade en uppfuktande trend och uppvisade tidigt kritiska värden.

→ Visar på hur känslig konstruktionen är för konvektionsförluster



Vatteninnehåll i gran, tangentiellt. [kg/m^3], [%]



Relativ fuktighet och temperatur i gran, tangentiellt [$^{\circ}\text{C}$], [%]

Resultat - varmt tak med solceller

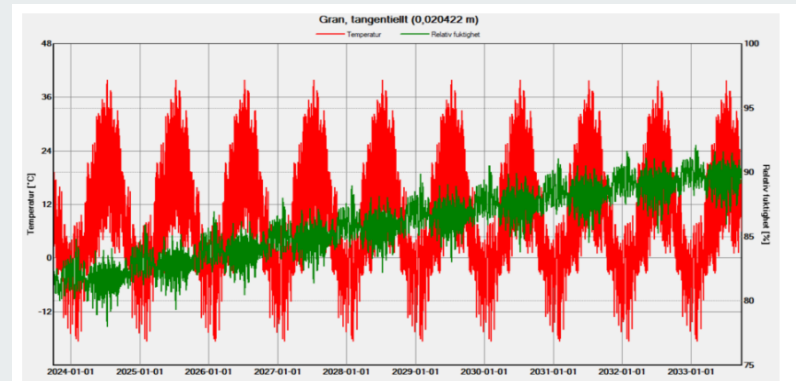
Varmt tak - fall 4:

Fall 4: Reduktionsfaktorer till följd av skuggning -
Rackmonterade PV-Moduler, Luftinfiltrationsmodell IBP
Klass A ($1.0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$)

→ Simuleringen påvisar en uppfuktande trend och
uppvisade tidigt kritiska värden.

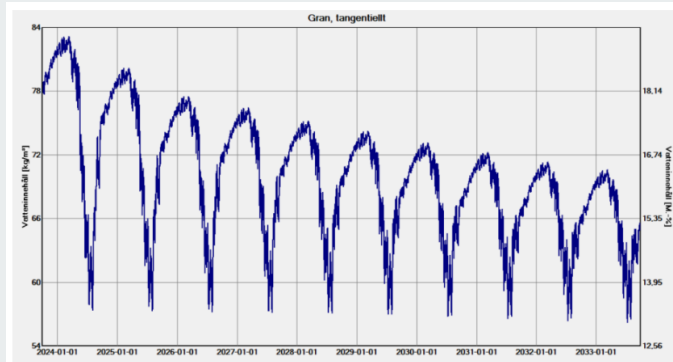


Vatteninnehåll i gran, tangentiellt. [kg/m^3], [%]



Relativ fuktighet och temperatur i gran, tangentiellt [$^{\circ}\text{C}$], [%]

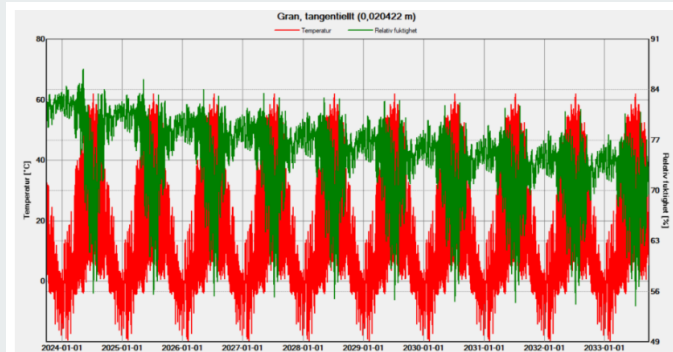
Resultat - Varmt tak jämförelse - klass A



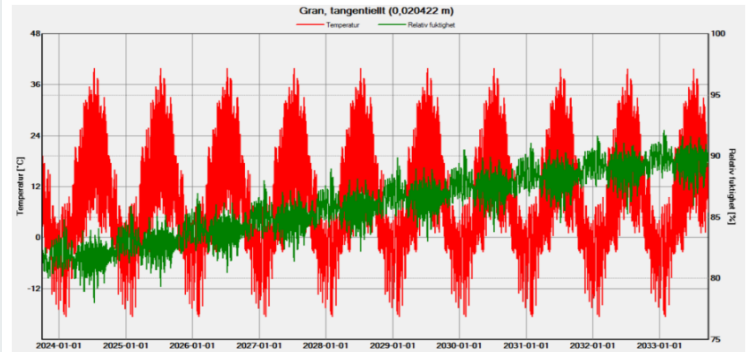
Vatteninnehåll i gran, tangentiellt. [kg/m³], [%]



Vatteninnehåll i gran, tangentiellt. [kg/m³], [%]



Relativ fuktighet och temperatur i gran, tangentiellt [°C], [%]



Relativ fuktighet och temperatur i gran, tangentiellt [°C], [%]

Diskussion



- Det enskilda takets förutsättningar
- Behöver vi driva frågan gällande mätdata för strålning?
- Säkerställa hög nivå i utförandet
- Missvisande checklistor för privatpersoner?
- Certifieringar, fuktsäker projektering

För ytterligare frågor!

Anton Eliasson

LinkedIn



Pontus Flygring

LinkedIn



Ta del av fullständiga examensarbetet här!

[LÄNK](#)

Eller läs artikel i Bygg och teknik

[LÄNK](#)