

Kontaktperson RISE

Alastair Temple

Datum

2021-10-21

Beteckning

9P07588DK
(O100166-176174)

Sida

1 (11)

Säkerhet och transport

+46 10 516 52 09

alastair.temple@ri.se

Areco Profiles AB

Vinkelgatan 13

211 24 Malmö

Sverige

Beregning af kapacitet for tagsystemet Areco TP131 under brandforhold

(3 bilagor)

Introduktion og oversigt

Denne rapport indeholder detaljerede resultater og beregningsmetoden til bestemmelse af kapaciteten af tagproduktet ARECO TP131 under brandforhold. Den anvendte metode var analytisk og bestod af følgende trin:

- Bestemmelse af temperaturen i stålet ved hjælp af en begrænset forskelsapproksimation. Det togs højde for både stråling og konvektion og den er baseret på en standard brand
- Beregning af tagpladens trækcapacitet baseret på temperaturen, der afhænger af stålets strækgrænse
- Beregning af den maksimale belastning, som tagpladen kan bære i en kædelinje.

Den anvendte metode er på linje med EN 1991:2002 Last på bærende konstruktioner - Del 1-2 Generelle laster - Brandlast og med EN 1993:2005 Stålkonstruktioner - Del 1-2 Generelle regler, Brandteknisk dimensionering. Den anvendte beregningsmetode er beskrevet i bilag 1. Undersøgelsen blev begrænset til spændvidder og tykkelser rapporteret i Areco Tp131-tegnearket og oplysningstabellerne i bilag 2 og 3 (som leveret af Areco den 15. Oktober 2019). Undersøgelsen omfatter både ikke-perforerede og perforerede produkter. I tilfælde, hvor perforeringer er medtaget, antages disse at have en diameter på 3 mm med mellemrum på 6 mm fra centrum til centrum og omfatter ikke mere end 50 % af tværsnitsområdet. Tagpladen er vist skematisk i figur 1.

RISE Research Institutes of Sweden AB

Postadress

Box 857
501 15 BORÅS

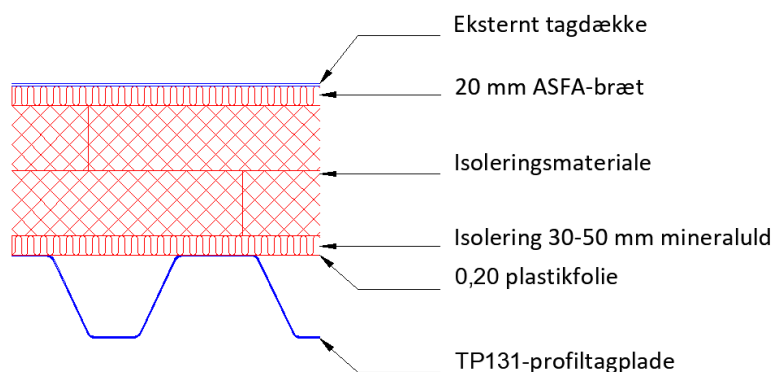
Besöksadress

Scheelevägen 17
223 63 Lund

Tfn / Fax / E-post

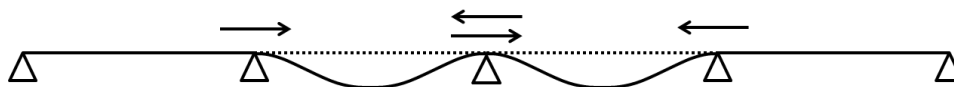
010-516 50 00
033-13 55 02
info@ri.se

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte RISE Research Institutes of Sweden AB i förväg skriftligen godkänt annat.



Figur 1 – Isoleringsprincip for tagsystemet TP131

Membraneffekten, som er anvendt i beregningen, er baseret på tagpladens trækmodstand, som mobiliseres af store forskydninger, som opstår under brand – som fører til den "hængende kabeffekt", figur 2. For at gøre trækkræfterne tilgængelige skal forbindelsen ved den vertikale støtte beskyttes, så den yder horisontal modstand. I denne undersøgelse antages det, at der er sørget for passende beskyttelse af forbindelserne.

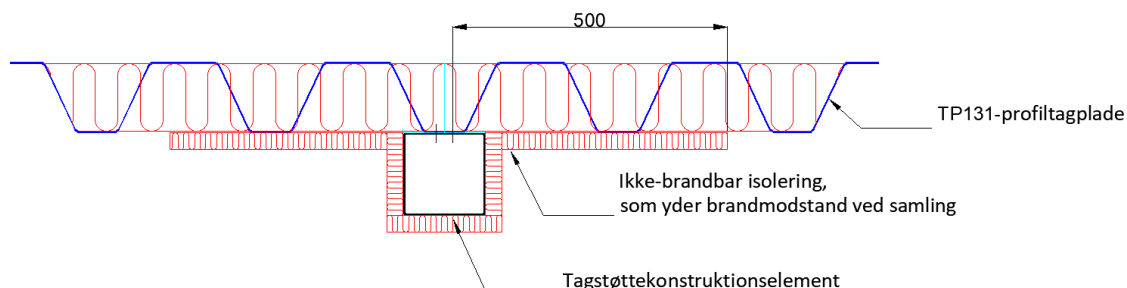


Figur 2 – Princip for membranfunktionen, som understøtter belastningen på taget

Det antages, at belastningen kun sker ved strækmembranens virkning ved brandbegrænsningstilstand. Dette medfører at der ikke er nogen bøjningsmodstand. Derfor negligeres tværsnittet og tykkelsen af tagpladen. Når der tages hensyn til de beregnede kapaciteter, skal den samlede last (herunder tagpladens egenvægt, vægten af eventuel isolering og dække herover, samt eventuelle påførte mekaniske midlertidig og permanent belastning) være mindre end den nominelle kapacitet.

Det antages i beregningen at den øverste overflade af stålet er adiabatisk. Dette er en konservativ antagelse, som foretages, idet isoleringsmaterialet ikke leveres som en del af tagpladen, og at der derfor ikke foreligger nogen oplysninger om materialernes varmeegenskaber. Den begrænsende faktor for isoleringsmaterialer er derfor egenvægten fremfor varmeegenskaberne.

For at kunne benytte bærekapaciteten ved brand, skal samlingerne og tagbjælkerne beskyttes indvendigt, og undersiden af tagpladen skal beskyttes med mindst 500 mm på hver side af samlingen, figur 3. Endefagene skal beskyttes som helhed, da der ikke er nogen tilstødende fag, som yder horisontal støtte til bjælkemekanismen. Tykkelsen og densiteten af brandbeskyttelsen skal være i overensstemmelse med den brandmodstand, som taget er designet for. Leverandøren af beskyttelsesmaterialet skal levere oplysninger om den nødvendige tykkelse, hvilket varierer alt efter anvendt materiale.



Figur 3 – Princip for beskyttelse af forbindelse

Resultaterne af undersøgelsen præsenteres i følgende afsnit.

TP131 420 Mpa uden perforeringer

Tabel 1 viser kapaciteten for varierende spændvidder og tykkelser ved forskellige brandeksponeringstider for TP131-tagpladen. Tabel 2 viser den maksimale afbøjning af TP131 som en nedre grænse alene baseret på varmebelastningen og er derfor repræsenteret for varierende spændvidder ved forskellige brandeksponeringstider. Tabel 3 viser den horisontale belastning af TP131 ved støttekonstruktionerne for forskellige tykkelser som et resultat af membranmekanismen.

Tabel 1 – ARECO TP131 420 MPa – Kapacitet under brandförhåll

Tyckelse	Brandmodstånd	Kapacitet kN/m ²																									
		Spändvidde																									
		4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	8													
0.7	R15	8.59	8.02	7.52	7.08	6.68	6.33	6.02	5.73	5.47	5.23	5.01	4.81	4.51	8.59	8.02	7.52	7.08	6.68	6.33	6.02	5.73	5.47	5.23	5.01	4.81	4.51
0.7	R30	4.33	4.05	3.79	3.57	3.37	3.19	3.03	2.89	2.76	2.64	2.53	2.43	2.28	4.33	4.05	3.79	3.57	3.37	3.19	3.03	2.89	2.76	2.64	2.53	2.43	2.28
0.7	R60	2.60	2.42	2.27	2.14	2.02	1.91	1.82	1.73	1.65	1.58	1.51	1.45	1.36	2.60	2.42	2.27	2.14	2.02	1.91	1.82	1.73	1.65	1.58	1.51	1.45	1.36
0.75	R15	9.24	8.62	8.08	7.61	7.18	6.81	6.47	6.16	5.88	5.62	5.39	5.17	4.85	9.24	8.62	8.08	7.61	7.18	6.81	6.47	6.16	5.88	5.62	5.39	5.17	4.85
0.75	R30	4.65	4.34	4.07	3.83	3.62	3.43	3.26	3.10	2.96	2.83	2.71	2.60	2.44	4.65	4.34	4.07	3.83	3.62	3.43	3.26	3.10	2.96	2.83	2.71	2.60	2.44
0.75	R60	2.78	2.60	2.44	2.29	2.16	2.05	1.95	1.86	1.77	1.69	1.62	1.56	1.46	2.78	2.60	2.44	2.29	2.16	2.05	1.95	1.86	1.77	1.69	1.62	1.56	1.46
0.8	R15	9.87	9.21	8.64	8.13	7.68	7.27	6.91	6.58	6.28	6.01	5.76	5.53	5.18	9.87	9.21	8.64	8.13	7.68	7.27	6.91	6.58	6.28	6.01	5.76	5.53	5.18
0.8	R30	4.96	4.63	4.34	4.09	3.86	3.66	3.47	3.31	3.16	3.02	2.89	2.78	2.60	4.96	4.63	4.34	4.09	3.86	3.66	3.47	3.31	3.16	3.02	2.89	2.78	2.60
0.8	R60	2.97	2.77	2.60	2.44	2.31	2.19	2.08	1.98	1.89	1.81	1.73	1.66	1.56	2.97	2.77	2.60	2.44	2.31	2.19	2.08	1.98	1.89	1.81	1.73	1.66	1.56
0.9	R15	11.31	10.55	9.89	9.31	8.80	8.33	7.92	7.54	7.20	6.88	6.60	6.33	5.94	11.31	10.55	9.89	9.31	8.80	8.33	7.92	7.54	7.20	6.88	6.60	6.33	5.94
0.9	R30	5.66	5.28	4.95	4.66	4.40	4.17	3.96	3.77	3.60	3.45	3.30	3.17	2.97	5.66	5.28	4.95	4.66	4.40	4.17	3.96	3.77	3.60	3.45	3.30	3.17	2.97
0.9	R60	3.38	3.16	2.96	2.79	2.63	2.49	2.37	2.25	2.15	2.06	1.97	1.89	1.78	3.38	3.16	2.96	2.79	2.63	2.49	2.37	2.25	2.15	2.06	1.97	1.89	1.78
1	R15	12.53	11.69	10.96	10.32	9.75	9.23	8.77	8.35	7.97	7.63	7.31	7.02	6.58	12.53	11.69	10.96	10.32	9.75	9.23	8.77	8.35	7.97	7.63	7.31	7.02	6.58
1	R30	6.25	5.84	5.47	5.15	4.86	4.61	4.38	4.17	3.98	3.81	3.65	3.50	3.28	6.25	5.84	5.47	5.15	4.86	4.61	4.38	4.17	3.98	3.81	3.65	3.50	3.28
1	R60	3.73	3.48	3.26	3.07	2.90	2.75	2.61	2.49	2.37	2.27	2.18	2.09	1.96	3.73	3.48	3.26	3.07	2.90	2.75	2.61	2.49	2.37	2.27	2.18	2.09	1.96
1.2	R15	15.17	14.16	13.27	12.49	11.80	11.18	10.62	10.11	9.65	9.23	8.85	8.49	7.96	15.17	14.16	13.27	12.49	11.80	11.18	10.62	10.11	9.65	9.23	8.85	8.49	7.96
1.2	R30	7.51	7.01	6.57	6.19	5.84	5.53	5.26	5.01	4.78	4.57	4.38	4.21	3.94	7.51	7.01	6.57	6.19	5.84	5.53	5.26	5.01	4.78	4.57	4.38	4.21	3.94
1.2	R60	4.47	4.17	3.91	3.68	3.48	3.30	3.13	2.98	2.85	2.72	2.61	2.50	2.35	4.47	4.17	3.91	3.68	3.48	3.30	3.13	2.98	2.85	2.72	2.61	2.50	2.35
1.5	R15	19.15	17.88	16.76	15.77	14.90	14.11	13.41	12.77	12.19	11.66	11.17	10.73	10.06	19.15	17.88	16.76	15.77	14.90	14.11	13.41	12.77	12.19	11.66	11.17	10.73	10.06
1.5	R30	9.36	8.74	8.19	7.71	7.28	6.90	6.56	6.24	5.96	5.70	5.46	5.24	4.92	9.36	8.74	8.19	7.71	7.28	6.90	6.56	6.24	5.96	5.70	5.46	5.24	4.92
1.5	R60	5.56	5.19	4.86	4.58	4.32	4.10	3.89	3.71	3.54	3.38	3.24	3.11	2.92	5.56	5.19	4.86	4.58	4.32	4.10	3.89	3.71	3.54	3.38	3.24	3.11	2.92

Tabel 2 – ARECO TP131 420 MPa – Afbøjning under brandförhåll (nedre grænse alene baseret på varmebelastning)

Brandmodstånd	Afbøjning i m												
	Spændvidde												
	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	8
R15	0.241	0.258	0.276	0.293	0.310	0.327	0.344	0.362	0.379	0.396	0.413	0.431	0.459
R30	0.258	0.277	0.295	0.313	0.332	0.350	0.369	0.387	0.406	0.424	0.443	0.461	0.492
R60	0.274	0.293	0.313	0.332	0.352	0.372	0.391	0.411	0.430	0.450	0.469	0.489	0.521

Tabel 3 – ARECO TP131 420 MPa – Horisontal reaktion for forskellige tykkelser af tagplader ved forskellige eksponeringstider

Tykkelse	Brandmodstand	Horisontal reaktion kN
		4.2
0.7	R15	78.57
0.7	R30	37.02
0.7	R60	20.90
0.75	R15	84.48
0.75	R30	39.73
0.75	R60	22.42
0.8	R15	90.29
0.8	R30	42.38
0.8	R60	23.90
0.9	R15	103.53
0.9	R30	48.38
0.9	R60	27.25
1	R15	114.78
1	R30	53.44
1	R60	30.06
1.2	R15	139.14
1.2	R30	64.22
1.2	R60	36.04
1.5	R15	176.08
1.5	R30	80.11
1.5	R60	44.79

TP131 420 MPa med perforeringer

Tabel 4 viser kapaciteten for forskellige spændvidder og tykkelser ved forskellige brandeksponeringstider for TP131-tagdækpladen. Tabel 5 viser den maksimale afbøjning af TP131 som en nedre grænse alene baseret på varmebelastningen og er derfor repræsenteret for varierende spændvidder ved forskellige brandeksponeringstider. Tabel 6 viser den horisontale belastning af TP131 ved støtterne for forskellige tykkelser som et resultat af membranmekanismen.

Tabel 4 – ARECO TP131 420 MPa (perforeret) – Kapacitet under brandförhåll

Tykkelse	Brandmodstand	Kapacitet kN/m ²														
		Spännvidde														
		4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	8		
0.7	R15	4.30	4.01	3.76	3.54	3.34	3.17	3.01	2.86	2.73	2.62	2.51	2.41	2.26		
0.7	R30	2.17	2.02	1.90	1.78	1.69	1.60	1.52	1.44	1.38	1.32	1.26	1.21	1.14		
0.7	R60	1.30	1.21	1.14	1.07	1.01	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.76	0.73	0.68		
0.75	R15	4.62	4.31	4.04	3.80	3.59	3.40	3.23	3.08	2.94	2.81	2.69	2.59	2.42		
0.75	R30	2.33	2.17	2.03	1.91	1.81	1.71	1.63	1.55	1.48	1.42	1.36	1.30	1.22		
0.75	R60	1.39	1.30	1.22	1.15	1.08	1.03	0.97	0.93	0.89	0.85	0.81	0.78	0.73		
0.8	R15	4.93	4.61	4.32	4.06	3.84	3.64	3.45	3.29	3.14	3.00	2.88	2.76	2.59		
0.8	R30	2.48	2.32	2.17	2.04	1.93	1.83	1.74	1.65	1.58	1.51	1.45	1.39	1.30		
0.8	R60	1.48	1.38	1.30	1.22	1.15	1.09	1.04	0.99	0.94	0.90	0.87	0.83	0.78		
0.9	R15	5.65	5.28	4.95	4.66	4.40	4.17	3.96	3.77	3.60	3.44	3.30	3.17	2.97		
0.9	R30	2.83	2.64	2.48	2.33	2.20	2.09	1.98	1.89	1.80	1.72	1.65	1.59	1.49		
0.9	R60	1.69	1.58	1.48	1.39	1.32	1.25	1.18	1.13	1.08	1.03	0.99	0.95	0.89		
1	R15	6.26	5.85	5.48	5.16	4.87	4.62	4.39	4.18	3.99	3.81	3.65	3.51	3.29		
1	R30	3.13	2.92	2.74	2.57	2.43	2.30	2.19	2.08	1.99	1.90	1.82	1.75	1.64		
1	R60	1.87	1.74	1.63	1.54	1.45	1.37	1.31	1.24	1.19	1.14	1.09	1.04	0.98		
1.2	R15	7.58	7.08	6.64	6.25	5.90	5.59	5.31	5.06	4.83	4.62	4.42	4.25	3.98		
1.2	R30	3.76	3.51	3.29	3.09	2.92	2.77	2.63	2.50	2.39	2.29	2.19	2.10	1.97		
1.2	R60	2.24	2.09	1.96	1.84	1.74	1.65	1.57	1.49	1.42	1.36	1.30	1.25	1.17		
1.5	R15	9.58	8.94	8.38	7.89	7.45	7.06	6.70	6.38	6.09	5.83	5.59	5.36	5.03		
1.5	R30	4.68	4.37	4.10	3.86	3.64	3.45	3.28	3.12	2.98	2.85	2.73	2.62	2.46		
1.5	R60	2.78	2.59	2.43	2.29	2.16	2.05	1.95	1.85	1.77	1.69	1.62	1.56	1.46		

Tabel 5 – ARECO TP131 420 MPa (perforeret) – Afbøjning under brandförhåll (nedre grænse alene baseret på varmebelastning)

Brandmodstand	Afbøjning i m													
	Spännvidde													
	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	8	
R15	0.241	0.258	0.276	0.293	0.310	0.327	0.344	0.362	0.379	0.396	0.413	0.431	0.459	
R30	0.258	0.277	0.295	0.313	0.332	0.350	0.369	0.387	0.406	0.424	0.443	0.461	0.492	
R60	0.274	0.293	0.313	0.332	0.352	0.372	0.391	0.411	0.430	0.450	0.469	0.489	0.521	

Tabel 6 – ARECO TP131 420 MPa (perforeret) – Horisontal reaktion for forskellige tykkelser af tagplader ved forskellige eksponeringstider

Tykkelse	Brandmodstand	Horisontal reaktion kN
		4.2
0.7	R15	39.29
0.7	R30	18.51
0.7	R60	10.45
0.75	R15	42.24
0.75	R30	19.86
0.75	R60	11.21
0.8	R15	45.15
0.8	R30	21.19
0.8	R60	11.95
0.9	R15	51.77
0.9	R30	24.19
0.9	R60	13.62
1	R15	57.39
1	R30	26.72
1	R60	15.03
1.2	R15	69.57
1.2	R30	32.11
1.2	R60	18.02
1.5	R15	88.04
1.5	R30	40.05
1.5	R60	22.39

TP131 350 Mpa uden perforeringer

Tabel 7 viser kapaciteten for varierende spændvidder og tykkelser ved forskellige brandeksponeringstider for TP131-tagpladen. Tabel 8 viser den maksimale afbøjning af TP131 som en nedre grænse alene baseret på varmebelastningen og er derfor repræsenteret for varierende spændvidder ved forskellige brandeksponeringstider. Tabel 9 viser den horisontale belastning af TP131 ved støttekonstruktionerne for forskellige tykkelser som et resultat af membranmekanismen.

Tabel 7 – ARECO TP131 350 MPa – Kapacitet under brandförhåll

Tykkelse	Brandmodstand	Kapacitet kN/m ²															
		Spändvidde															
		4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	8			
0.7	R15	7.16	6.68	6.27	5.90	5.57	5.28	5.01	4.77	4.56	4.36	4.18	4.01	3.76			
0.7	R30	3.61	3.37	3.16	2.97	2.81	2.66	2.53	2.41	2.30	2.20	2.11	2.02	1.90			
0.7	R60	2.16	2.02	1.89	1.78	1.68	1.59	1.51	1.44	1.38	1.32	1.26	1.21	1.14			
0.75	R15	7.70	7.18	6.73	6.34	5.99	5.67	5.39	5.13	4.90	4.68	4.49	4.31	4.04			
0.75	R30	3.88	3.62	3.39	3.19	3.01	2.86	2.71	2.58	2.47	2.36	2.26	2.17	2.03			
0.75	R60	2.32	2.16	2.03	1.91	1.80	1.71	1.62	1.55	1.48	1.41	1.35	1.30	1.22			
0.8	R15	8.22	7.68	7.20	6.77	6.40	6.06	5.76	5.48	5.23	5.01	4.80	4.61	4.32			
0.8	R30	4.13	3.86	3.62	3.40	3.22	3.05	2.89	2.76	2.63	2.52	2.41	2.32	2.17			
0.8	R60	2.47	2.31	2.16	2.04	1.92	1.82	1.73	1.65	1.57	1.51	1.44	1.38	1.30			
0.9	R15	9.42	8.80	8.25	7.76	7.33	6.94	6.60	6.28	6.00	5.74	5.50	5.28	4.95			
0.9	R30	4.72	4.40	4.13	3.89	3.67	3.48	3.30	3.15	3.00	2.87	2.75	2.64	2.48			
0.9	R60	2.82	2.63	2.47	2.32	2.19	2.08	1.97	1.88	1.79	1.72	1.64	1.58	1.48			
1	R15	10.44	9.75	9.14	8.60	8.12	7.69	7.31	6.96	6.64	6.36	6.09	5.85	5.48			
1	R30	5.21	4.86	4.56	4.29	4.05	3.84	3.65	3.47	3.32	3.17	3.04	2.92	2.74			
1	R60	3.11	2.90	2.72	2.56	2.42	2.29	2.18	2.07	1.98	1.89	1.81	1.74	1.63			
1.2	R15	12.64	11.80	11.06	10.41	9.83	9.31	8.85	8.43	8.04	7.69	7.37	7.08	6.64			
1.2	R30	6.26	5.84	5.48	5.16	4.87	4.61	4.38	4.17	3.98	3.81	3.65	3.51	3.29			
1.2	R60	3.73	3.48	3.26	3.07	2.90	2.75	2.61	2.49	2.37	2.27	2.17	2.09	1.96			
1.5	R15	15.96	14.90	13.97	13.14	12.41	11.76	11.17	10.64	10.16	9.72	9.31	8.94	8.38			
1.5	R30	7.80	7.28	6.83	6.43	6.07	5.75	5.46	5.20	4.97	4.75	4.55	4.37	4.10			
1.5	R60	4.63	4.32	4.05	3.81	3.60	3.41	3.24	3.09	2.95	2.82	2.70	2.59	2.43			

Tabel 8 – ARECO TP131 350 MPa – Afbøjning under brandförhåll (nedre grænse alene baseret på varmebelastning)

Brandmodstand	Afbøjning i m												
	Spændvidde												
	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	8
R15	0.241	0.258	0.276	0.293	0.310	0.327	0.344	0.362	0.379	0.396	0.413	0.431	0.459
R30	0.258	0.277	0.295	0.313	0.332	0.350	0.369	0.387	0.406	0.424	0.443	0.461	0.492
R60	0.274	0.293	0.313	0.332	0.352	0.372	0.391	0.411	0.430	0.450	0.469	0.489	0.521

Tabel 9 – ARECO TP131 350 MPa – Horisontal reaktion for forskellige tykkelser af tagplader ved forskellige eksponeringstider

Tykkelse	Brandmodstand	Horisontal reaktion kN
		4.2
0.7	R15	65.48
0.7	R30	30.85
0.7	R60	17.42
0.75	R15	70.40
0.75	R30	33.11
0.75	R60	18.68
0.8	R15	75.24
0.8	R30	35.32
0.8	R60	19.92
0.9	R15	86.28
0.9	R30	40.32
0.9	R60	22.70
1	R15	95.65
1	R30	44.53
1	R60	25.05
1.2	R15	115.95
1.2	R30	53.52
1.2	R60	30.03
1.5	R15	146.73
1.5	R30	66.76
1.5	R60	37.32

TP131 350 MPa med perforeringer

Tabel 10 viser kapaciteten for varierende spændvidder og tykkelser ved forskellige brandeksponeringstider for TP131-tagpladen. Tabel 11 viser den maksimale afbøjning af TP131 som en nedre grænse alene baseret på varmebelastningen og er derfor repræsenteret for varierende spændvidder ved forskellige brandeksponeringstider. Tabel 12 viser den horisontale belastning af TP131 ved støttekonstruktionerne for forskellige tykkelser som et resultat af membranmekanismen.

Tabel 10 – ARECO TP131 350 MPa (perforeret) – Kapacitet under brandforhold

Tykkelse	Brandmodstand	Kapacitet kN/m ²													
		Spændvidde													
		4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	8	
0.7	R15	3.58	3.34	3.13	2.95	2.78	2.64	2.51	2.39	2.28	2.18	2.09	2.01	1.88	
0.7	R30	1.81	1.69	1.58	1.49	1.40	1.33	1.26	1.20	1.15	1.10	1.05	1.01	0.95	
0.7	R60	1.08	1.01	0.95	0.89	0.84	0.80	0.76	0.72	0.69	0.66	0.63	0.61	0.57	
0.75	R15	3.85	3.59	3.37	3.17	2.99	2.84	2.69	2.57	2.45	2.34	2.24	2.16	2.02	
0.75	R30	1.94	1.81	1.70	1.60	1.51	1.43	1.36	1.29	1.23	1.18	1.13	1.09	1.02	
0.75	R60	1.16	1.08	1.01	0.96	0.90	0.85	0.81	0.77	0.74	0.71	0.68	0.65	0.61	
0.8	R15	4.11	3.84	3.60	3.39	3.20	3.03	2.88	2.74	2.62	2.50	2.40	2.30	2.16	
0.8	R30	2.07	1.93	1.81	1.70	1.61	1.52	1.45	1.38	1.32	1.26	1.21	1.16	1.09	
0.8	R60	1.24	1.15	1.08	1.02	0.96	0.91	0.87	0.82	0.79	0.75	0.72	0.69	0.65	
0.9	R15	4.71	4.40	4.12	3.88	3.66	3.47	3.30	3.14	3.00	2.87	2.75	2.64	2.47	
0.9	R30	2.36	2.20	2.06	1.94	1.83	1.74	1.65	1.57	1.50	1.44	1.38	1.32	1.24	
0.9	R60	1.41	1.32	1.23	1.16	1.10	1.04	0.99	0.94	0.90	0.86	0.82	0.79	0.74	
1	R15	5.22	4.87	4.57	4.30	4.06	3.85	3.65	3.48	3.32	3.18	3.05	2.92	2.74	
1	R30	2.61	2.43	2.28	2.15	2.03	1.92	1.82	1.74	1.66	1.59	1.52	1.46	1.37	
1	R60	1.55	1.45	1.36	1.28	1.21	1.15	1.09	1.04	0.99	0.95	0.91	0.87	0.82	
1.2	R15	6.32	5.90	5.53	5.20	4.92	4.66	4.42	4.21	4.02	3.85	3.69	3.54	3.32	
1.2	R30	3.13	2.92	2.74	2.58	2.43	2.31	2.19	2.09	1.99	1.91	1.83	1.75	1.64	
1.2	R60	1.86	1.74	1.63	1.53	1.45	1.37	1.30	1.24	1.19	1.13	1.09	1.04	0.98	
1.5	R15	7.98	7.45	6.98	6.57	6.21	5.88	5.59	5.32	5.08	4.86	4.66	4.47	4.19	
1.5	R30	3.90	3.64	3.41	3.21	3.03	2.88	2.73	2.60	2.48	2.38	2.28	2.19	2.05	
1.5	R60	2.32	2.16	2.03	1.91	1.80	1.71	1.62	1.54	1.47	1.41	1.35	1.30	1.22	

Tabel 11 – ARECO TP131 350 MPa (perforeret) – Afbøjning under brandforhold (nedre grænse alene baseret på varmebelastning)

Brandmodstand	Afbøjning i m													
	Spændvidde													
	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	8	
R15	0.241	0.258	0.276	0.293	0.310	0.327	0.344	0.362	0.379	0.396	0.413	0.431	0.459	
R30	0.258	0.277	0.295	0.313	0.332	0.350	0.369	0.387	0.406	0.424	0.443	0.461	0.492	
R60	0.274	0.293	0.313	0.332	0.352	0.372	0.391	0.411	0.430	0.450	0.469	0.489	0.521	

Tabel 12 – ARECO TP131 350 MPa (perforeret) – Horizontal reaktion for forskellige tykkelser af tagplader ved forskellige eksponeringstider

Tykkelse	Brandmodstand	Horizontal reaktion kN
		4.2
0.7	R15	32.74
0.7	R30	15.43
0.7	R60	8.71
0.75	R15	35.20
0.75	R30	16.55
0.75	R60	9.34
0.8	R15	37.62
0.8	R30	17.66
0.8	R60	9.96
0.9	R15	43.14
0.9	R30	20.16
0.9	R60	11.35
1	R15	47.83
1	R30	22.27
1	R60	12.52
1.2	R15	57.97
1.2	R30	26.76
1.2	R60	15.02
1.5	R15	73.37
1.5	R30	33.38
1.5	R60	18.66

RISE Research Institutes of Sweden AB
Brandteknik - Brandforskning

Utført av

Granskat av

Alastair Temple

Per Blomqvist

Dette er en oversættelse fra det engelske originaldokument. I tilfælde af uenighed om dokumentets indhold har den engelske tekst forrang.

Bilagor

Bilag 1 – Beregningsmetode

Bilag 2 – Tegninger

Bilag 3 – Profildata

Bilaga 1

Beregningsmetode**A.1 Termisk respons**

Den termiske respons er beregnet baseret på EN 1991-1-2:2002. Den anvendte temperaturtidskurve er for en almindelig brand, EN 1363-1:1999. Som følge af isoleringen på stålpladen ignoreres varmetabet til omgivelserne. Den samlede varmestrøm til overfladen er givet ved:

$$\dot{q}_{net} = \dot{q}_c + \dot{q}_{rad}$$

Den samlede konvektionsvarmestrøm er givet ved:

$$\dot{q}_c = h_c(\theta_f - \theta_s)$$

Hvor h_c er varmeovergangskoefficienten ved konvektion, 25 W/m²K i henhold til Eurocode 1, θ_s er ståltemperaturen, og θ_f er brandtemperaturen.

Varmestrømmen ved stråling er givet ved:

$$\dot{q}_r = h_{rad}(\theta_f - \theta_s)$$

Hvor h_{rad} er varmeovergangskoefficienten ved stråling, $h_{rad} = \varepsilon\sigma(\theta_f^2 + \theta_s^2)(\theta_f + \theta_s)$, ε er udstrålingsfaktoren for stål (i dette tilfælde antages den at være 0,8), og σ er Stefan Boltzmann-konstanten.

Temperaturen i stålet, θ_s , kan derefter fås via den fremadrettede differensmetode:

$$\theta_s(t + \Delta t) = \frac{\dot{q}_{net}\Delta t}{\rho_s c_{ps} d_s} + \theta_s(t) \quad [1]$$

ρ_s , c_{ps} og d_s er hhv. densiteten, den specifikke varme og stålets tykkelse.

A.2 Strækkapacitet

Membrankapaciteten er baseret på strækmodstanden i tagpladen. Det betyder, at al bøjning, eller bøjningskapacitet, er ignoreret i beregningen, og bestemmelsen af kapaciteten er baseret på tagets evne til at "hænge" under spænding. Dette betyder, at der genereres store horisontale "trækkrafter" ved støttekonstruktionerne. Disse kræfter begrænses af de tilstødende tagpladepaneller, som genererer tilsvarende kræfter i de tilstødende fag.

Fra Eurocode 3 er modstanden i en spændingsbjælke under brandforhold givet ved:

$$T(\theta) = k_{y,\theta} T_{amb} \quad [2]$$

hvor T_{amb} er strækmodstanden af bjælken ved omgivelsestemperatur, og $k_{y,\theta}$ er reduktionsfaktoren for strækbelastningen ved temperatur θ .

A.3 Mekanisk respons

Tagpladens afbøjede form- og grænsebetingelser er vist i Figur A1. Afbøjningen kaldes δ og varierer med positionen (x) langs spændvidden. Den maksimale afbøjning δ_{max} optræder midt på spændvidden. Baseret på temperaturen alene er den samlede længde, L_T , givet ved:

$$L_T = L(1 + \alpha\Delta\theta_s)$$

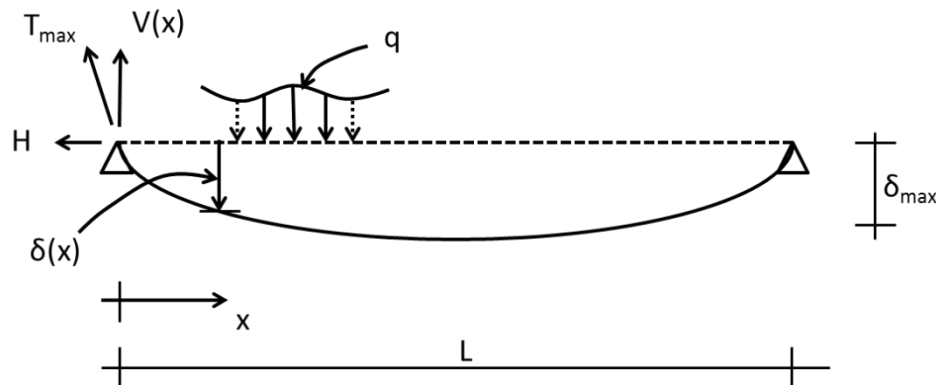
Hvor L er den oprindelige længde eller længden mellem støttekonstruktionerne, α er koefficienten for varmeudvidelsen, og $\Delta\theta_s$ er temperaturændringen fra den omgivende

Bilaga 1

temperatur. Hvis afbøjningen tilnærmes en kvadratisk form, er den maksimale afbøjning således givet ved:

$$\delta = L\sqrt{\frac{3}{8}}\alpha\Delta\theta_s \quad [3]$$

Ved støttekonstruktionerne er der en horisontal reaktionskomponent som et resultat af spændingen i pladen midt på spændvidden, og der er også en vertikal forskydningsreaktion samt den resulterende spænding i tagpladen. Den anvendte belastning, q , er konstant på tværs af tagpladen.



Figur A1 – Grænsebetingelserne og den afbøjede form af tagpladen

Hvis der tages hensyn til symmetri, og der fokuseres på én af støttekonstruktionerne, kan den horisontale reaktion i tagpladen bestemmes til at være følgende:

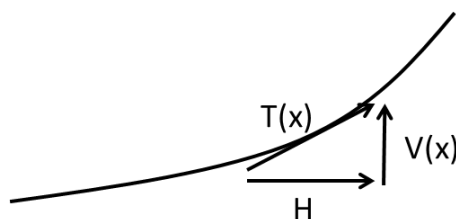
$$H = \frac{qL^2}{8\delta} \quad [4]$$

Spændingen i tagsystemet lig med resultatet af disse to kræfter, med hensyn til variationen i forskydning og spænding på tværs af spændvidden, Figur A2. Fra ligevægten er den horisontale kraft konstant på tværs af tagpladens spændvidde. Forskydningskraften på et vilkårligt punkt, x , er givet ved:

$$V(x) = \frac{q(L-x)}{2}$$

Membrankraften ved x er givet ved:

$$T(x) = \sqrt{V(x)^2 + H(x)^2}$$



Figur A2 – Kraftkomponenterne i tagpladen

Bilaga 1

Ved gulvets støttekonstruktioner er forskydningskraften størst, og derfor er membranreaktionen i tagpladen også størst og er givet ved:

$$T_{max} = \sqrt{\left(\frac{qL}{2}\right)^2 + H^2} \quad [5]$$

Ved at kombinere ligning 4 og 5 fås følgende udtryk for den maksimale spænding i tagpladen:

$$T_{max} = \sqrt{\frac{q^2 L^2}{4} + \frac{q^2 L^4}{64\delta^2}}$$

Ved at omrangere denne fås følgende udtryk for q:

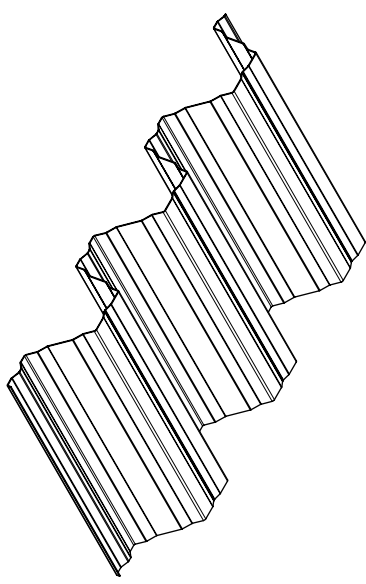
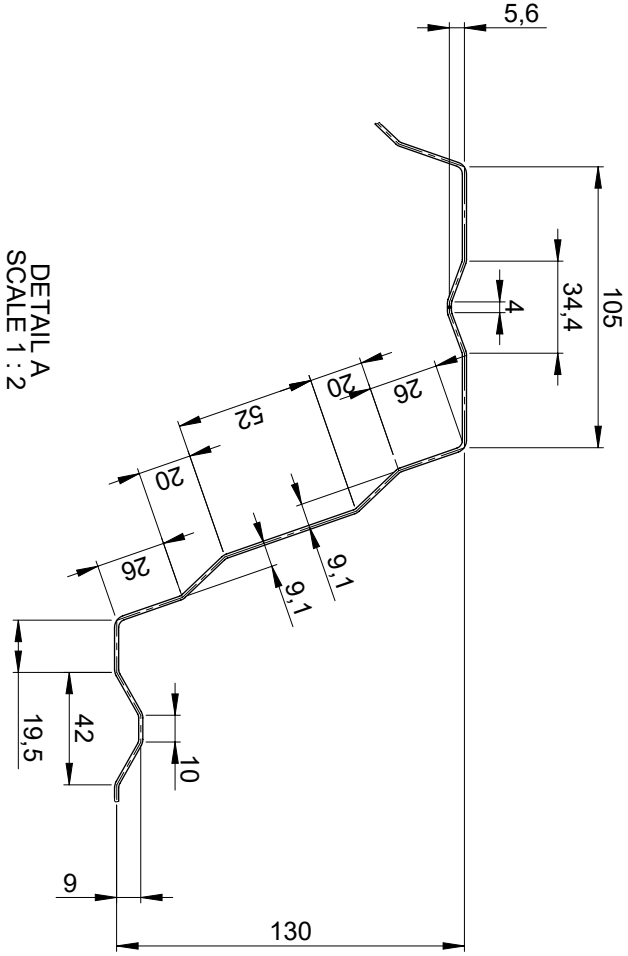
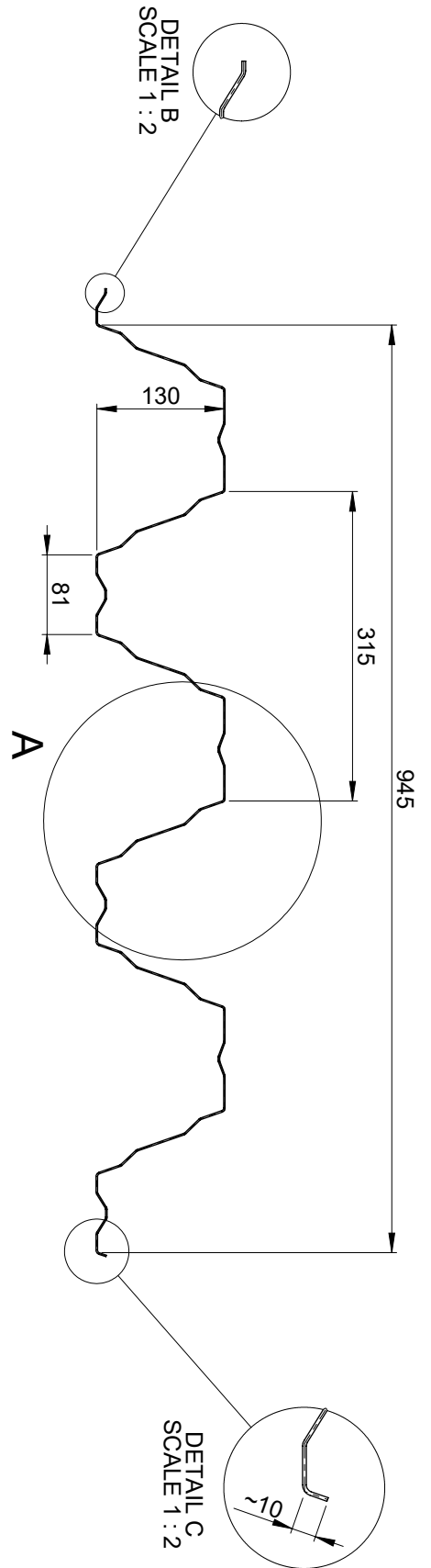
$$q = \sqrt{\frac{T_{max}^2}{\left(\frac{L^2}{4} + \frac{L^4}{64\delta^2}\right)}} \quad [6]$$

Ved at indsætte tagpladens maksimale afbøjning og maksimale modstand beregnet som en spændingsbjælke i ligning 6, som vist ovenfor, fås tagpladens ultimative kapacitet, q_{ult} .

A.4 Referencer

1. Tegning af Areco TP131-profil (tegning nr. 35244)
2. Informationsdataark om Areco TP131
3. EN 1991:2002 Last på bærende konstruktioner - Del 1-2 Generelle laster - Brandlast
4. EN 1993:2005 Stålkonstruktioner - Del 1-2 Generelle regler, Brandteknisk dimensionering
5. Prøvning af brandmodstandsevne – Del 1: Generelle krav

Bilag 2 – Tegningar



Surface treating	Weight	Classification	Designer	Date
	9.10 kg	Project number	ReH	08.11.2018

Description	Drawing number	Sheets
Profile TP131	35244	Rev
		A

See Sheet1	Pvm / Date	Suun. / Des.d
Muutos / Change	-	-

Rev	1	2	3	4	5	6	7	8
-----	---	---	---	---	---	---	---	---

Bilag 3 – Profildata

TvårisnAsdata Areco TP131-350

PlåAjocklek	nominell	mm	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5
	vid beräkning	mm	0.665	0.760	0.866	0.955	1.144	1.42
Sträckgräns	f_y	N/mm ²	350	350	350	350	350	350
	Innerstöd smal	UpplagsreakGon Is=100mm	KN/m	22.2	28.7	36.8	44.2	61.9
Smal fläns	Moment M_p	KNm/m	11.93	14.04	16.42	18.85	25.08	34.27
	tryckpåverkad	Tröghetsmoment I_{def}	mm ⁴ /mm	2478	2832	3227	3558	4262
Innerstöd bred	UpplagsreakGon Is=100mm	KN/m	20.6	27.2	36.1	44.2	61.9	91.9
	Bred fläns	Moment M_p	KNm/m	9.68	11.85	14.38	16.58	21.39
tryckpåverkad	Tröghetsmoment I_{def}	mm ⁴ /mm	2456	2832	3227	3558	4262	5291

TvårisnAsdata Areco TP131-420

PlåAjocklek	nominell	mm	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5
	vid beräkning	mm	0.665	0.760	0.866	0.955	1.144	1.42
Sträckgräns	f_y	N/mm ²	420	420	420	420	420	420
	Innerstöd smal	UpplagsreakGon Is=100mm	KN/m	24.3	31.5	40.3	48.5	67.8
Smal fläns	Moment M_p	KNm/m	13.75	16.32	19.16	21.56	27.85	38.9
	tryckpåverkad	Tröghetsmoment I_{def}	mm ⁴ /mm	2478	2832	3227	3558	4262
Innerstöd bred	UpplagsreakGon Is=100mm	KN/m	22.6	29.8	39.6	48.5	67.8	100.7
	Bred fläns	Moment M_p	KNm/m	10.75	13.24	16.15	18.7	24.33
tryckpåverkad	Tröghetsmoment I_{def}	mm ⁴ /mm	2419	2827	3227	3558	4262	5291