



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-004 rev.01

Författare Hanna Bruce	Datum 2019-04-15
Telefon direkt +46 10 505 44 59	Projekt-ID 6178671
Mobil/Email +46 76 146 31 22 hanna.bruce@afconsult.com	Rapport-ID 6178671-004 rev.01
Granskad Mikael Fridlund	Godkänd Carl Sjöberg

Utvärdering av pappfäste till Windon AB

Sammanfattning

Windon har tagit fram ett infästningssystem för solpaneler. I detta ingår en profil vilken paneler fästs till samt olika takfästen anpassade efter olika takbeläggningar. Windon önskar undersöka kapaciteten för systemets olika komponenter. I denna rapport är fästet som används för infästning i tak med pappbeklädnad analyserat, kallat pappfäste. Resultat för fästet då det belastas med framtagna dimensionerande vindlast presenteras.

Analyserna visar att spänningar över de tillåtna uppträder då fästet belastas med last enligt rapport *6178671-001_rev.01*. Olinjära analys visar att de kvarstående deformationer fås vid en last på 979 N. Deformationerna växer därefter kraftigt med ökande last men havererar ej då dimensionerande last lagts på.

Skrivar och hållkantryck klarar den dimensionerande lasten.



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-004 rev.01

Rapportshistorik

Rev.	Orsak / ändring / sektion	Granskad		Godkänd	
		Datum	Sign.	Datum	Sign.
01	Första utgåvan	2019-04-15	MK	2019-04-15	CS



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-004 rev.01

Innehåll

1	INLEDNING.....	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Omfattning	4
2	GEOMETRI	5
3	NORMER OCH DIMENSIONERINGSKRITERIA.....	5
4	MATERIAL.....	5
5	LASTER	6
6	FE-MODELL	6
7	SKRUVAR OCH HÅLKANTTRYCK	7
8	RESULTAT	7
8.1	FE-Modell	7
8.2	Skruvar och hålkanttryck.....	9
9	SLUTSATSER.....	9



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-004 rev.01

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Windon har tagit fram ett system för infästning av solpaneler till tak. Solpanelerna fästes till infästningsprofiler som löper under solpanelsraderna. Denna profil är densamma oavsett takbeläggning medan infästningarna för profil till takkonstruktion varierar beroende på takbeläggning. I denna rapport undersöks kapaciteten för takfästet som används för tak med papptäckning.

1.2 Omfattning

Rapporten innehåller beräkning av pappfästet då panelerna belastas med vindsug. Inga beräkningar för snölast är gjorda då dessa inte bedöms vara dimensionerande. Vid snölast kommer underliggande takkonstruktion stötta upp paneler vid stora laster.

Underliggande takkonstruktion i trä är inte analyserad utan endast Windons fästelement samt kapaciteten för skruvinfästningen till taket.

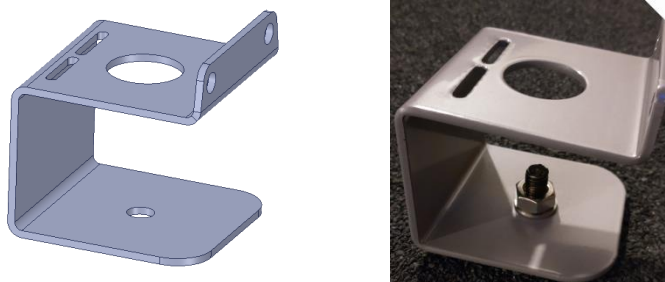


RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-004 rev.01

2 GEOMETRI

Geometri för pappfästet är taget från STEP-filen *vinkelfäste_papp.STEP* (2019-02-04). Vinkelfästet monteras ovan pappen medan en svetsplatta monteras under pappen. Svetsplattan är 400mm x 400 mm och tas ej med i beräkningarna då denna ej kommer att bli dimensionerande. En vagnsbult träs genom svetsplattan och pappen. Godstjocklek på 3 mm. Mindre radier tas bort för att underlätta framtagandet av mittytor till FE-modell.



Figur 1. Infästning till tak med papptäckning

3 Normer och dimensioneringskriterier

Gällande normer för utvärdering av stålkonstruktioner är SS-EN 1993-1-1, se referens [1].

Enligt SS-EN 1990 [2] skall

$E_d \leq R_d$ där

E_d = dimensionerande last
 R_d = kapacitet

uppfyllas i brottgränstillstånd.

Dimensionerande last är tagen från rapport 6178671-001_rev.01 i vilken laster tagits fram utifrån SS-EN 1991-1-4 och EKS 10, referens [3] och [4].

Karakteristisk kapacitet skall enligt SS-EN 1990 divideras med en partialfaktor $\gamma_M=1.1$ för att få dimensionerande värde.

Gällande normer för utvärdering av stålförband och förbindare är SS-EN 1993-1-8, [5]. Den karakteristiska kapaciteten för förbindare skall i enlighet med denna norm divideras med en faktor $\gamma_M=1.2$ för att erhålla dimensionerande kapacitet.

4 Material

Infästning till papptak är av stålqualität S275 enligt uppgift från Windon. Materialdata enligt Tabell 1. Skruvar som används för infästning av profil till pappfäste antas vara av kvalitet A2-80. Vagnsbult antas vara av kvalitet 8.8.



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-004 rev.01

Tabell 1. Materialdata

Material	Densitet ρ [kg/m ³]	Skjuvmodul G [MPa]	Poisson's tal ν	Elasticitetsmodul E [MPa]	Sträckgräns $f_{0.2}$ [MPa]	Brottgräns [MPa]
S275	7800	81000	0.3	210000	275	410
Vagnsbult 8.8	-	-	-	-	640	800
Skrivar A2-80	-	-	-	-	600	800

Ovanstående tillsammans med gällande normer, avsnitt 3, ger tillåtna spänningar enligt Tabell 2.

Tabell 2. Tillåtna spänningar

Material	Tillåten spänning [MPa]
S275	$R_d = \frac{f_{0.2}}{\gamma_M} = \frac{275}{1.1} = 250$
Skrivar 8.8	$R_d = \frac{f_{ub}}{\gamma_M} = \frac{640}{1.2} = 533$
Vagnsbult A2-80	$R_d = \frac{f_{ub}}{\gamma_M} = \frac{600}{1.2} = 500$

5 Laster

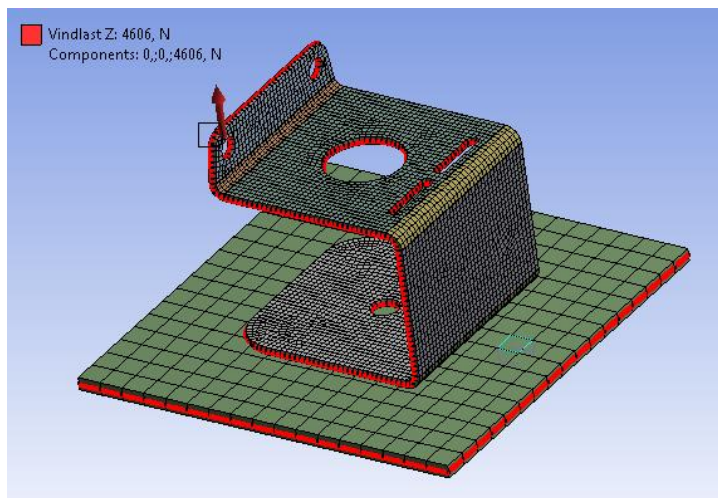
Takinfastningarna är endast utvärderade mot vindlast. Fallet snölast medför att profilerna stöttas av den horisontella delen av infästningsplåten under profilen samt att underliggande takkonstruktion kommer stötta upp paneler och profiler då de börjar böja ner. Detta medför att vindlast blir dimensionerande för infästningarna.

Vindlasten som verkar på taket resulterar i ett sug på panelernas ovansida. Detta ger i sin tur att takfästena belastas med en uppåtriktad last. I rapport 6178671-001_rev.01 är takinfästningarna satta med ett avstånd på 1800 mm. Från denna rapport är den största last som verkar på takinfästning tagen.

Detta resulterar i en vertikal uppåtriktad last på 4606 N samt en utdragslast på 135 N på bultarna mellan profil och takfäste. I analyser av takfästena har bortsetts från utdragslasten då denna är mycket liten i förhållande till den vertikala lasten. Varje panel, som är styv, fästes till två parallella profiler vilket även minskar effekten av utdragslasten.

6 FE-modell

Analyserna är genomförda i Ansys version 19.2 och baseras på STEP-filer erhållna av Windon. Soliderna i dessa filer har konverterats till skal med hjälp av Spaceclaim 19.2. En FE-analys med linjär analys och last enligt avsnitt 5 genomförs. Lasten läggs på de skruvhål där profilen fästs till pappfästet, se Figur 2. Själva örat där profilen är infäst är hindrat att rotera i samtliga riktningar. En styv platta modelleras under plattan för att symbolisera det underliggande taket.



Figur 2. Figuren visar meshad FE-modell med last från profil

Även en olinjär FE-analys genomförs, för att utvärdera när bestående deformationer fås och huruvida infästningen havererar. Kvarstående deformationer utvärderas mot karakteristisk last, alltså den faktiska lasten, medan haveri kontrolleras mot den dimensionerande lasten enligt [2].

Bult till tak modelleras genom att låsa translationer i samtliga riktningar för detta bulthål.

7 Skruvar och hålkanttryck

Lasten på vagnsbulten avläses för den linjära FE-modellen. Denna draglast blir konservativ på grund av den styva ytan som modellerats under pappfästet.

Endast hålkanttryck för bultar till profil kontrolleras då vagnbulten inte är skjuvbelastad. Vid beräkning av hålkanttryck skall enligt [5] hålets placering i förhållande till kant av plåt och inbördes avstånd till andra hål uppfyllas. För hål i öronen uppfylls inte dessa krav. Windon har informerats om detta men då det inte går att modifiera öra 2's geometri, då det skall passa inne i profilen, modifieras ej öronen för att uppfylla dessa krav. Beräkningarna är gjorda med detta avsteg från geometriska krav.

8 Resultat

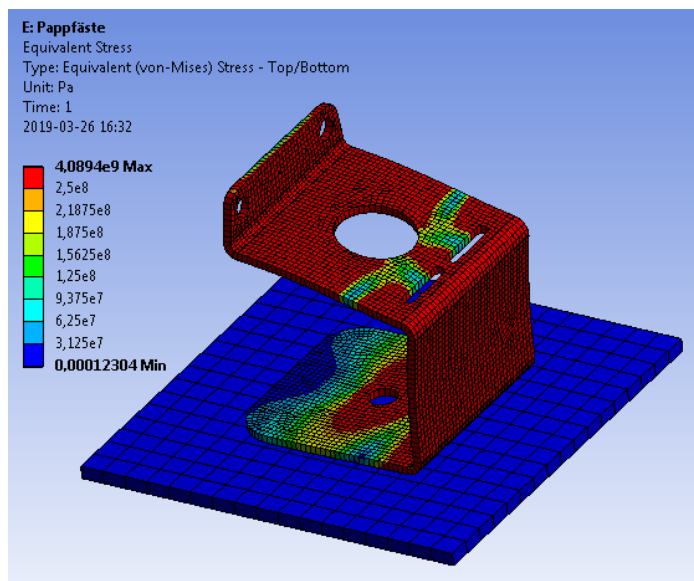
8.1 FE-Modell

Den linjära analysen ger att tillåten spänning överskrids, se Figur 3.



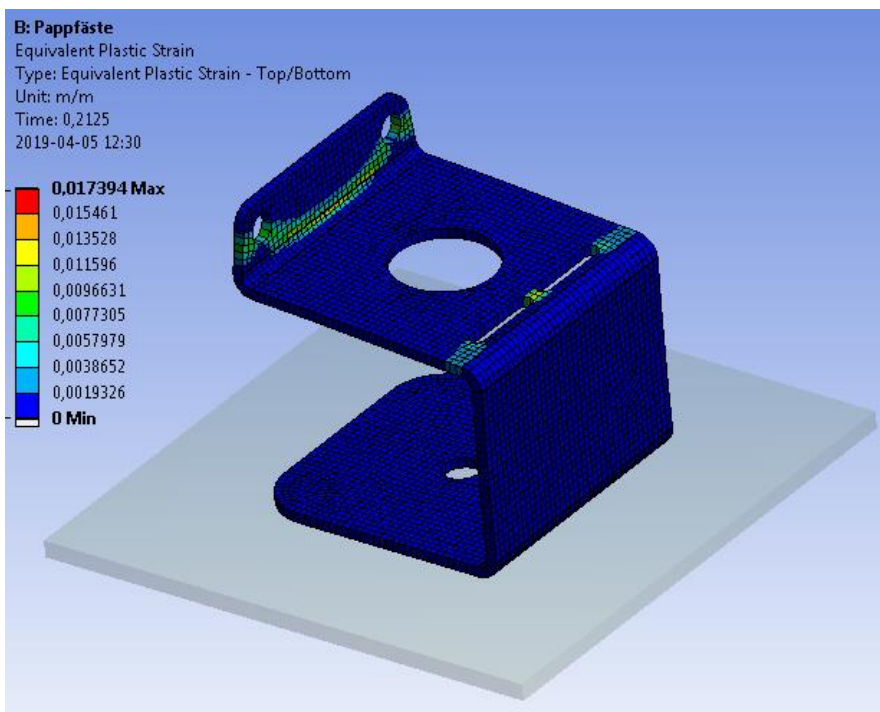
RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-004 rev.01



Figur 3. Spänning i pappfäste. Röda områden har spänning som överskrider tillåten spänning på 250 MPa

Den olinjära analysen ger kvarstående deformationer då 21 % av lasten på 4606 N lagts på, se Figur 4. Detta motsvarar att infästningarna kan belastas av en last på 979 N innan kvarstående deformationer fås. Kvarstående deformationer fås alltså innan hela den karakteristiska lasten på 4606 N/1.5= 3070 N lagts på. Grafer över hur den plastiska deformationerna ökar med lasten visas i Figur 5. Då dimensionerande last lagts på havererar inte infästningarna men blir kraftigt deformerade.

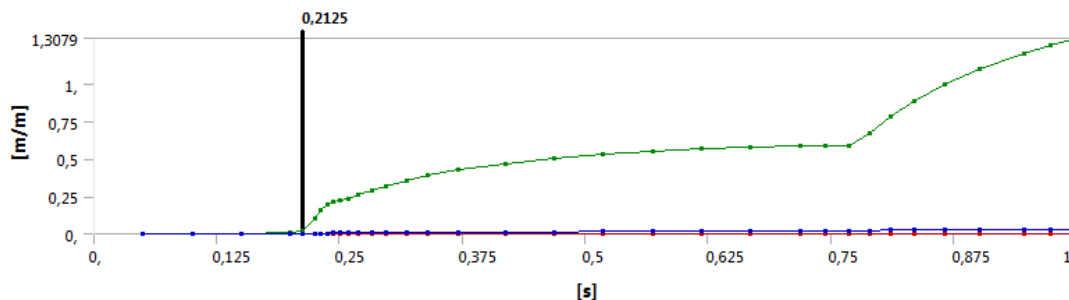


Figur 4. Plastiska töjningar då 979 N lagts på



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-004 rev.01



Figur 5. Plastiska töjningar vs last. Vid tiden 1 s har hela lasten på 4606 N lagts på

8.2 Skruvar och hålkanttryck

I Tabell 3 är laster och utnyttjande av skruv redovisad.

Tabell 3. Laster och utnyttjande av skruvar

Position skruv	Max skjuvlast (N)	Skjuvkapacitet (N)	Max axiell last (N)	Axiell kapacitet (N)	Utnyttjande kombination skjuv- och axiell last
Pappfäste-tak	-	23 000	14203	34 800	0.41
Profil-Pappfäste	2303	15 000	135	22 000	0.16

I Tabell 4 är hålkanttryck utvärderat för maxbelastad skruv. Skruven till tak får ingen skjuvlast och hålkanttrycket utvärderas ej för denna bult.

Tabell 4. Kontroll hålkanttryck

Position	Max last (N)	Kapacitet (N)	Utnyttjande
Skruvar till profil	2303	2440	0.94

9 Slutsatser

Analysresultaten visar att spänningar över de tillåtna uppkommer för pappfästet. Betydande kvarstående deformationer fås då 979 N lagts på. Deformationerna ökar kraftigt med ökad last men infästningarna havererar inte vid dimensionerande last på 4606 N.

Skruvar och hålkanttryck klarar den dimensionerande lasten på 4606 N.



RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-004 rev.01

Referenser

- [1] SS-EN 1993-1-1, Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader
- [2] SS-EN 1990, Eurokod: Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk
- [3] SS-EN 1991-1-4, Eurokod 1: Laster på bärverk – Del 1-4: Allmänna laster - Vind
- [4] EKS 10, Boverkets konstruktionsregler
- [5] SS-EN 1993-1-8, Eurokod 3: Dimensionering av stålkonstruktioner – Del 1-8: Dimensionering av knutpunkter och förband

Följande handlingar har undertecknats den 15 april 2019



Rapport_6178671-004_Pappfäste.pdf

(648544 byte)

SHA-512: 22c873b2363f20a42c9c4ef74d9c48f19d4cc
cbeef5433ce3feb32f471bcfcaeabb15a89c3895dfed85
60dd48e47d10714b27e00f6634ba8d63ddcfd5065414b

Handlingarna är undertecknade av

2019-04-15 08:15:57 (CET)



Hanna Bruce, ÅF-Industry AB

hanna.bruce@afconsult.com
194.103.240.26

+46761463122
Undertecknat med SMS

2019-04-15 08:51:17 (CET)



Carl Sjöberg, ÅF-Industry AB

carl.sjoberg@afconsult.com
194.103.240.26

+46703791471
Undertecknat med SMS

2019-04-15 08:19:47 (CET)



Mikael Fridlund, ÅF-Industry AB

mikael.fridlund@afconsult.com
194.103.240.26

+46722410288
Undertecknat med SMS



Undertecknandet intygas av Assently



Rapport_6178671-004_Pappfäste.pdf

Verifiera äktheten och integriteten av detta kvitto genom att skanna QR-koden till vänster.
Du kan också göra det genom att besöka <https://app.assently.com/case/verify>

SHA-512: 8b2b82237d9f3f61c5539757440ea18f160b05ae7ab6b6cbc63f5e0c774
e77d1accdee15e32b840f5cb70673d9aef59ea8fc224922e858cbbae126c2f79a2442

Om detta kvitto

Dokumentet är elektroniskt undertecknat genom e-signeringsplattformen Assently i enlighet med eIDAS, Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 910/2014. En elektronisk underskrift får inte förvägras rättslig verkan eller giltighet som bevis vid rättsliga förfaranden enbart på grund av att underskriften har elektronisk form eller inte uppfyller kraven för kvalificerade elektroniska underskrifter. En kvalificerad elektronisk underskrift ska ha motsvarande rättsliga verkan som en handskrivna underskrift. Assently tillhandahålls av Assently AB, org. nr. 556828-8442, Holländargatan 20, 111 60 Stockholm, Sverige.