



# RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-006 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 6178671-006 rev.01
Granskad Mikael Fridlund	Godkänd Carl Sjöberg

## Utvärdering av TRP-fäste till Windon AB

### Sammanfattning

Windon har tagit fram ett infästningssystem för solpaneler. I detta ingår en profil vilken paneler fästes 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 TRP-plåt analyserat, kallat TRP-fäste. Resultat för fästet då det belastas med framtagen dimensionerande vindlast presenteras.

Analyserna visar att spänningar över de tillåtna uppträder då fästet belastas med last enligt rapport *6178671-001\_rev.01*. Olinjära analyser visar att inga kvarstående deformationer fås då karakteristisk last på 3070 N belastar fästena. Fästet havererar ej då dimensionerande last lagts på.

Skruvar som används samt skruvinfästning till tak klarar även de den dimensionerande lasten. Utnyttjande av skruvar till trä ligger på 99 %.



# RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-006 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: 6178671-006 rev.01

## Innehåll

1	INLEDNING.....	4
1.1	Bakgrund .....	4
1.2	Omfattning .....	4
2	GEOMETRI .....	5
3	NORMER OCH DIMENSIONERINGSKRITERIA.....	5
4	MATERIAL.....	6
5	LASTER .....	6
6	FE-MODELL .....	7
7	SKRUVAR OCH HÅLKANTTRYCK .....	8
8	RESULTAT .....	8
8.1	FE-Modell .....	8
8.2	Skruvar och hålkanttryck.....	10
9	SLUTSATSER.....	11



# RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-006 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 TRP-plåt.

### 1.2 Omfattning

Rapporten innehåller beräkning av TRP-fästet 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.

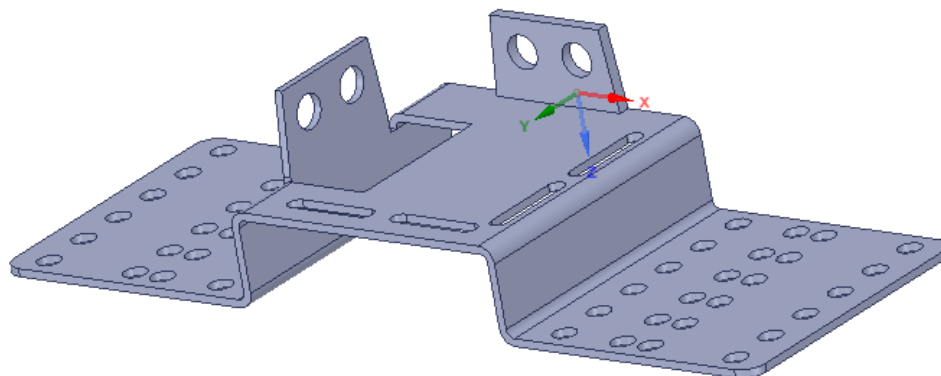


# RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-006 rev.01

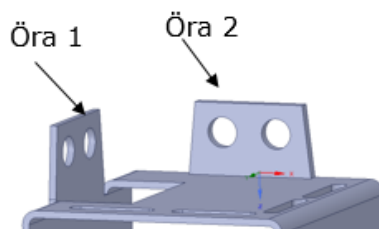
## 2 GEOMETRI

Geometri för TRP-fästet är taget från STEP-filen *TRP.STEP* (2019-02-04). Godstjocklek på 3 mm. Mindre radier tas bort för att underlätta framtagandet av mittytor till FE-modell.



Figur 1. Infästning till tak med TRP-beläggning

Fästet har två öron för infästning av profil, se Figur 2. Dessa benämns i denna rapport öra 1 och öra2. Öra 1 används då panelerna monteras liggande och öra 2 då panelerna monteras stående.



Figur 2. Öron för infästning av profil

## 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].



# RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-006 rev.01

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. För att utvärdera infästning i takkonstruktion används SS-EN 1995-1-1, [6].

För infästning till trä gäller enligt [6] att dimensionerande kapacitet fås av

$$R_d = k_{mod} * \frac{R_k}{\gamma_M}$$

Där  $k_{mod}$  är korrektionsfaktor som tar hänsyn till inverkan av lastvaraktighet och fuktkvot och  $\gamma_M$  är partialkoefficient för materialegenskaper.

## 4 Material

Samtliga delar som används för infästning till tak med TRP-plåt är av stålqualität S275 enligt uppgift från Windon. Materialdata enligt Tabell 1. Skruvar som används för infästning av profil till TRP-fäste antas vara av kvalitet A2-80. Träskruv som används för infästning till underliggande takkonstruktion antas vara av kvalitet 8.8.

Det har antagits att träet i underliggande takkonstruktion är av virkesqualität C14.

Tabell 1. Materialdata

Material	Densitet $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Skjuvmodul G [MPa]	Poisson's tal $\nu$	Elasticitetsmodul E [MPa]	Sträckgräns $f_{0.2}$ [MPa]	Brottgräns [MPa]
S275	7800	81000	0.3	210000	275	410
Skruvar 8.8	-	-	-	-	640	800
Skruvar A2-80	-	-	-	-	600	800
Virke C14	350	-	-	-	-	-

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

Tabell 2. Tillåtna spänningar

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

## 5 Laster

Takinfästningarna är endast utvärderade mot vindlast. Fallet snölast medför att profilerna stötts 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.



# RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-006 rev.01

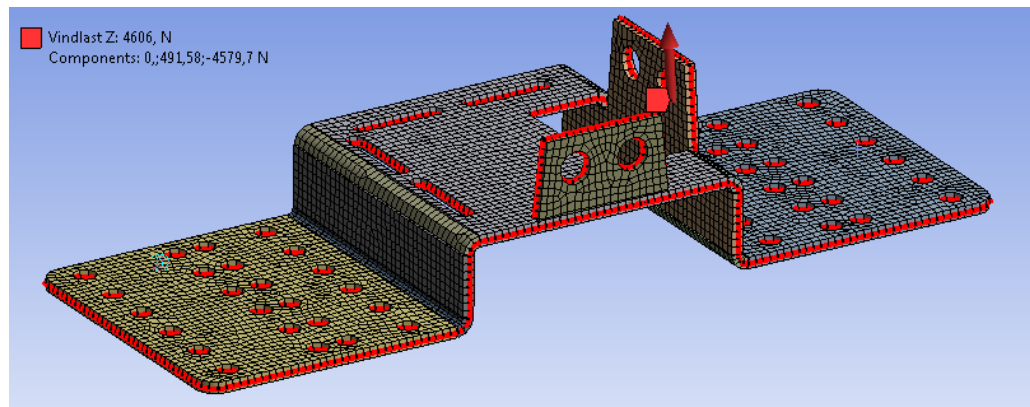
Vindlasten som verkar på taket resulterar i ett sug på panelernas ovansida. Detta ger i sin tur att takfästena belastas med en uppåtriktad last. I rapport 6178671-001\_rev.01 är takinfästningarna satta med ett avstånd på 1800 mm. Från denna rapport är den största last som verkar på takinfästning tagen.

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.

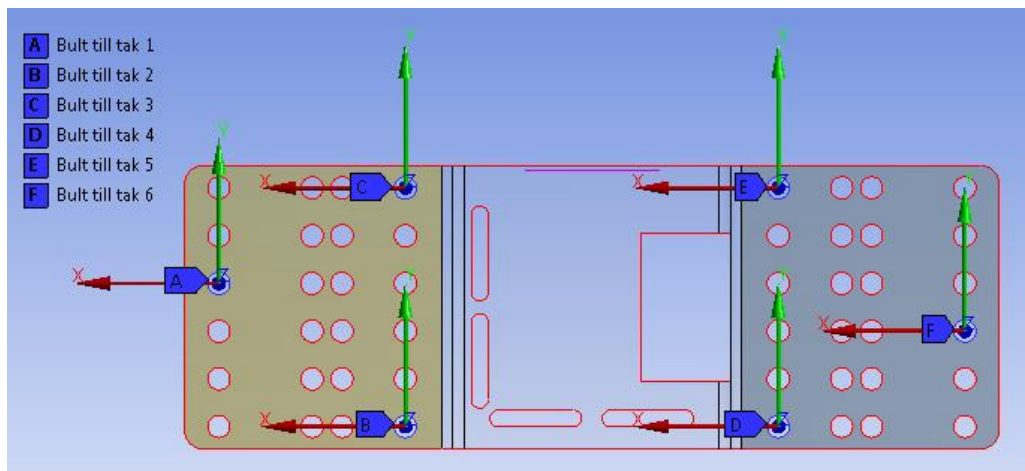
En FE-analys med linjär analys och last enligt avsnitt 5 genomförs. Lasten läggs på de skruvhål där profilen fästs till takfästet, se Figur 4. Två fall undersöks; lasten verkar på hål i öra 1 samt hål i öra 2. När lasten angriper i öra 1 förhindras detta att rotera kring x och y. En lösning av även den sista rotationen för öra 1 påverkar inte resultatet då detta är placerat så att lasten inte ger rotation av detta öra kring z-axeln. När lasten angriper i öra 2 förhindras rotationer kring samtliga axlar för öra 2.



Figur 3. Figuren visar meshad FE-modell med last från profil i öra 1

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].

Skrivar till tak modelleras genom att låsa samtliga translationer för dessa bulthål. De är dock fria att rotera. De placeringar som används i FE-modellerna för infästning till tak är redovisade i Figur 5.



Figur 5. Skruvplacering för bultar som fäster TRP-fäste till tak

## 7 Skruvar och hållkantryck

3 st av de totalt 6 st skruvarna som fäster takfästet till taket skall gå ner i underliggande takkonstruktion. Då inte underliggande tak utvärderas har inte heller kantavstånd för skruvar som går ner i underliggande träkonstruktion verifierats. Lasterna på skruvar är hämtade från de linjära FE-analyserna. Då skruvarnas kapacitet har verifierats har den mest belastade skruven utvärderats för skruv till profil respektive skruv till tak.

Då infästningen till trä har utvärderats har de antagits att den totala lasten på samtliga skruvar tas av de 3 skruvar som fästes ner i träet. Enligt Windon går de skruvar som fästes till trä 50 mm in i träet. För konstruktionsvirke är  $\gamma_M=1.3$ . För trä under TRP, skyddat mot regn, är  $k_{mod}=0.9$ .

Lasterna på skruvarna används för att kontrollera hållkantryck. Vid beräkning av hållkantryck 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

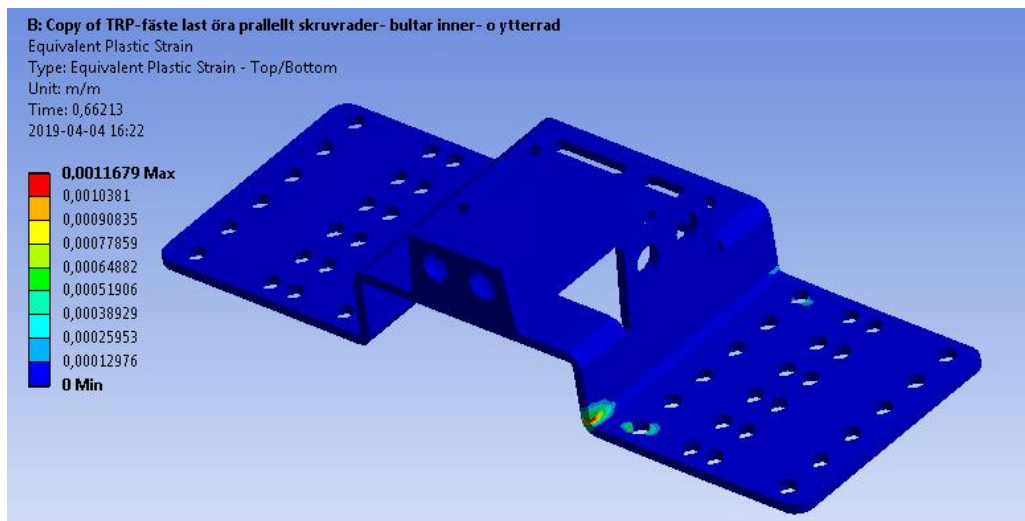
Den linjära analysen ger för både infästning till öra 1 och till öra 2 att tillåten spänning på 250 MPa överskrids.



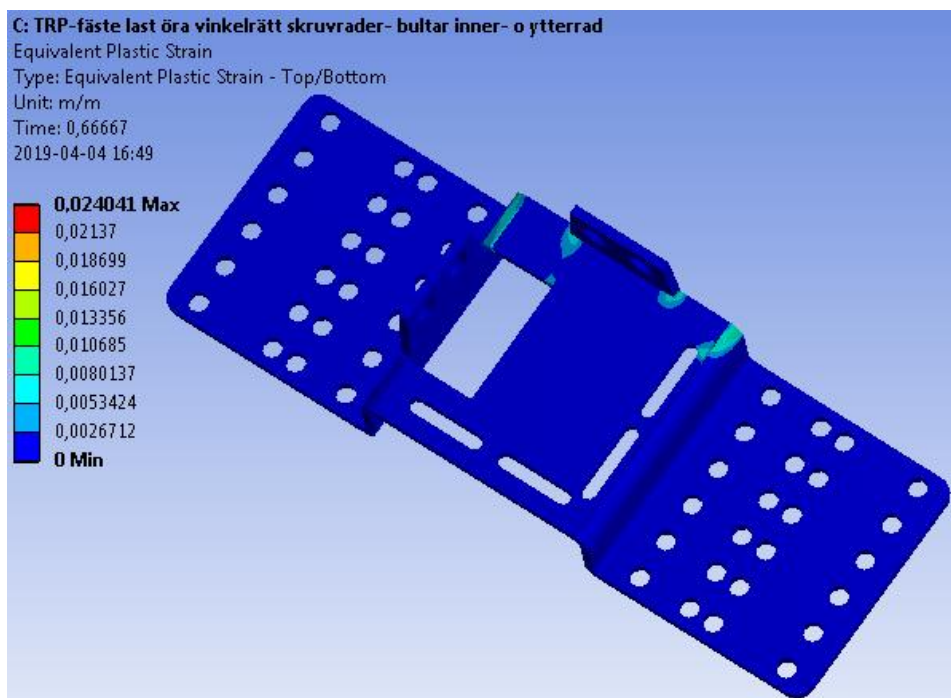
# RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-006 rev.01

Den olinjära analysen ger att för infästning till öra 1 och öra 2 fås inga kvarstående deformationer då hela den karakteristiska lasten på  $4606 \text{ N}/1.5 = 3070 \text{ N}$  lagts på. Plastiska töjningar vid last på  $3070 \text{ N}$  visas i Figur 6 och 7. Grafer över hur de plastiska deformationerna ökar med lasten visas i Figur 8. Då dimensionerande last,  $4606 \text{ N}$ , lagts på havererar inte infästningarna.



Figur 6. Plastiska töjningar för last i öra 1 då lasten  $3070 \text{ N}$  lagts på

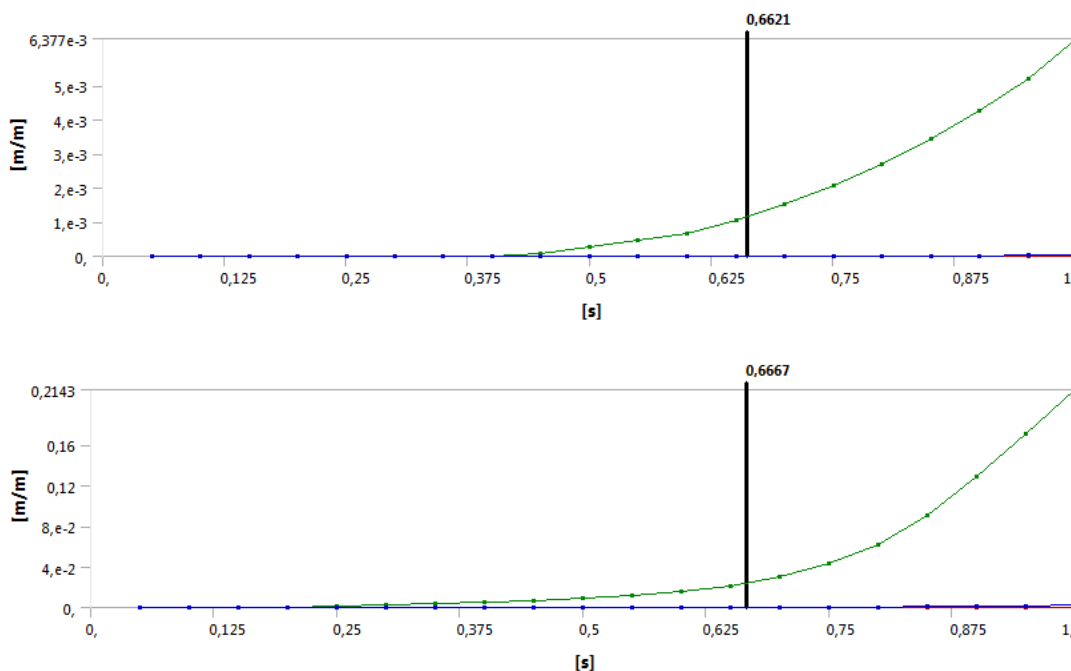


Figur 7. Plastiska töjningar för last i öra 2 då lasten  $3070 \text{ N}$  lagts på



# RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-006 rev.01



Figur 8. Plastiska töjningar vs last. Vid tiden 1 s har hela lasten på 4606 N lagts på  
Överst: Infästning till öra 1  
Underst: Infästning till öra 2

## 8.2 Skruvar och hålkanttryck

I Tabell 3 är laster och utnyttjande av skruvar redovisade. Skjuvlasterna som verkar på skruvarna som fäster till taket tar ut varandra varför de inte är redovisade i tabell nedan.

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
TRP-fäste-tak	-	5000	2650	6800	0.66
Profil-TRP-fäste	2303	15 000	135	22 000	0.16

I Tabell 4 är laster och kapacitet för infästning till trä redovisat.

Tabell 4. Infästning till tak

Position skruv	Total dimensionerande axiell last (N)	Dimensionerande utdragskapacitet (N)	Utnyttjande
TRP-fäste-tak	4606	4664	0.99



# RAPPORT

RAPPORT-ID: 6178671-006 rev.01

I Tabell 5 är hållkantryck utvärderat för maxbelastad skruv. Hållkantryck för infästning till tak utvärderas ej då skjuvlasterna på skruvarna tar ut varandra här.

Tabell 5. Kontroll hållkantryck

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

## 9 Slutsatser

Analysresultaten visar att spänningar över de tillåtna uppkommer för TRP-fästet både för infästning till öra 1 och till öra 2. Inga kvarstående deformationer fås då den karakteristiska lasten på 3071 N belastar fästet. Deformationerna ökar kraftigt med ökad last men infästningarna havererar inte vid dimensionerande last på 4606 N.

Skurvar, hållkantryck och infästning till trä klarar den dimensionerande lasten på 4606 N. Utdragskapaciteten är dock på gränsen till överutnyttjad för träskruvarna.

## 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
- [6] SS-EN 1995-1-1, Eurocode 5: Dimensionering av träkonstruktioner – Del 1-1: Allmänt – Gemensamma regler och regler för byggnader

Följande handlingar har undertecknats den 15 april 2019



**Rapport\_6178671-006\_TRPfäste.pdf**  
(681362 byte)  
SHA-512: 1c97e87e76947e6483f86dd7a56d94ed4cbb2  
3c7b3222f149726479cd16d3eccc6e6c36a3c47112b393  
623d60f2d71f8a6704864a6db94175c10aa2efb0b8671

Handlingarna är undertecknade av

2019-04-15 08:16:51 (CET)



**Hanna Bruce, ÅF-Industry AB**

hanna.bruce@afconsult.com  
194.103.240.26

+46761463122  
Undertecknat med SMS

2019-04-15 08:53:15 (CET)



**Carl Sjöberg, ÅF-Industry AB**

carl.sjoberg@afconsult.com  
194.103.240.26

+46703791471  
Undertecknat med SMS

2019-04-15 08:19:32 (CET)



**Mikael Fridlund, ÅF-Industry AB**

mikael.fridlund@afconsult.com  
194.103.240.26

+46722410288  
Undertecknat med SMS



Undertecknandet intygas av Assently



**Rapport\_6178671-006\_TRPfäste.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: 1391872a162f55fb88d048d91d22e5f4e068b177d58ec3c8ce5c4fe6c16  
c13983935775513cec223b3f7772c0232861226ee3facdb052bd5dff636faad9d25e5

### 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 handskreven underskrift. Assently tillhandahålls av Assently AB, org. nr. 556828-8442, Holländargatan 20, 111 60 Stockholm, Sverige.