



6.

Fastgørelse af tagpapdækning/ solceller

PTM-anvisning 6. udgave 2023

FASTGØRELSE AF TAGDÆKNING / SOLCELLER

0. Indledning til fastgørelse af tagdækning/solceller.....	5
1. Sikkerhed.....	7
1.1 Anvendelsesområde.....	8
1.2 Sikkerhedssystem.....	8
1.3 Dimensioneringsprocedure.....	10
2. Vindsug generelt.....	11
2.1 Regningsmæssigt vindsug.....	12
2.2 Det maksimale hastighedstryk.....	13
2.3 Formfaktorer.....	16
2.4 Indvendigt overtryk.....	22
2.5 Tabeller over regningsmæssigt vindsug.....	25
2.6 Linjelast på tagets kanter.....	30
2.7 Tagopbygninger.....	32
2.8 Spring i bygningshøjden.....	33
3. Fastsættelse af fastgørelsessystemers regningsmæssige styrke.....	35
3.1 Sømning.....	38
3.2 Svejsning til underlaget.....	38
3.3 CE-mærkning.....	38
4. Mekanisk fastgørelse af tagdækning (skruer).....	39
4.1 Baggrund.....	40
4.2 Udtrækning af fastgørelsesmidler fra underlag.....	46
4.3 Styrke af fastgørelsesbeslag.....	47
4.4 Krav til overlæg og afstande.....	47
4.5 Fastholdelse af isolering.....	50
5. Mekanisk fastgørelse af tagdækning (sømning).....	51
5.1 Baggrund.....	52
5.2 Beregning af vindsug.....	52
5.3 Udførelse.....	52
6. Ballast.....	57
6.1 Generelt.....	58
6.2 Bestemmelse af vindsug.....	59
6.3 Bestemmelse af vindhastigheder i hvirvler.....	60
6.4 Forankring mod vindsug.....	61
6.5 Grønne tage.....	62
7. Styrke af svejsning.....	63
8. Dimensionering.....	65
8.1 Standardfastgørelsesplan.....	69

NB: Tjek altid på Phønix Tag Materialers hjemmeside, om der efter tryk er kommet rettelser til denne PTM-anvisning.

9. Tagkanter og detaljer.....	71
9.1 Tagkanter.....	73
10. Ovenlys, tagnedløb og hætter.....	79
10.1 Vindsug.....	80
10.2 Fastgørelse af ovenlys.....	81
10.2.1 Dimensioneringsregler for store ovenlys.....	82
10.3 Tagnedløb og hætter.....	84
11. Korrosion og ældning af fastgørelsesmidler.....	85
12. Varmklæbning af isolering til underlaget.....	87
13. Varmklæbning af tagdækning til isolering.....	89
14. Fastgørelse af isoleringselementer med påklæbet tagpap.....	91
15. Fastgørelse af solceller på tagpap.....	93
15.1 Indledning.....	94
15.2 Montagemetoder.....	95
15.2.1 Mekanisk fastgjorte solcelleanlæg.....	96
15.2.1.1 Løsninger til lave hældninger	97
15.2.1.2 Løsninger til hældningstage $\geq 1:5$	102
15.2.1.3 Fastgørelsesbeslag til hældningstage.....	104
15.2.2 Ballastløsninger.....	106
15.2.3 Klæbede løsninger.....	108
15.3 Belastninger fra solcelleanlæg	109
15.4 Brand	111
15.5 Fugtforhold	111
15.6 Afvanding	112
15.7 Kabelgennemføringer.....	113

0.

Indledning til fastgørelse af tagdækning/solceller

0. INDLEDNING TIL FASTGØRESLE AF TAGDÆKNING

Vindlast på tage i Danmark bestemmes ud fra Eurocodes og de tilhørende danske annex'er.

- Eurocode 0: DS/EN 1990:2002: Projekteringsgrundslag for bærende konstruktioner.
- DS/EN 1990 DK NA:2021: Dansk nationalt Annex. Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner.
- DS/EN 1991-1-1 DK NA:2013: Del 1-1: Last på bærende konstruktioner – Generelle last – Densiteter, egenlast og nyttelast på bygninger.
- DS/EN 1991-1-4: Del 1-4: Generelle laster – Vindlast.

Styrken af tagsystemerne bestemmes på basis af produktstandarden for tagpap:

- DS/EN 13707: Flexible membraner til fugtisolering – Forstærket tagpap. Definitioner og egenskaber,

og den tilhørende prøvningsstandard for bestemmelse af styrken/modstandsevnen:

- DS/EN 16002:2018: Flexible membraner til vandtætning – Bestemmelse af mekanisk fastgjorte tagdækningers modstandsevne over for vindlast.

Der foreligger nu også en Design guideline for mekanisk fastgjorte tagdækningssystemer:

- DS/CEN/TS 17659:2021: Konstruktionsvejledning for mekanisk fæstnede tagdækningssystemer.

I Danmark anvendes mekanisk fastgjort tagpap på løst udlagt tagisolering og isoleringen fastgøres sammen med tagpapdækning.

1.

Sikkerhed

1. SIKKERHED

Denne anvisning kan anvendes for vindbelastninger svarende til danske forhold, ekskl. Grønland og Færøerne. Dimensionering af fastgørelse i Grønland og på Færøerne kan baseres på de samme principper, som i denne anvisning, men der skal anvendes de relevante basisvindhastigheder anført i Eurocode 1 og tages hensyn til lokale terrænforhold og lokale sikkerhedskrav ved en ingeniørmæssig vurdering.

Indeholdet af denne anvisning er baseret på den tidligere TOR-anvisning 29, som er udarbejdet i samarbejde med brancheforeningen Forsikring og Pension.

1.1 ANVENDELSESOMRÅDE

Anvisningen omfatter varme og kolde tage med tagdækning af tagpap.

Dimensioneringen kan udføres for følgende typer af fastgørelser:

- Mekanisk fastgørelse af tagdækning og isolering
- Sømning
- Fastgørelse ved hjælp af ballast.

Dimensionering af fastgørelse ved sømning er baseret på erfaringer. Fastgørelse ved ballast er baseret på norske anvisninger og erfaring.

1.2 SIKKERHEDSSYSTEM

Dimensionering af fastgørelser for tagisolering og tagdækning baseres på de sikkerhedsprincipper, der anvendes for konstruktioner, som beskrevet i Eurocodes. Sikkerheden defineres som partialkoefficienten, der påføres henholdsvis lasten og systemets styrke, som angivet på figur 1.2.1.

Partialkoefficienten på vindlasten, γ_w , er fastsat til 1,5 i henhold til Eurocode 0.

Den regningsmæssige vindlast pr. m² beregnes som:

$$w_d = \gamma_w \cdot q_p \cdot c = 1,5 \cdot q_p \cdot c$$

hvor,

γ_w er partialkoefficient

q_p er peakhastighedstryk

c er formfaktor for det aktuelle område af taget

c er sammensat af 3 faktorer:

$$c = c_s \cdot c_d \cdot c_{pe,1}$$

hvor,

$c_s \cdot c_d = 1$ for tage på bygninger

$c_{pe,1}$ er formfaktoren for det aktuelle område af taget svarende til 1 m².

Karakteristisk styrke

Fastgørelsessystemer kan i princippet bryde på 3 måder:

- a) Gennemtrækning eller udrivning af fastgørelsesmidlet i tagmembranen.
- b) Overtræk af selve fastgørelsesmidlet.
- c) Udtrækning af fastgørelsesmidlet af underlaget.

Den karakteristiske styrke, m_k bestemmes for hver af de 3 brudmåder på følgende måde:

- a) Den karakteristiske styrke bestemmes på basis af DS/EN 16002 ud fra fuldskalaforsøg.
- b) Den karakteristiske styrke af selve fastgørelsesmidlet mod overtrækning bestemmes på basis af EAD 030351-00-0402-2019 Annex 2.
- c) Den karakteristiske styrke for udtrækning af underlaget bestemmes ligeledes på basis af EAD 030351-00-0402-2019.

Hvis underlaget er ukendt bestemmes den karakteristiske udtrækningsstyrke af underlaget ved prøvning på stedet i henhold til DS/EN 17659:2021.

Regningsmæssig styrke

Den regningsmæssige styrke af et fastgørelsessystem bestemmes af den mindste af de 3 regningsmæssige styrker for de 3 brudmåder.

$$m_{d, \text{ gennemtrækning}} = \frac{m_{k, \text{ gennemtrækning}}}{\lambda_1}$$

$$m_{d, \text{ overtræk}} = \frac{m_{k, \text{ overtræk}}}{\lambda_2}$$

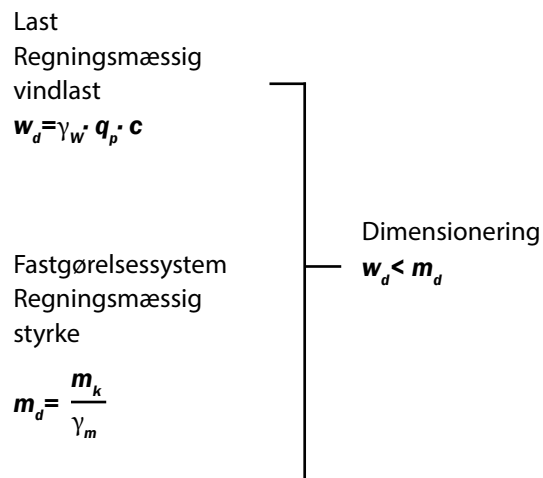
$$m_{d, \text{ udtrækning}} = \frac{m_{k, \text{ udtrækning}}}{\lambda_3}$$

λ_1 sættes i Danmark til 1,27 og er fastlagt på basis af Eurocode 1.

λ_2 sættes til 1,5

λ_3 afhænger af underlagsmaterialet og varierer fra 1,86 til 2,0 (se tabel 3.1.1.)

Forudsætningen for disse partialkoefficienter er, at der er tale om konsekvensklasse CC1 i henhold til Eurocode 0, da det ikke påregnes at brud kan medføre risiko for menneskeliv. I særlige tilfælde kan der være tale om konsekvensklasse CC2 og partialkoefficienterne ganges i så fald med 1.1.



- q_p : Karakteristisk maksimal vindlast
 (peakhastighedstryk)
 w_d : Regningsmæssig vindlast
 (sum af w_{ed} og w_{ld})
 γ_w : Partialkoefficient på lasten
 ($\gamma_w = 1,5$)
 m_k : Karakteristisk styrke
 m_d : Regningsmæssig styrke af
 fastgørelsessystem
 γ_m : Partialkoefficient på styrken
 ($\gamma_m = 1,27$)
 c : Formfaktor

Figur 1.2.1 Sikkerhedssystem

1.3 DIMENSIONERINGSPROCEDURE

Ved dimensionering af fastgørelser for tagdækning og tagisolering kan anvendes følgende dimensioneringsprocedure:

1. Fastsættelse af den regningsmæssige vindlast på taget ud fra bygningsgeometri og omkringliggende terræn.
2. Fastsættelse af fastgørelsessystemets regningsmæssige styrke.
3. Dimensionering af fastgørelse og optegning af fastgørelsesplan.
4. Udarbejdelse af detaljer og beskrivelse af de udførelsesmæssige forhold.
5. Fastlæggelse af kvalitetssikring.

2.

Vindsug generelt

2.1 REGNINGSMÆSSIGT VINDSUG

Den regningsmæssige vindlast bestemmes på grundlag af Eurocode 1. Eurocode 1 er udarbejdet med henblik på de bærende hovedkonstruktioner, der kan fordele belastninger over et areal på flere kvadratmeter. Sekundære konstruktioner, som beklædninger og tagdækninger, kan dog også med rimelighed beregnes på grundlag af belastninger anført i Eurocode 1, når der tages hensyn til den manglende evne til at fordele kræfterne og de deraf følgende højere lokale belastninger.

Der regnes derfor med formfaktorer for udvendige vindtryk svarende til 1 m² dvs. $c_{pe,1}$ i henhold til Eurocode 1.

Desuden skal der tages hensyn til det indre overtryk fra vindtryk på åbne porte m.v., hvis tagkonstruktionen ikke i sig selv er lufttæt.

Det regningsmæssige vindsug pr. m² tagflade beregnes som:

$$w_{ed} = \gamma_w \cdot q_p \cdot c_{pe,1}$$

hvor,

γ_w er partialkoefficienten for last på 1,5

q_p er det maksimale hastighedstryk i henhold til Eurocode 1-4 og det danske Annex.

$c_{pe,1}$ er den udvendige formfaktor svarende til 1 m² i henhold til Eurocode 1-4 og det danske Annex.

2.2 DET MAKSIMALE HASTIGHEDSTRYK

Det maksimale hastighedstryk fastsættes ud fra områdets geografiske placering, det omkringliggende terræn og bygningens højde.

Normalt inddeles i følgende 4 terrænkategorier i henhold til Eurocode 1:

Terrænkategori		Terræn-faktor k_t [m]	Ruheds-længde z_0 [m]	Min højde $z_{\min}$ [m]
I	Søer eller fladt og vandret område uden væsentlig vegetation og uden forhindringer, samt hav- eller kystområde eksponeret til åbent hav	0,170	0,01	1
II	Områder med lav vegetation som f.eks. græs og enkelte forhindringer (træer, bygninger) med indbyrdes afstande på mindst 20 gange forhindringens højde	0,190	0,05	2
III	Område med regelmæssig vegetation eller bebyggelse eller med enkeltvis forhindringer med afstande på højst 20 gange forhindringens højde (som f.eks. landsbyer, forstadsområder, permanent skov)	0,215	0,3	5
IV	Område, hvor mindst 15 % af overfladen er dækket med bygninger, hvis gennemsnitshøjden er større end 15 meter	0,234	1,0	10

Tabel 2.2.1 Terrænkategorier

Hvis terrænet omkring bygningen ikke er homogent, kan der regnes med forskellige vindhastigheder fra de forskellige vindretninger. Hvis terrænet i en retning ikke er homogent, kan der foretages en vægtning af de forskellige terrænrheder.

Se Eurocode 1. Ved denne vægtning tages hensyn til arealernes størrelse og deres afstand fra konstruktionen. Er der tvivl om valget af terrænkategori, skal den mest glatte kategori benyttes.

Bygningshøjden er dimensionsgivende og regnes fra laveste terrænkote til det højeste punkt på tagfladen, dvs. for sadeltage kippen og for pulttage og vandrette tage den højeste facade.

Følgende procedure kan anvendes til bestemmelse af det maksimale hastighedstryk (peakhastighedsudtrykket). jf. Eurocode 1.

1. Basishastighedstryk

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

hvor,

ρ er luftens densitet, regnes normalt til $1,25 \text{ kg/m}^3$, v_b er basisvindhastigheden, regnes til 24 m/s overalt i Danmark, bortset fra i en randzone i Jylland med lokaliteter, der ligger mindre end 25 km fra Vesterhavet eller Ringkøbing fjord, hvor den regnes til 27 m/s jf. figur 2.2.1.

2. Ruhedsfaktor

$$c_r = k_r \cdot \ln(z/z_0); z_{\min} \leq z < z_{\max}$$

hvor,

z er bygningens højde, $z_{\max}$ sættes til 200 meter

k_r er terrænfaktoren afhængig af ruhedslængde z_0

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07}$$

hvor,

$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$, er referenceruhedslængden

$$3. 10\text{-minutters middelhastighedstrykket } q_m = c_r^2 \cdot q_b$$

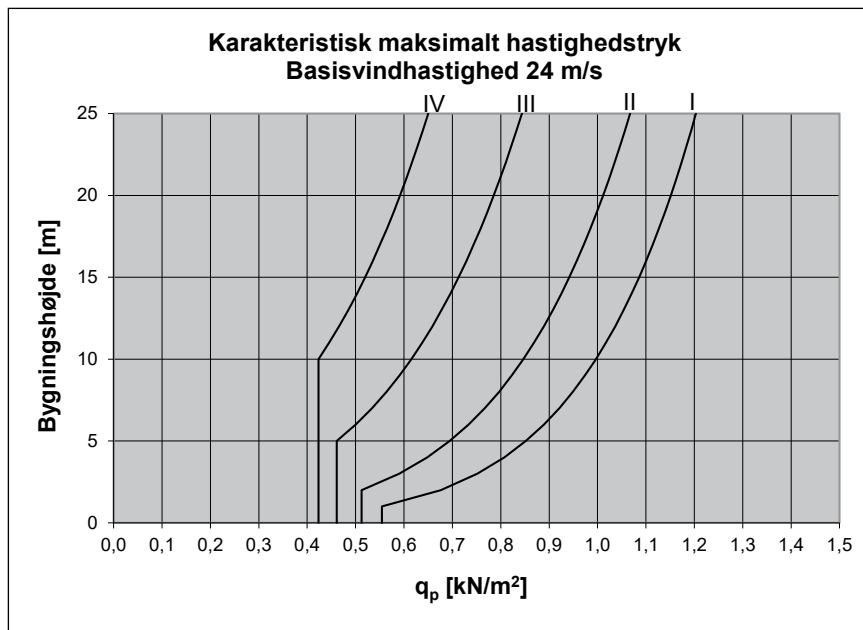
$$4. \text{Turbulensintensiteten } I_v = 1/\ln(z/z_0); z \geq z_{\min}$$

$$5. \text{Det maksimale hastighedstryk } q_p = (1+7 \cdot I_v) \cdot q_m$$

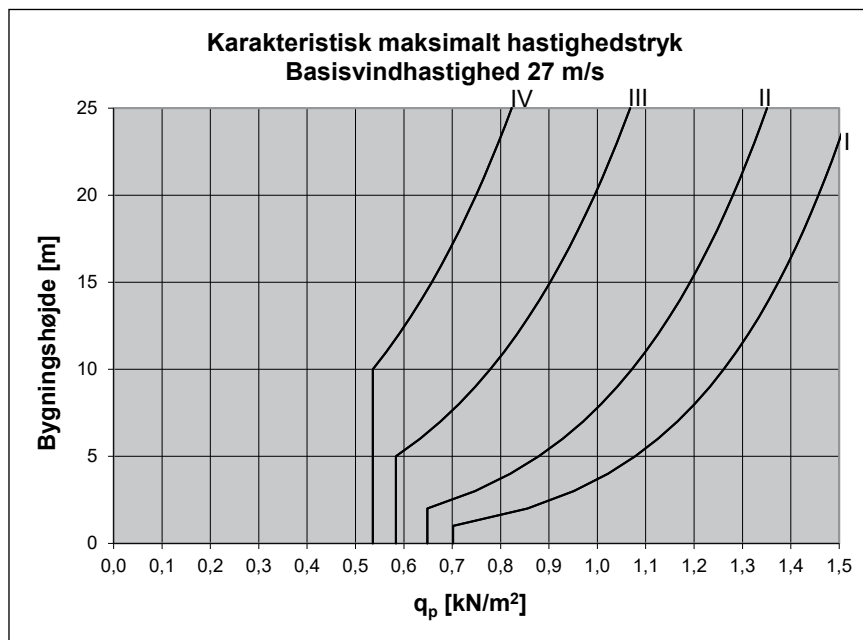


Figur 2.2.1 Basisvindhastigheder i Danmark

Det maksimale hastighedstryk som funktion af bygningens højde, terrænkategorien samt basisvindhastigheden ses på figur 2.2.2 og 2.2.3. Der er i Eurocode 1 del 1-4 fastlagt minimumshøjder i de forskellige terrænkategorier, som også fremgår af tabellerne.



Tabel 2.2.2 Karakteristisk maksimalt hastighedstryk svarende til basisvindhastigheder på 24 m/s, for terrænkategori I, II, III og IV



Tabel 2.2.3 Karakteristisk maksimalt hastighedstryk svarende til basisvindhastigheder på 27 m/s, for terrænkategori I, II, III og IV

I zonen langs den jyske vestjyske vestkyst kan regnes med basisvindhastigheden aftager lineært fra 27 m/s ved kysten til 24 m/s ved kystzonens ophør.

2.3 FORMFAKTORER

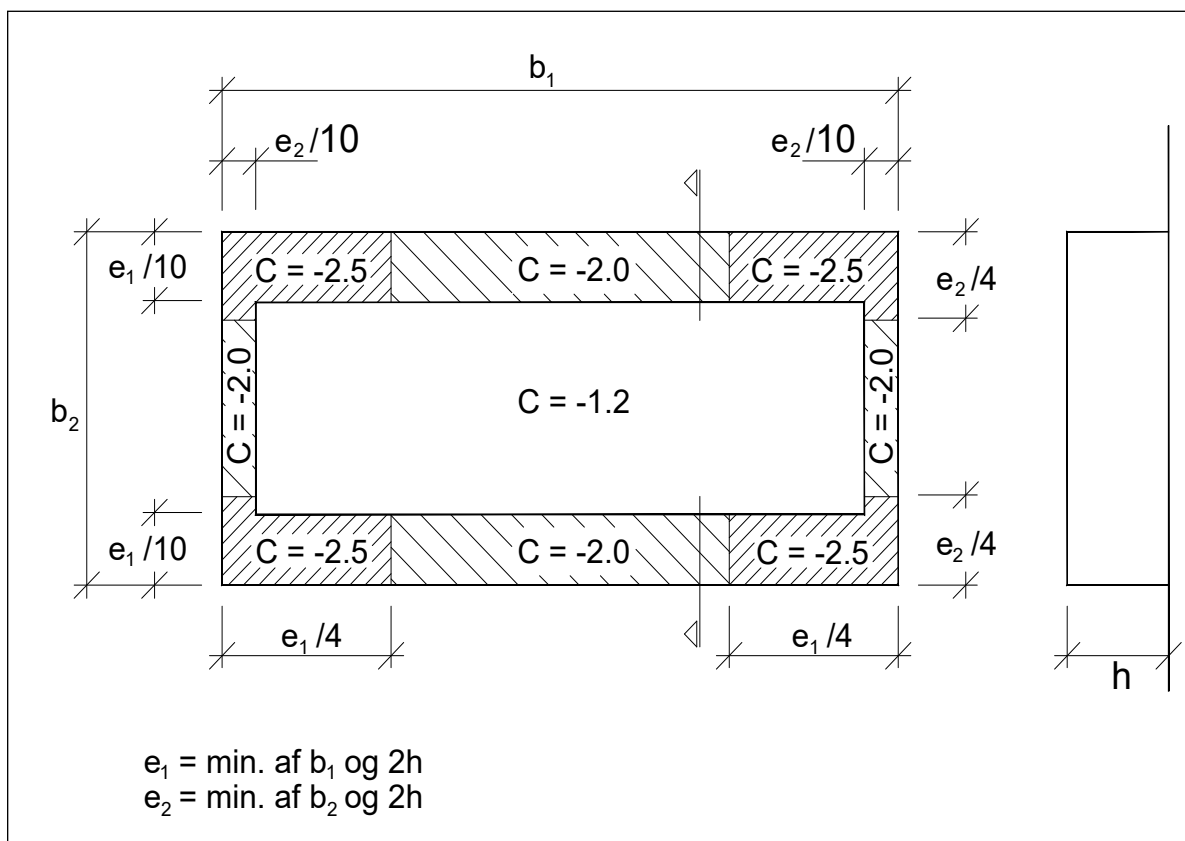
Formfaktoren afhænger af tagformen og af udformningen af tagkanten og varierer over tagfladen. Formfaktoren er også afhængig af belastningsarealet, så formfaktoren er større for et lille areal end for et stort. De anførte formfaktorer $c_{pe,1}$ er bestemt på basis Eurocode 1 svarende til et belastningsområde på 1 m².

Derudover tages hensyn til kantudformningens indflydelse på formfaktoren ved dimensionering af fastgørelse på og umiddelbart bag tagkanten.

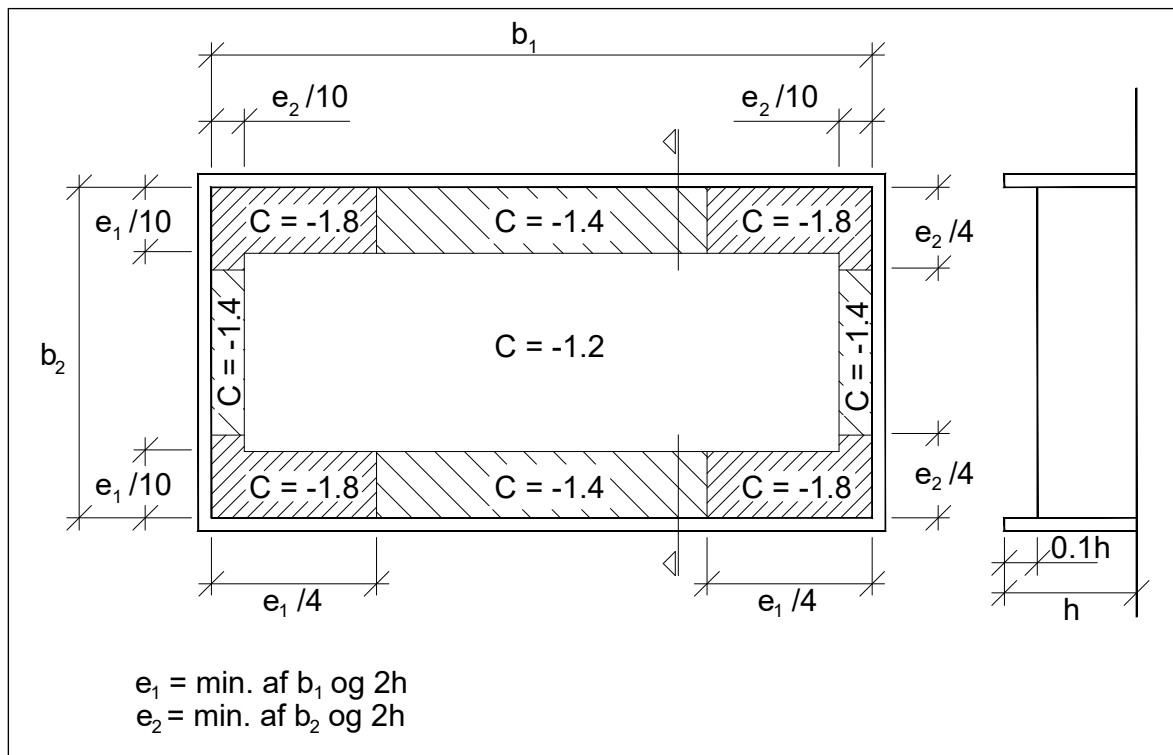
Følgende er gældende for de nævnte tagtyper. Parametrene er bestemt som den mindste værdi af b og $2h$, hvor b er bygningsbredden på tværs af vindretningen og h er bygningshøjden.

Flade tage

For flade tage, dvs. tage med hældning mindre end eller lig 5° og uden murkrone, anvendes formfaktorer jf. figur 2.3.1. For flade tage med murkrone hele vejen rundt om taget kan anvendes reducerede formfaktorer, som afhænger af murkronens højde i forhold til bygningshøjden. Tabeller for dette findes i Eurocode 1. Se tabel 2.3.1.



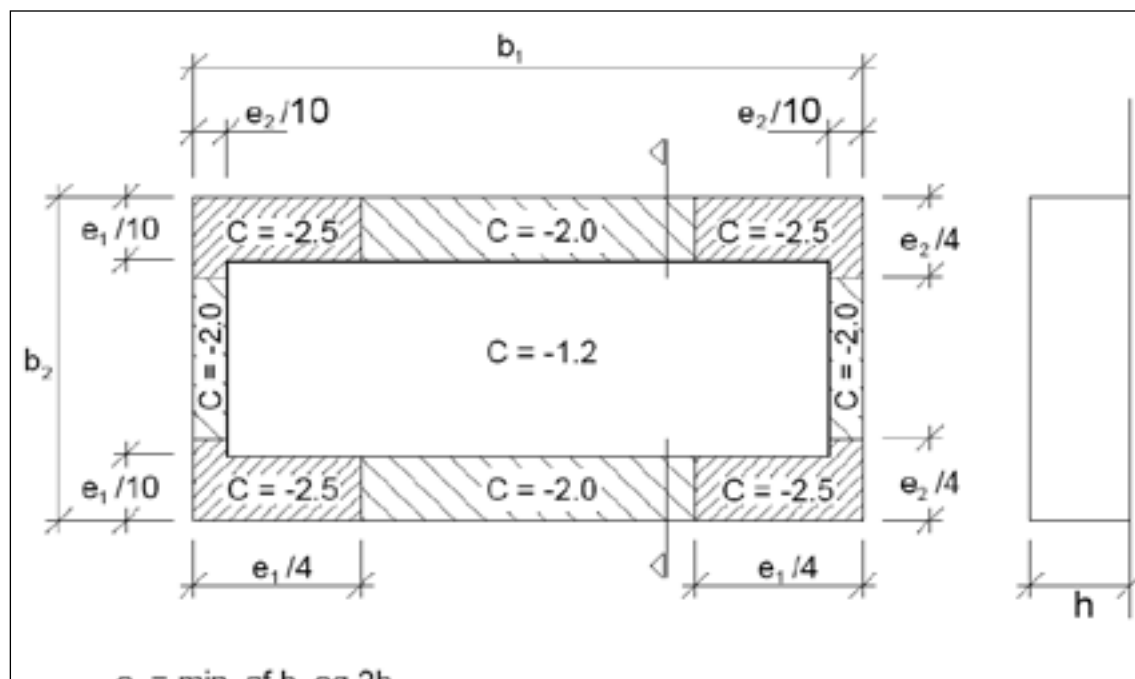
Figur 2.3.1 Formfaktorer $C_{pe,1}$ for sug på flade tage uden murkrone/sternkant



Figur 2.3.2 Formfaktorer $C_{pe,1}$ for sug på flade tage med murkrone, svarende til 1/10 af bygningshøjden

For bygninger med tagkanter, der er mindre end 0,1 gange bygningshøjden, kan der anvendes formfaktorer, der ligger mellem de faktorer, som er angivet i figur 2.3.1 og 2.3.2 efter reglerne i Eurocode 1. For bygninger med runde tagkanter eller affasede tagkanter kan ligeledes anvendes reducerede formfaktorer.

For store flade tage kan anvendes et indre midterfelt med en formfaktor på -0,5, som vist på nedenstående tabel 2.3.1. hvis $2 \times h$ er mindre end $b/2$:



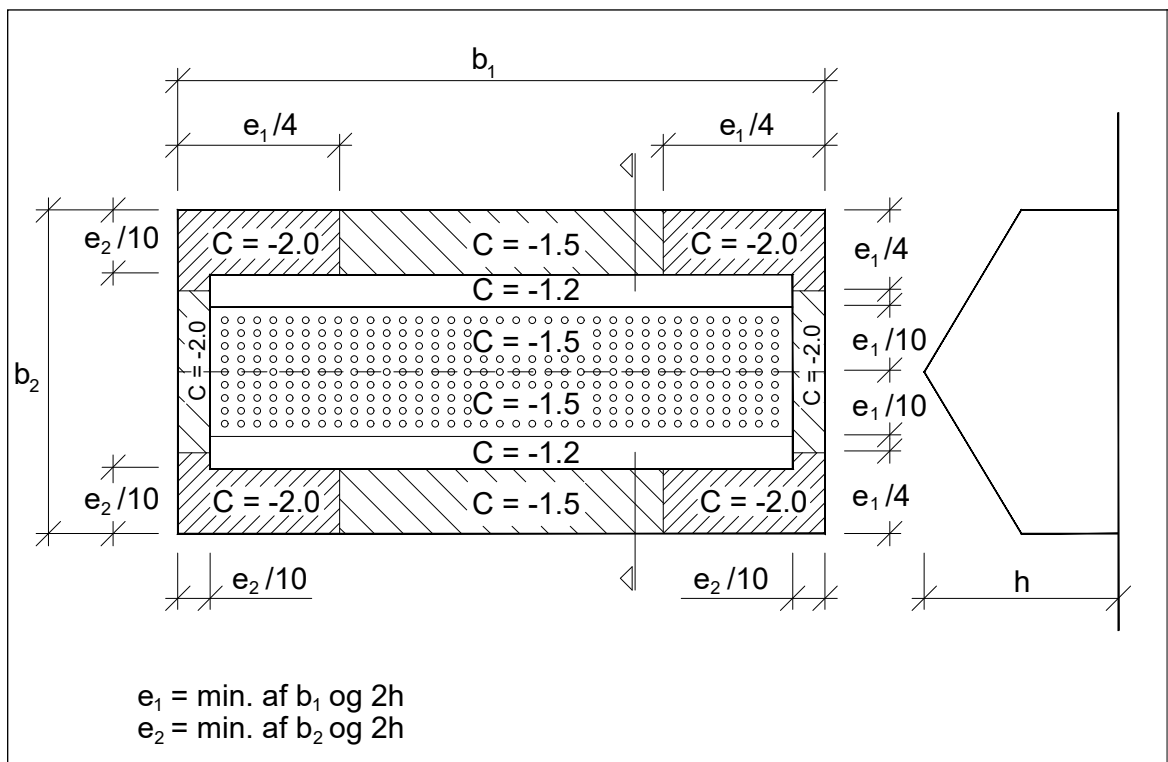
Figur 2.3.1.a Formfaktorer $C_{pe,1}$ for sug på fladt tag uden murkrone, hvor $2 \times \text{højden, } 2h$, er mindre end $b/2$, med indre midterzone

Vindsug og vindtryk

Højde af murkrone h_m	Hjørnezone	Randzone	Midterzone	Indre midterzone
$h_m/h = 0$	- 2,5	- 2,0	- 1,2	- 0,5
$h_m/h = 0,025$	2,2	-1,8	- 1,2	- 0,5
$h_m/h = 0,05$	2,0	-1,6	- 1,2	- 0,5
$h_m/h \geq 0,10$	- 1,8	- 1,4	- 1,2	- 0,5

Tabel 2.3.1. Tabel over formfaktorer, $C_{pe,1}$ som funktion af murkronens højde, h_m , i forhold til bygningens højde uden murkrone, h

Vindsuget og vindtrykket på murkronen svarer til en fritstående mur, men vindsuget på bagsiden ind mod taget regnes for samme vindsug som de tilstødende rand- og hjørnezoner.



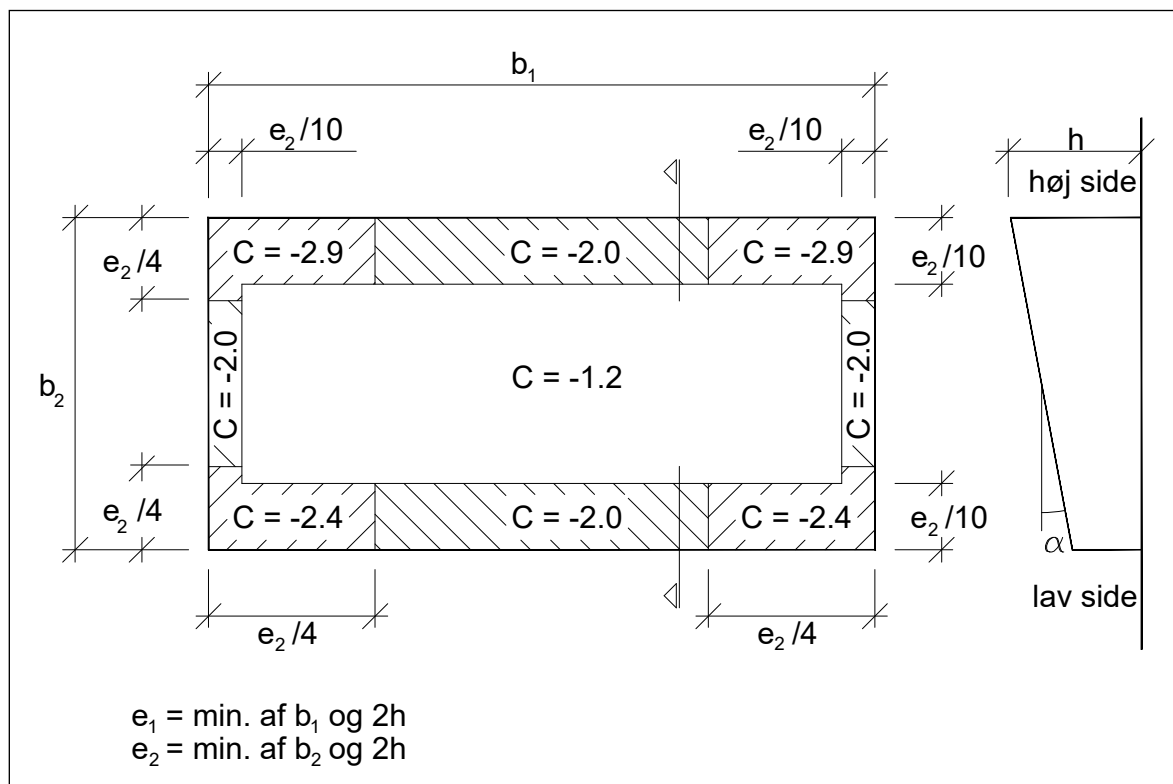
Figur 2.3.3 Formfaktorer $C_{pe,1}$ for sug på sadeltage mellem 5° og 30°

Sadeltage

Formfaktorerne for sadeltage afhænger af hældningen. For hældninger under 5° kan regnes med samme formfaktorer som for flade tage.

For hældninger fra 5° og til 30° kan regnes med formfaktorer som angivet på figur 2.3.3.

For hældning fra 30° og opefter kan regnes med reducerede formfaktorer svarende til Eurocode 1.



Figur 2.3.4 Formfaktorer $C_{pe,1}$ for sug på pulttage mellem 5° og 30°

Pulttage

Pulttage med hældning mindre end 5° kan regnes med samme formfaktorer som flade tage. For pulttage med hældning mellem 5° og 30° kan regnes med følgende simplificerede formfaktorer jf. figur 2.3.4.

For hældninger over 30° kan formfaktorerne reduceres svarende til Eurocode 1.

Andre tage

For andre tagformer og hældninger henvises til Eurocode 1.

2.4 INDVENDIGT OVERTRYK

De i afsnit 2.3 anførte formfaktorer gælder for vindsuget på oversiden af taget. Hvis konstruktionen ikke er lufttæt, kan der derudover optræde indvendigt overtryk, som kan påvirke tagdækningens og tagisoleringens fastgørelser.

Formfaktoren for indvendigt overtryk skal tillægges den udvendige formfaktor. Der behøver således ikke medregnes indvendigt overtryk ved dimensionering af fastgørelser, hvis den underliggende tagkonstruktion er lufttæt, hvilket kan regnes for gældende i følgende tilfælde:

- Betondæk med fuldklæbet dampspærre.
- Betonelementdæk med svejste strimlinger over elementsamlinger og elementtilslutninger.

Eksempler på tagkonstruktioner, der ikke er lufttætte:

- Betonelementdæk med åbne fuger.
- Profilerede stålpladedæk med eller uden dampspærre.

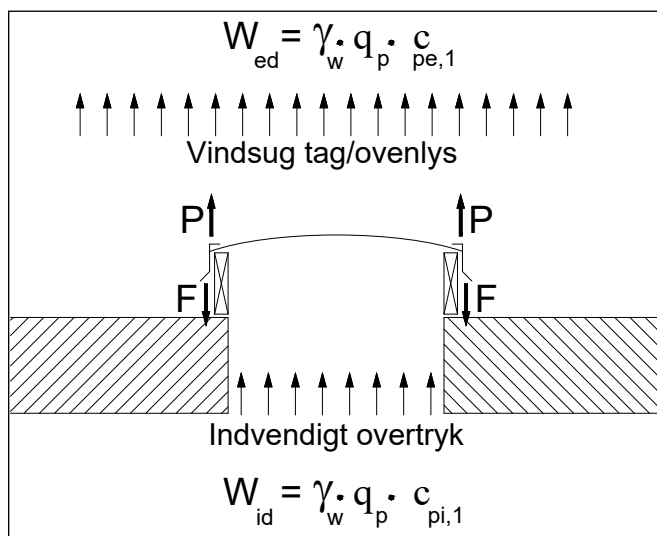
For en bygning med ligeligt fordelte åbninger i facaderne, som almindelige døre og vinduer, skal der regnes med et indvendigt overtryk, svarende til en formfaktor $c_{pi,1} = 0,2$ for alle indvendige overflader.

I bygninger med store porte og andre tilsvarende åbninger, kan der optræde større indvendige overtryk. Disse tryk skal beregnes med en formfaktor $c_{pi,1} = 0,9 \cdot 1,0 = 0,9$.

For bygninger der ikke falder ind under ovenfor nævnte kategorier henvises til Eurocode 1.

Ovenlys

Ved beregning af fastgørelse for ovenlys (forankringskraften P), skal det indvendige overtryk altid medregnes sammen med den aktuelle formfaktor. Formfaktoren for indvendigt overtryk på ovenlys c_{pi} er 0,2 eller 0,9. Forankringskraften P er summen af vindsuget på oversiden af taget/ovenlyset og det indvendige overtryk på undersiden af ovenlyset.



Figur 2.4.1 Vindsug W_{ed} og indvendigt overtryk W_{id} på ovenlys.

Udhæng

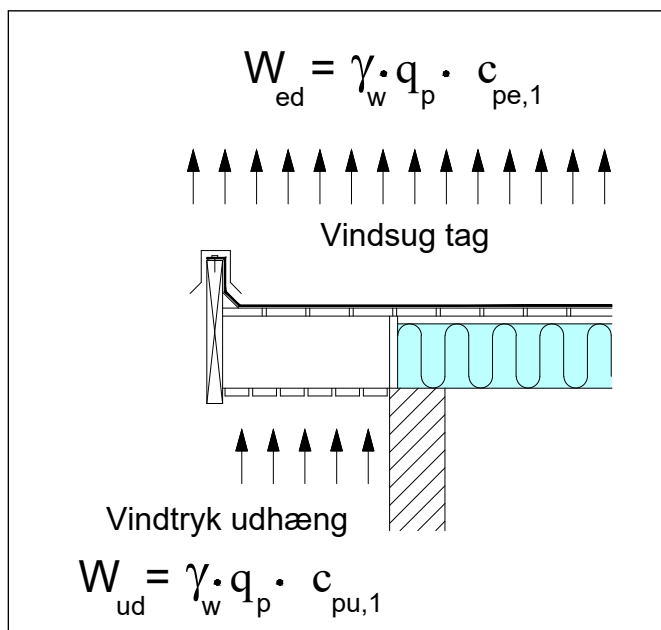
For bygninger med åbne udhæng kan tryk på undersiden af udhænget i visse tilfælde også påvirke tagdækningen, hvilket der skal tages højde for ved beregning af fastgørelsen.

Et åbent udhæng skal forstås som et udhæng, hvor luft i større eller mindre grad har fri passage fra underside af udhæng til overside af den bygningsdel, som tagdækningen er fæstnet til.

Ved udhæng kan der også være risiko for vindtryk på undersiden af tagdækningen gennem ventilationsåbninger eller utætheder i lukningen af facaden. Vindtryk på undersiden af udhæng beregnes på basis af formfaktoren på facaden, dvs.

$$c_{pu,1} = c_{pe,1} = 1,0.$$

Forankring af tagdækning over åbne udhæng skal derfor beregnes for summen af vindsuget på taget og overtrykket på undersiden af udhænget.



Figur 2.4.2 Vindsug W_{ed} og vindtryk W_{du} på udhæng.

2.5 TABELLER OVER REGNINGSMÆSSIGT VINDSUG

Det regningsmæssige vindsug beregnes ud fra formfaktorerne og det maksimale hastighedstryk af:

$$w_d = \gamma_w \cdot q_p \cdot c = 1,5 \cdot q_p \cdot c$$

I de efterfølgende tabeller er der for hver terrænklasse, med basisvindhastighed på henholdsvis 24 og 27 m/s, angivet de regningsmæssige vindbelastninger for de forskellige zoner af taget og tillæg for indvendigt overtryk.

Det bemærkes, at der er forskellige minimumsbygningshøjder for de 4 terrænkategorier.

De angivne formfaktorer for flade tage i afsnit 2.3 betinger, at der anvendes kantfastgørelser for linielaster, som angivet i afsnit 2.6.

Det regningsmæssige vindsug for tagzoner på sadeltage og pulttage med andre formfaktorer fås ved at multiplicere værdierne for formfaktoren 1,0 i tabellerne med den aktuelle formfaktor.

Bygnings- højde [m]	Regningsmæssigt vindsug ($-W_d$) [kN/m ²]				Tillæg		
	Hastigheds- tryk $c = -1,0$	Midterzone $c = -1,2$	Randzone $c = -2,0$	Hjørnezone $c = -2,5$	Indvendigt overtryk		Åbne ud- hæng
					$c = 0,2$	$c = 0,9$	$c = 1,0$
0-4	1,21	1,45	2,42	3,03	0,24	1,09	1,21
4-8	1,42	1,71	2,85	3,56	0,28	1,28	1,42
8-12	1,55	1,87	3,11	3,89	0,31	1,40	1,55
12-16	1,65	1,98	3,30	4,13	0,33	1,49	1,65
16-20	1,73	2,07	3,45	4,32	0,35	1,55	1,73
20-25	1,80	2,17	3,61	4,51	0,36	1,62	1,80
Terrænkategori I Basisvindhastighed (V_b) 24 m/s							

Tabel 2.5.1 Regningsmæssigt vindsug i kN/m² på tagets zoner for terrænkategori I og basisvindhastighed 24 m/s for flade tage uden sternkant.

Bygnings- højde [m]	Regningsmæssigt vindsug ($-W_d$) [kN/m ²]				Tillæg		
	Hastigheds- tryk $c=-1,0$	Midterzone $c=-1,2$	Randzone $c = -2,0$	Hjørnezone $c = -2,5$	Indvendigt overtryk		Åbne ud- hæng
					$c = 0,2$	$c = 0,9$	
0-4	0,97	1,17	1,94	2,43	0,19	0,88	0,97
4-8	1,19	1,43	2,39	2,99	0,24	1,08	1,19
8-12	1,33	1,60	2,67	3,33	0,27	1,20	1,33
12-16	1,44	1,72	2,87	3,59	0,29	1,29	1,44
16-20	1,52	1,82	3,03	3,79	0,30	1,37	1,52
20-25	1,60	1,92	3,20	4,00	0,32	1,44	1,60
Terrænkategori II Basisvindhastighed (V_b) 24 m/s							

Tabel 2.5.2 Regningsmæssigt vindsug i kN/m² på tagets zoner for terrænkategori II og basisvindhastighed 24 m/s for flade tage uden sternkant.

Bygnings- højde [m]	Regningsmæssigt vindsug ($-W_d$) [kN/m ²]				Tillæg		
	Hastigheds- tryk $c=-1,0$	Midterzone $c=-1,2$	Randzone $c = -2,0$	Hjørnezone $c = -2,5$	Indvendigt overtryk		Åbne ud- hæng
					$c = 0,2$	$c = 0,9$	
0-5	0,69	0,83	1,38	1,73	0,14	0,62	0,69
5-10	0,92	1,11	1,85	2,31	0,18	0,83	0,92
10-15	1,07	1,28	2,14	2,67	0,21	0,96	1,07
15-20	1,18	1,41	2,36	2,95	0,24	1,06	1,18
20-25	1,27	1,52	2,53	3,16	0,25	1,14	1,27
Terrænkategori III Basisvindhastighed (V_b) 24 m/s							

Tabel 2.5.3 Regningsmæssigt vindsug i kN/m² på tagets zoner for terrænkategori III og basisvindhastighed 24 m/s for flade tage uden sternkant.

Bygnings- højde [m]	Regningsmæssigt vindsug ($-W_d$) [kN/m ²]				Tillæg		
	Hastigheds- tryk $c=-1,0$	Midterzone $c=-1,2$	Randzone $c = -2,0$	Hjørnezone $c = -2,5$	Indvendigt overtryk		Åbne ud- hæng
					$c = 0,2$	$c = 0,9$	
0-10	0,64	0,76	1,27	1,59	0,13	0,57	0,64
10-15	0,78	0,94	1,56	1,95	0,16	0,70	0,78
15-20	0,89	1,07	1,78	2,22	0,18	0,80	0,89
20-25	0,98	1,17	1,95	2,44	0,20	0,88	0,98
Terrænkategori IV Basisvindhastighed (V_b) 24 m/s							

Tabel 2.5.4 Regningsmæssigt vindsug i kN/m² på tagets zoner for terrænkategori IV og basisvindhastighed 24 m/s for flade tage uden sternkant.

Bygnings- højde [m]	Regningsmæssigt vindsug ($-W_d$) [kN/m ²]				Tillæg		
	Hastigheds- tryk $c=-1,0$	Midterzone $c=-1,2$	Randzone $c = -2,0$	Hjørnezone $c = -2,5$	Indvendigt overtryk		Åbne ud- hæng
					$c = 0,2$	$c = 0,9$	
0-4	1,53	1,84	3,07	3,83	0,31	1,38	1,53
4-8	1,80	2,16	3,60	4,50	0,36	1,62	1,80
8-12	1,97	2,36	3,93	4,92	0,39	1,77	1,97
12-16	2,09	2,51	4,18	5,22	0,42	1,88	2,09
16-20	2,19	2,62	4,37	5,46	0,44	1,97	2,19
20-25	2,28	2,74	4,57	5,71	0,46	2,06	2,28
Terrænkategori I Basisvindhastighed (V_b) 27 m/s							

Tabel 2.5.5 Regningsmæssigt vindsug i kN/m² på tagets zoner for terrænkategori I og basisvindhastighed 27 m/s for flade tage uden sternkant.

Bygnings- højde [m]	Regningsmæssigt vindsug ($-W_d$) [kN/m ²]				Tillæg		
	Hastigheds- tryk $c=-1,0$	Midterzone $c=-1,2$	Randzone $c = -2,0$	Hjørnezone $c = -2,5$	Indvendigt overtryk		Åbne ud- hæng
					$c = 0,2$	$c = 0,9$	$c = 1,0$
0-4	1,23	1,48	2,46	3,08	0,25	1,11	1,23
4-8	1,51	1,81	3,02	3,78	0,30	1,36	1,51
8-12	1,69	2,03	3,38	4,22	0,34	1,52	1,69
12-16	1,82	2,18	3,63	4,54	0,36	1,64	1,82
16-20	1,92	2,30	3,84	4,80	0,38	1,73	1,92
20-25	2,03	2,43	4,05	5,07	0,41	1,82	2,03
Terrænkategori II Basisvindhastighed (V_b) 27 m/s							

Tabel 2.5.6 Regningsmæssigt vindsug i kN/m² på tagets zoner for terrænkategori II og basisvindhastighed 27 m/s for flade tage uden sternkant.

Bygnings- højde [m]	Regningsmæssigt vindsug ($-W_d$) [kN/m ²]				Tillæg		
	Hastigheds- tryk $c=-1,0$	Midterzone $c=-1,2$	Randzone $c = -2,0$	Hjørnezone $c = -2,5$	Indvendigt overtryk		Åbne ud- hæng
					$c = 0,2$	$c = 0,9$	$c = 1,0$
0-5	0,88	1,05	1,75	2,19	0,18	0,79	0,88
5-10	1,17	1,40	2,34	2,92	0,23	1,05	1,17
10-15	1,35	1,62	2,71	3,38	0,27	1,22	1,35
15-20	1,49	1,79	2,98	3,73	0,30	1,34	1,49
20-25	1,60	1,92	3,20	4,00	0,32	1,44	1,60
Terrænkategori III Basisvindhastighed (V_b) 27 m/s							

Tabel 2.5.7 Regningsmæssigt vindsug i kN/m² på tagets zoner for terrænkategori III og basisvindhastighed 27 m/s for flade tage uden sternkant.

Bygnings- højde [m]	Regningsmæssigt vindsug ($-W_d$) [kN/m ²]				Tillæg		
	Hastigheds- tryk $c=-1,0$	Midterzone $c=-1,2$	Randzone $c = -2,0$	Hjørnezone $c = -2,5$	Indvendigt overtryk		Åbne ud- hæng
					$c = 0,2$	$c = 0,9$	
0-10	0,80	0,96	1,61	2,01	0,16	0,72	0,80
10-15	0,99	1,18	1,97	2,47	0,20	0,89	0,99
15-20	1,12	1,35	2,25	2,81	0,22	1,01	1,12
20-25	1,23	1,48	2,47	3,09	0,25	1,11	1,23
Terrænkategori IV Basisvindhastighed (V_b) 27 m/s							

Tabel 2.5.8 Regningsmæssigt vindsug i kN/m² på tagets zoner for terrænkategori IV og basisvindhastighed 27 m/s for flade tage uden sternkant.

Ved store tage, hvor der er en indre midterzone med formfaktor $c=-0,5$ bestemmes vindsuget af ovenstående tabeller ved at gange værdien for $c=-1,0$ med 0,5.

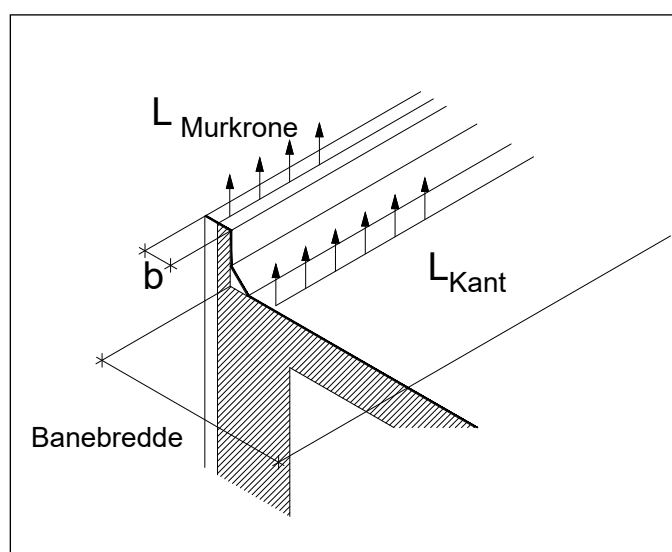
2.6 LINJELAST PÅ TAGETS KANTER

Til brug ved dimensionering af kantfastgørelse af tagdækning og murkroner skal linjelaster fastlægges.

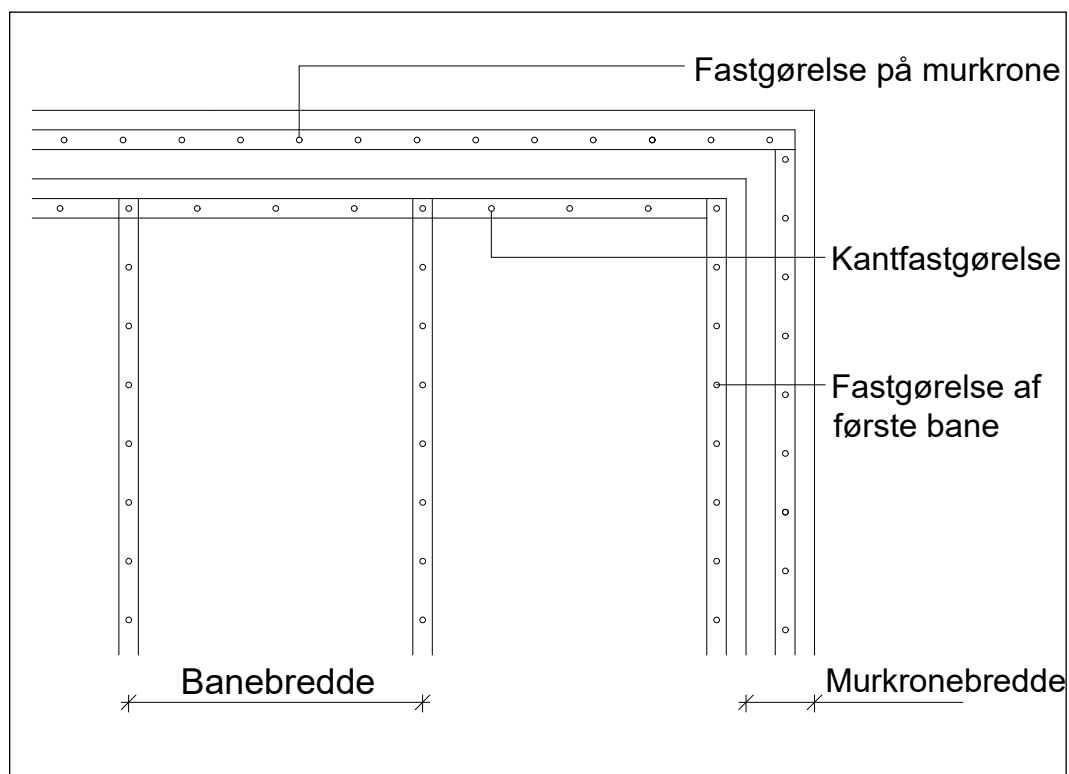
Kantfastgørelserne dimensioneres for en formfaktor svarende til rand- eller hjørnezonen og en belastningsbredde svarende til den anvendte banebredde. Dette betyder, at afstanden mellem kantfastgørelserne bliver den samme som afstanden mellem beslagene i den tilstødende zones tagpapbaner.

Fastgørelser på murkrone dimensioneres for en formfaktor svarende til rand- eller hjørnezonen og en belastningsbredde svarende til murkronebredde, dog min. 0,30 m.

Vindsug på bagsiden af høje murkroner bestemmes ud fra formfaktoren for de tilgrænsende rand- og hjørnezoner.



Figur 2.6.1 Linjelast L på tagkanter og murkroner.



Figur 2.6.2 Kantfastgørelser og fastgørelse på murkroner.

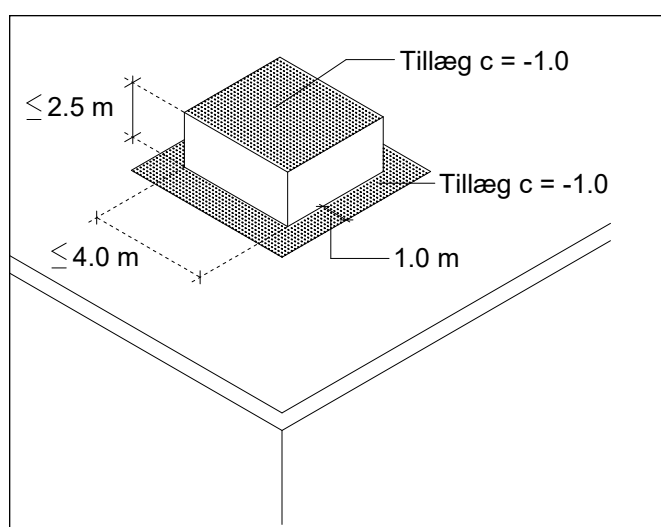
2.7 TAGOPBYGNINGER

Omkring tagopbygninger som f.eks. ventilationshuse m.v. vil der i en zone omkring tagopbygningen være et forøget vindsug, som der skal tages hensyn til ved dimensionering af fastgørelserne.

Tagopbygninger mindre end 4 x 4 m.

Ved tagopbygninger med dimension indtil 4 x 4 m og højde max 2,5 m skal der regnes med en zone på 1,0 m omkring tagopbygningen, hvor der optræder et forøget vindsug, svarende til en formfaktor på $c = -1,0$, der tillægges den aktuelle formfaktor for den pågældende zone.

På toppen af tagopbygningen regnes med et tillæg på -1,0 på hele tagfladen, som tillægges formfaktoren for den underliggende tagflade.



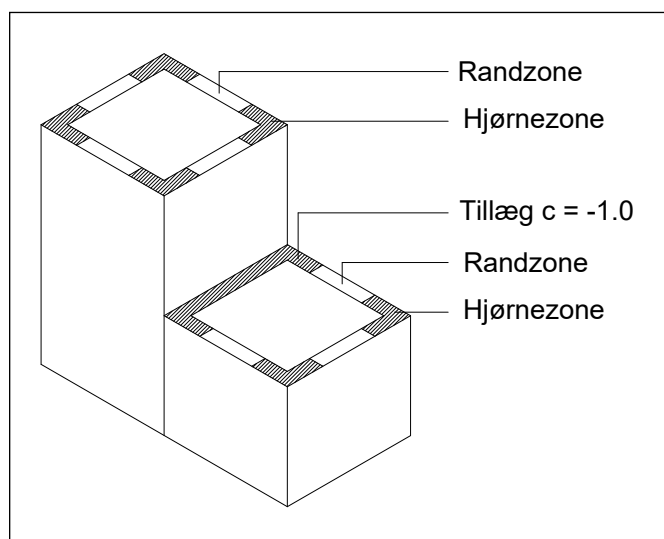
Figur 2.7.1 Tillæg til formfaktorer omkring tagopbygninger mindre en 4x4 m og højde maks. 2,5 m.

Tagopbygninger større end 4 x 4 m.

Hvis tagopbygningens dimension er større end 4 x 4 m og højere end 2,5 m, beregnes fastgørelserne som vist i det følgende afsnit om spring i bygningshøjden.

Ved spring i bygningshøjden kan der opstå nye randzoner i tagfladen med forøget vindsug. Dette skal der tages hensyn til ved dimensionering af fastgørelserne.

Ved sammenbygning af to bygninger med forskellig højde indlægges rand- og hjørnezone på hver tagflade.



Figur 2.8.1 Tillæg til formfaktorer ved spring i tagfladen

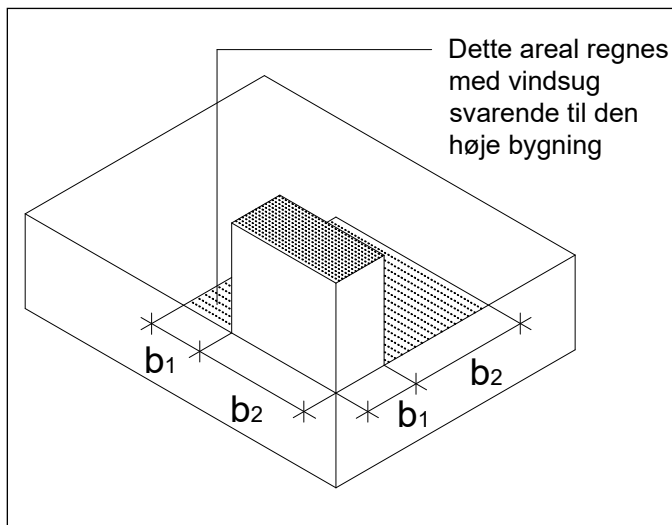
Formfaktorerne og randzonebredderne bestemmes som om hver af bygningerne lå frit, dog tillæg på -1,0 ved randzone mod højere bygning, som vist på figur 2.8.1.

Tillægget skal anvendes, når niveauforskellen mellem de to tagflader er større end 2,5 m.

Hvis den høje og den lave del af bygningen er af samme udstrækning beregnes vindsuget svarende til den høje bygning.

Hvis den lave bygning er væsentlig større end den høje bygning, er det kun en zone omkring den høje bygning, der regnes med vindsug svarende til den høje bygning. Resten af den lave bygning regnes for et vindsug svarende til den lave bygningshøjde.

Størrelsen af zone med forhøjet vindsug fremgår af figur 2.8.2.



Figur 2.8.2 Vindsug omkring høje bygninger, der er sammenbygget med lave bygninger

3.

Fastsættelse af fastgørelses-systemers regningsmæssige styrke

3. FASTSÆTTELSE AF FASTGØRELSESSYSTEMERS REGNINGSMÆSSIGE STYRKE

Mekanisk fastgjort tagdækning kan i princippet betragtes som en kæde af 3 led, hvor det svageste led bestemmer systemets styrke. De 3 karakteristiske styrker er:

- Udtrækning eller udrivning af beslaget gennem selve tagdækningen $m_{k,m}$
- Udtrækning af underlaget $m_{k,u}$
- Overtrækning af selve fastgørelsesbeslaget $m_{k,o}$

Styrken for udtrækning eller udrivning af beslaget gennem tagdækningen $m_{k,m}$ skal bestemmes ved en dynamisk fuldskalaprøvning i henhold til EN 16002.

Styrken af selve beslaget prøves dynamisk sammen med udrivning eller udtrækning af tagdækningen, men styrken af beslaget $m_{k,o}$ skal også fastlægges på basis af EAD 030531-00-0402 Annex 2.

Styrken for udtrækning af underlaget $m_{k,u}$ kan bestemmes på basis af EAD 030351-00-0402 Annex 2.

Den regningsmæssige styrke m_d af hele fastgørelsessystemet bestemmes som

$$m_d = \frac{m_k}{\lambda_m}$$

Da det er det svageste led i kæden, der afgør styrken af systemet og da der er forskellige partialkoefficienter på de 3 brudmåder fås styrken som den mindste af:

Styrken af selv beslaget prøves dynamisk sammen med udrivning eller udtrækning af tagdækningen, men styrken af beslaget $m_{k,o}$ skal også fastlægges på basis af EAD 030531-00-0402 Annex 2.

$$m_d = \text{den mindste af} \left\{ \begin{array}{l} \frac{m_{k,m}}{1,27} \\ \frac{m_{k,o}}{1,5} \\ \frac{m_{k,u}}{\lambda_{m,u}} \end{array} \right.$$

λ_m for $m_{k,m}$ er for Danmark fastlagt til 1,27 på basis af Eurocode 1.

λ_m for $m_{k,o}$ er fastlagt til 1,5 i Design Guide DS/CEN/TS 17659:2021.

λ_m for $m_{k,u}$ fastlægges ud fra tabel 3.1.1.

Skruer i stålplader skal blandt andet testes for udskruning i henhold til EAD 030351-00-0402-2019.

Underlag	Standard	Tykkelse mm	Styrke N/mm ²	Partialkoefficient λ_m
Stål	EN 10346	0,5 – 0,7 $\geq 0,7$	280 280	2,0 1,8
Beton	EN 206	≥ 50	C 20	2,0
Brædder	EN 388	≥ 20	C 18	1,86 ¹⁾
Krydsfiner	EN 636	≥ 18	Tagkrydsfiner	1,86 ¹⁾
OSB	EN 300	≥ 18	OSB 3/4	1,86 ¹⁾

Tabel 3.1 Fastlæggelse af λ_m for $m_{k,u}$.

¹⁾ Baseret på $k_{mod} = 0,7$ svarende til anvendelsesklasse 2.

I EAD-030351-00-0402:2019 Annex 2 indgår også en korrosionstest af fastgørelsesmidlerne og en test for plastdelenes skørhed.

Ved korrosionstest skal metaldelene bestå 15 cykler med max 15 % overfladekorrosion.

Plastdelene testes med en faldtest og faldhøjden skal være $\geq 1,0$ m.

EN 16002 er en fuldskalatest med et stort antal gentagne belastninger og resultatet indeholder derfor også en udmattelsesprøve, hvorfor partialkoefficienten sættes til $\lambda_m = 1,27$. Testen udføres med den aktuelle kombination af tagpap og fastgørelsesmiddel.

3.1 SØMNING

For tagpapdækning, sømmet til underlag af træ, anvendes erfaringstal, og der kræves ikke prøvning. Korrosionsbestandigheden af sømmene skal svare til, at der anvendes varmtforzinkede tagpapsøm.

3.2 SVEJSNING TIL UNDERLAGET

Tagpapsvejsning til underlaget har en regningsmæssig styrke på ca. 20 kN/m², men der kan ikke regnes med et effektivt areal på mere end 30 % af den svejste flade, svarende til en karakteristisk, regningsmæssig styrke på 6 kN/m².

3.3 CE-MÆRKNING

Tagdækningen skal CE-mærkes i henhold til DS/EN 13707.

Fastgørelsesmidler skal CE-mærkes i henhold til Annex 2 i EAD 030351-00-0402-2019.

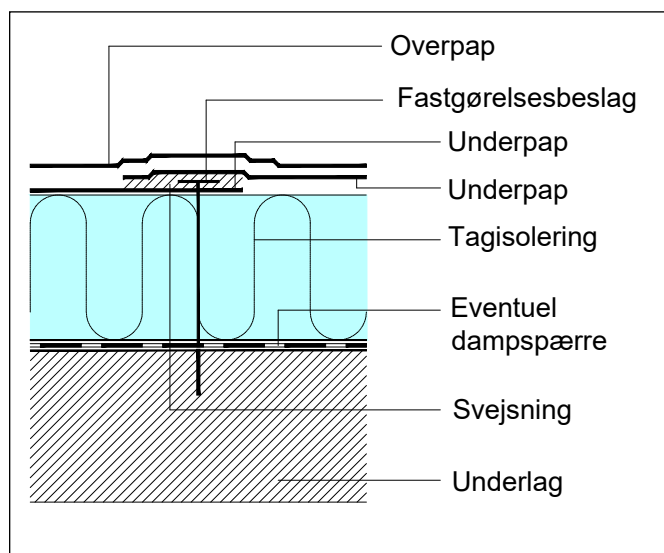
Fastgørelseskomponentens ydeevne skal desuden oplyses for den aktuelle membran i henhold til EN 16002.

4.

Mekanisk fastgørelse af tagdækning (skruer)

4.1 BAGGRUND

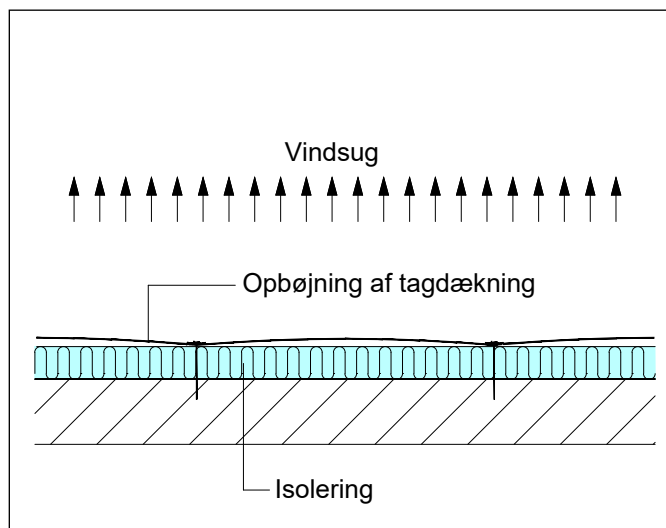
Typisk for denne form for fastgørelse er, at tagisoleringens delaminering ikke indgår som brudmåde, idet tagisoleringen fastholdes mod vindsug af tagdækningen.



Figur 4.1.1 Tagopbygning for mekanisk fastgjort tagdækning

Til gengæld stilles særlige krav til tagdækningen, som skal have tilstrækkelig trækstyrke og rivestyrke, samt styrke overfor dynamiske påvirkninger.

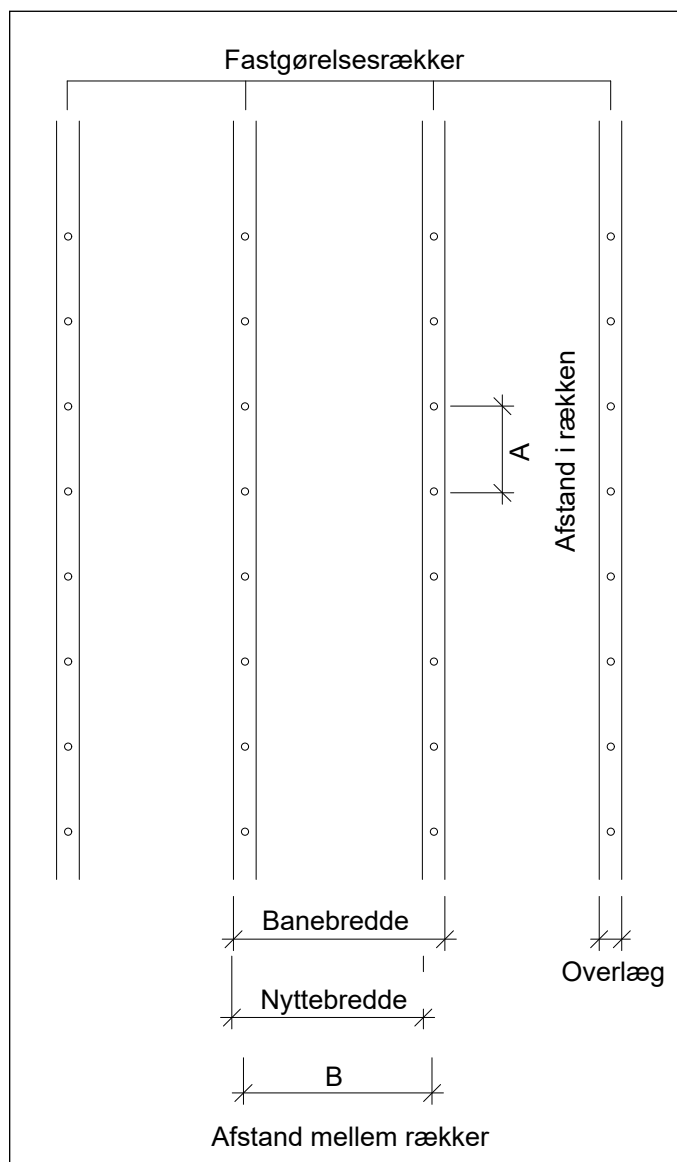
De mekaniske fastgørelsesmidler anbringes normalt i rækker med en afstand svarende til tagdækningens banebredde (nyttebredde). Under påvirkninger fra vindsug kan tagdækningen suges op i en bue.



Figur 4.1.2 Opsugning af tagdækning

Opbøjningen af tagdækningen afhænger af banebredden og tagdækningens vægt og stivhed.

En 2-lags tagpapdækning vejer typisk ca. 8 kg/m² og vil ikke løfte sig ret meget fra underlaget, når den er fastgjort pr. 900 mm.



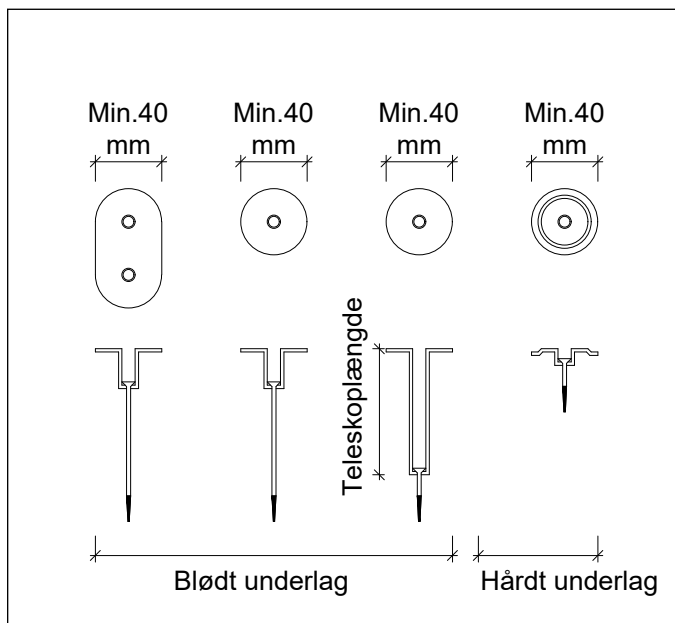
Figur 4.1.3 Fastgørelsesmidlerne er typisk placeret i banens overlæg

Til mekanisk fastgjort tagdækning anvendes fastgørelsesmidler med teleskopskiver på isolering af celleplast og mineraluld, og med metalskiver uden teleskop på fast underlag som beton, træ og celleglas.

Skiverne skal, hvis underlaget er tagisolering, have en teleskoplængde (frigang) på min. 30 mm.

Ved tynde isoleringer under 50 mm kan teleskoplængden reduceres til 15 mm. Nyttebredden mellem beslagrækkerne bør normalt ikke overstige 0,9 m, men der kan anvendes banebredder op til 1,2 m.

Banebredder over 1,2 m frarådes på grund af blafrevirkning, der slider på fastgørelserne.



Figur 4.1.4 Fastgørelsesbeslag

Fastgørelsesmetode til underlaget

Fastgørelser til underlaget afhænger af underlagstype som vist i tabel 4.1.1.

Underlag	Fastgørelsesmetode til underlaget
Beton med eller uden dampbremse (betontykkelse min. 40 mm)	Boret hul med rustfrit stålsøm, slået direkte i hul. Boret hul med betonskrue.
Letbeton med eller uden dampbremse	Boret hul med plastplug og skrue. Boret hul med betonskrue.
Profileret stålplade (min.tykkelse 0,7 mm)	Selvborende og selvskærende skruer.
Brædder, krydsfiner eller OSB-plader	Træskruer
Gammel tagopbygning	Der fastgøres efter ovenstående principper til det oprindelige underlag af beton, stål eller træ.

Tabel 4.1.1 Fastgørelsesmetode til underlaget

Styrken af et fastgørelsessystem kan betragtes som det svageste led i en kæde bestående af:

- Udrivning eller gennemtrækning af beslag i tagdækningen.
- Overtrækning af beslag.
- Udtrækning af underlag.

I det følgende er angivet orienterende styrkeværdier for mekanisk fastgjort tagdækning. Der er forudsat en minimum skivediameter på 40 mm, og en trækstyrke af tagdækningen på min. 500 N/50 mm og en sømrivestyrke på mindst 150 N.

Samtidig er forudsat overlægsbredder for tagpap som angivet senere i dette afsnit.

Hvis der ikke foreligger dokumentation i form af prøvninger, kan der højest regnes med en styrke pr. beslag på 0,5 kN for udrivning eller gennemtrækning af beslaget i tagdækningen.

Fastgørelsesmidlers placering		Orienterende regningsmæssig styrke ved udrivnings-/ gennemlokningssstyrke på 0,5 kN/m ²
Afstand mellem beslag i rækken	Afstand mellem rækker	
A	B	0,50
m	m	kN/m ²
0,80	0,90	0,69
0,60	0,90	0,93
0,50	0,90	1,11
0,40	0,90	1,39
0,30	0,90	1,85
0,20	0,90	2,78
0,60	0,45	1,85
0,50	0,45	2,22
0,40	0,45	2,78
0,30	0,45	3,70
0,20	0,45	5,56

Tabel 4.1.2 Orienterende regningsmæssige styrker for mekanisk fastgjort tagdækning ([kN/m²])

De orienterende regningsmæssige styrker for mekanisk fastgjort tagdækning [kN/m²] kan kun anvendes til foreløbig dimensionering, hvis der ikke foreligger dokumentation.

Styrken gælder for udrivning eller gennemlokning af beslag gennem tagdækning. Udtrækning af underlag og overtrækning af beslag skal vurderes særskilt.

4.2 UDTRÆKNING AF FASTGØRELSESMIDLER FRA UNDERLAG

Der findes en række forskellige produkter til fastgørelse i underlag af stålplade, beton, letbeton eller træ.

Nedenfor er angivet orienterende regningsmæssige styrker, som kun kan bruges til foreløbig dimensionering. Ved den endelige dimensionering skal der anvendes konkrete styrketal for udtrækning af de aktuelle fastgørelsesmidler opgivet af leverandøren.

Stålplader med tykkelse under 0,7 mm kan normalt ikke anvendes.

Skruerne skal testes for udskruning, hvilket normalt kræver anvendelse af reduceret borespids og lav stigning på kærven.

Betontykkelse skal være min. 40 mm, for at der kan udføres fastgørelse.

Fastgørelse i krydsfiner kræver normalt en min. tykkelse på 15 mm.

Fastgørelsesmiddel	Underlag	Orienterende regningsmæssig udtrækningsstyrke pr. beslag [kN]
4,8 mm tagskrue	Profilert stålplade ($f_{y,k} \geq 520 \text{ MN/m}^2$) 0,7 mm stålplade 0,8 mm stålplade 0,9 mm stålplade 1,0 mm stålplade	0,7 0,8 0,9 1,0
5,5 mm rustfast betonsøm eller betonskrue	Betonelementer Pladsstøbt beton	2,0 1,5
Skrue i 8 mm plastplug	Gasbeton ($\rho \geq 500 \text{ kg/m}^3$)	0,5
Skrue i 12 mm plastplug	Letklinker-tagelement	0,5
4,8 mm tagskrue	Tagkrydsfiner (CE-mærket) 15-17 mm $\geq 18 \text{ mm}$	0,8 1,0
4,8 mm tagskrue	Brædder, (tykkelse min. 20mm)	0,9

Tabel 4.2.1 Orienterende regningsmæssige udtrækningsstyrker for fastgørelsesbeslag for forskellige underlag

4.3 STYRKE AF FASTGØRELSESBESLAG

Det er vigtigt at kende den regningsmæssige styrke af skruernes gennemtrækning gennem skiverne samt selve skivernes trækstyrke.

Der kan normalt regnes med en trækstyrke på ca. 0,9 kN pr. fastgørelsesbeslag for både plast- og metalskiver, men dette skal dokumenteres af den enkelte leverandør.

4.4 KRAV TIL OVERLÆG OG AFSTANDE

Ved mekanisk fastgjort tagdækning er det vigtigt, at fastgørelsesmidlernes skiver spændes godt til, så der opnås et pres mod tagdækningen, idet dette nedsætter risikoen for udskruning af fastgørelsesmidlet ved blafrepåvirkninger.

Der må dog ikke trækkes så meget til, at der opstår et hul omkring fastgørelsesbeslaget, idet dette vanskeliggør en effektiv svejsning af overlægget. Det må anbefales at anvende momentstop på skruemaskiner.

Skivernes diameter skal være min. 40 mm og kanten af skiven placeres mindst 20 mm fra tagpapbanens kant. Der kan også anvendes rektangulære skiver med afrundede hjørner og med en bredde på min. 40 mm.

Afstanden mellem fastgørelsesmidlerne må ikke være mindre end 0,2 m og normalt ikke større end 0,8 m, alternative afstande skal dokumenteres iht. EN 16002.

Det er ligeledes vigtigt, at overlæggene fuldsvejses over beslagene, idet dårlige svejsninger reducerer styrken.

Hvis beregning viser, at afstanden kommer under 0,2 m, skal banebredden reduceres eller der fastgøres midt i banen og strimles, se figur 4.4.3.

Til mekanisk fastgjorte tagpapdækninger anvendes 1-lags eller 2-lags løsninger.

I 2-lags løsninger fastgøres underpappen mekanisk i overlæggene og overlæggene fuldsvejses, hvorefter overpappen svejses til underpappen.

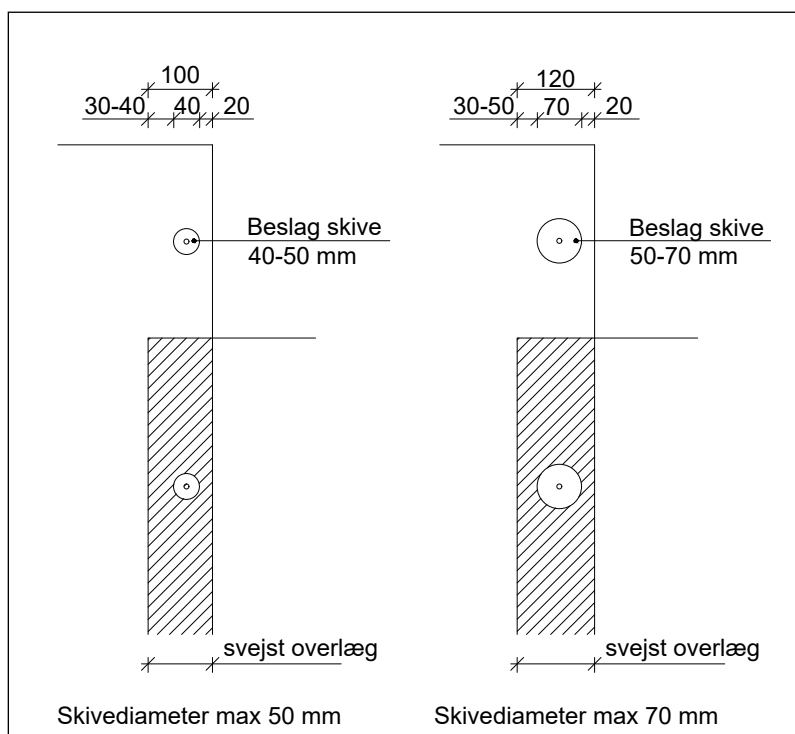
I 1-lags løsninger med tagpap anvendes overpap, som fastgøres mekanisk i overlæggene, som fuldsvejses.

Overlægsbredden for mekanisk fastgjort underpap i 2-lags tagpapløsninger med max 50 mm skivediameter er 100 mm.

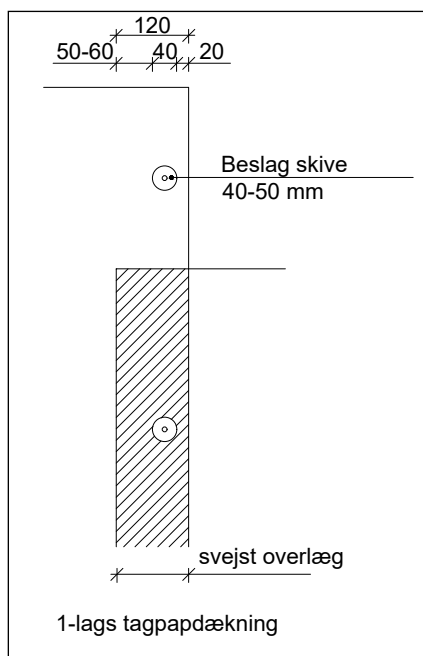
For skivediameter mellem 50 mm og 70 mm skal anvendes overlægsbredde på minimum 120 mm.

Overlægsbredden for den svejste overpap er 80 mm.

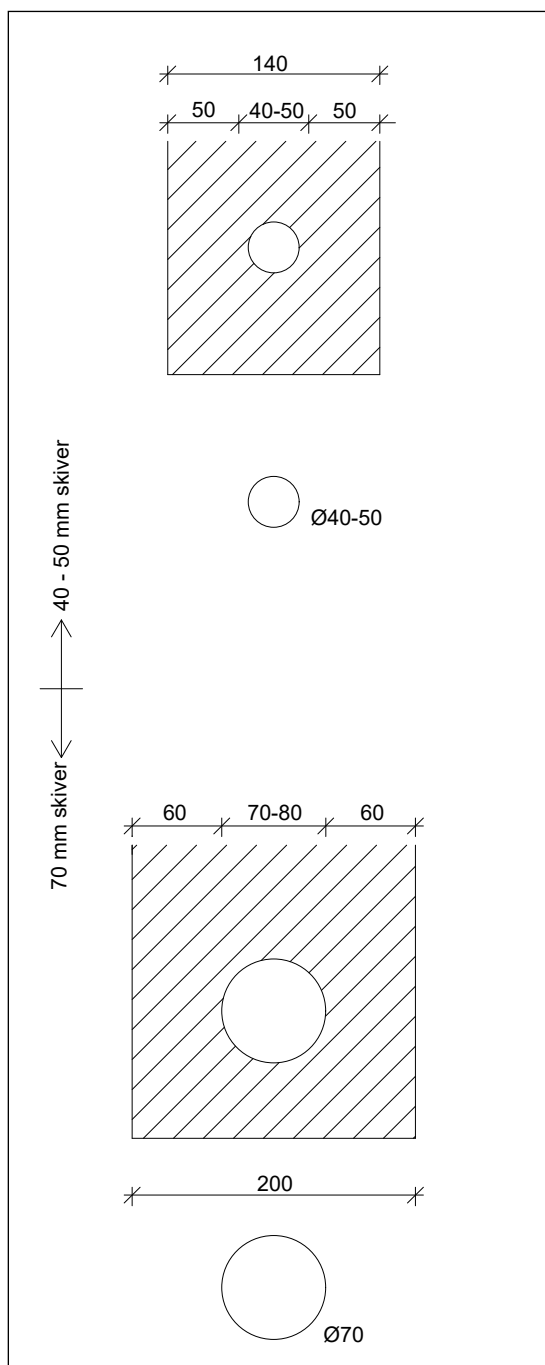
Overlægsbredden for mekanisk fastgjort tagpap i 1-lags tagpapløsninger er minimum 120 mm.



Figur 4.4.1 Overlægsbredder i 2-lags tagpapdækninger med mekanisk fastgjort underpap



Figur 4.4.2 Overlægsbredder i 1-lags tagpapdækninger med mekanisk fastgjort tagpap



Figur 4.4.3 Strimling over beslag ved fastgørelse midt i banen

De angivne overlægsbredder for 1- og 2- lags tagpapløsninger gælder for tagpap af SBS-bitumen eller oxyderet bitumen (benævnt Flex og Tec i produktnavnet), som har store styrker i overlæggene. Det er en forudsætning, at overlæggene er fuldsvejst.

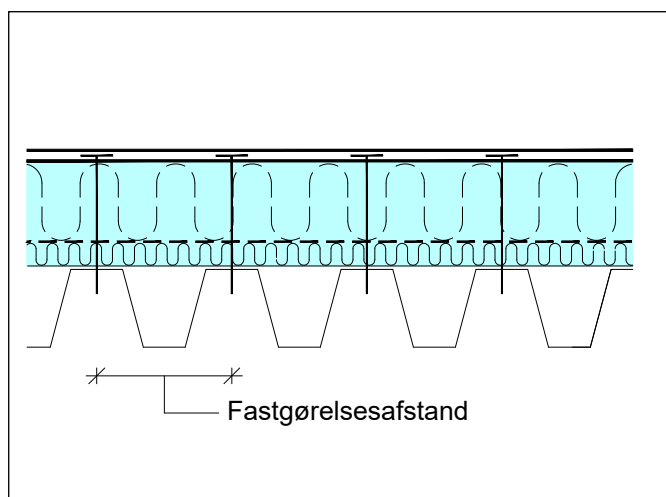
Fordeling af beslag

Fastgørelsesbeslagene skal placeres så vindsugkræfterne fordeles jævnt på beslagene.

Dette betyder, at beslagene i de enkelte zoner så vidt muligt skal placeres med samme afstand.

Hvis de ikke placeres med samme afstand, er det den længste afstand, der skal anvendes ved dimensioneringen. Vaffelplader i beton skal således have en minimumstykkelse på 40 mm, for at der kan fastgøres i disse.

I stålplader kan der normalt kun placeres en fastgørelse i hver bølgetop, hvis banerne ligger på tværs af bølgerne, og dette begrænser fastgørelsesmulighederne. Evt. dobbeltbeslag i bølgetoppe skal dokumenteres iht. EN 16002.



Figur 4.4.4 Fastgørelse i stålplader
.Der kan evt. anbringes 2 beslag
i hver bølgetop, hvis systemet er
dokumenteret for dette.

4.5 FASTHOLDELSE AF ISOLERING

Alle isoleringsplader skal fastholdes, idet de ellers kan flytte sig under den mekanisk fastgjorte tagdækning. Der skal være mindst et fastgørelsesbeslag i hver isoleringsplade, og det kan ved større banebredder og ved små skotrendekiler være nødvendigt at supplere med ekstra beslag til fastholdelse af isoleringen.

5.

Mekanisk fastgørelse af tagtækning (sømning)

5.1 BAGGRUND

Fastgørelse af tagpap ved sømning er den oprindelige fastgørelsesmetode for tagpap, men metoden anvendes stadig på brædder.

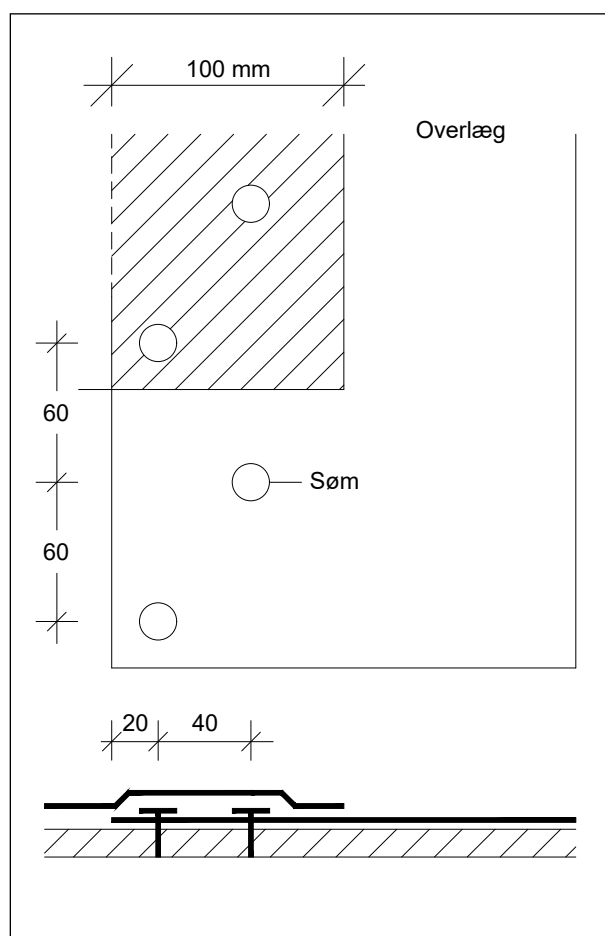
5.2 BEREGNING AF VINDSUG

Beregning af det regningsmæssige vindsug på tagfladens forskellige zoner udføres i henhold til afsnit 2. For fastgørelse ved sømning skal anvendes kantfastgørelse som for de øvrige fastgørelsesmetoder. Indvendigt overtryk og tryk på udhæng skal også medregnes efter regler i afsnit 2.

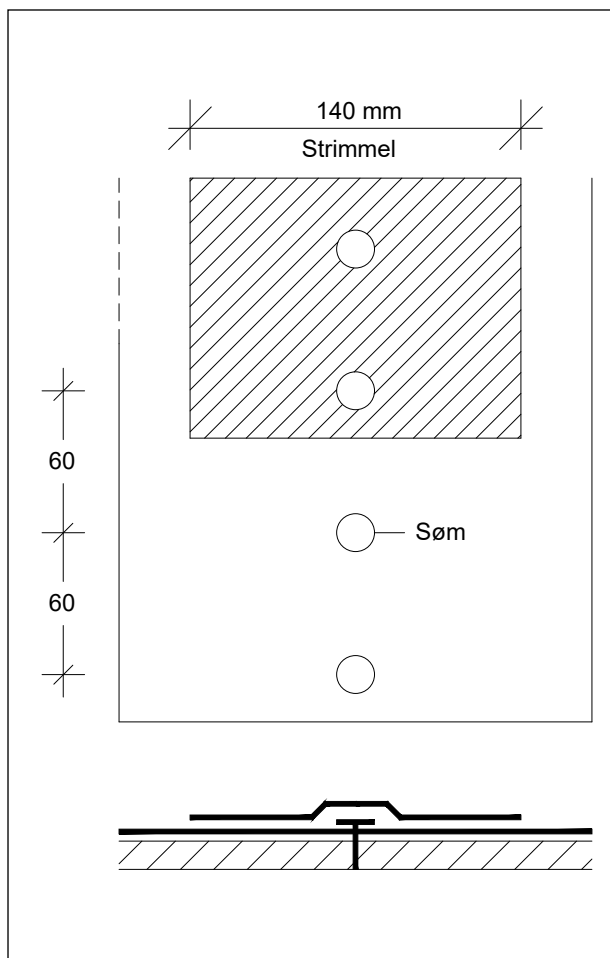
5.3 UDFØRELSE

Sømning af tagpap udføres ved krydssømning i kanten af banerne, og hvis dette ikke er tilstrækkeligt, suppleres med en sømrække midt i banen.

Krydssømning udføres som vist på figur 5.4.1. Sømning midt i bane udføres som vist på figur 5.4.2.



Figur 5.3.1 Sømning i kant og svejsning af overlæg

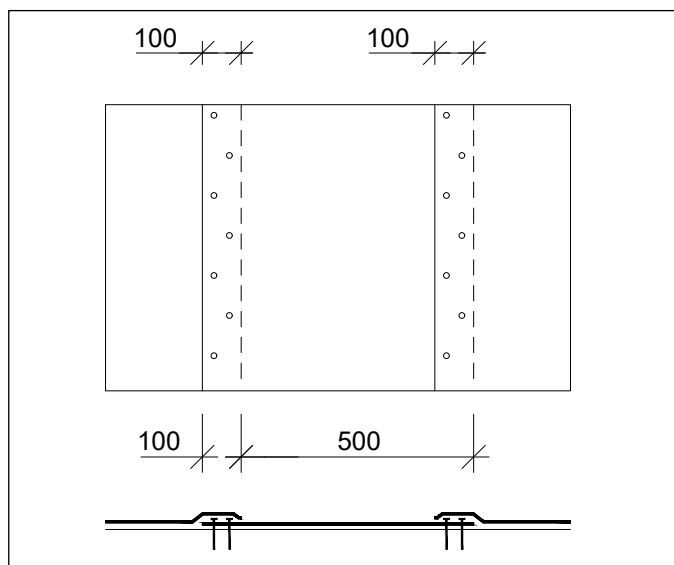


Figur 5.3.2 Sømning midt i bane og svejsning af strimmel

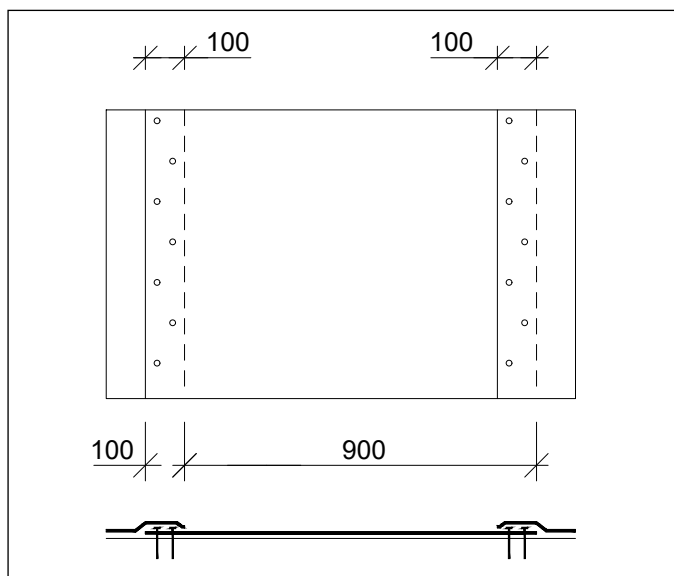
For at sikre ensartet belastning på sømmene, skal der sømmes med samme afstand midt i bane som i kant.

Som vist på figur 5.4.3 til 5.4.5 kan der anvendes 3 kombinationer af banebredder og sømning.

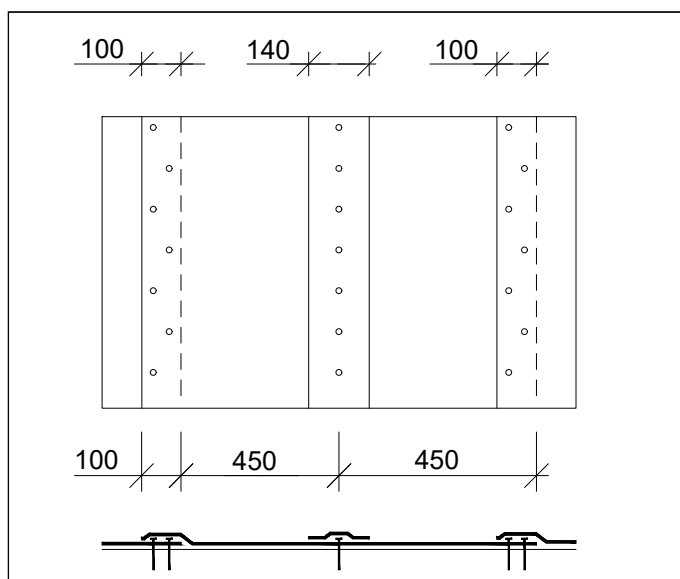
For at det sømmede tagpaplag kan medregnes i specifikationerne, skal sømmene dækkes af enten et overlæg på 100 mm eller en 140 mm strimmel.



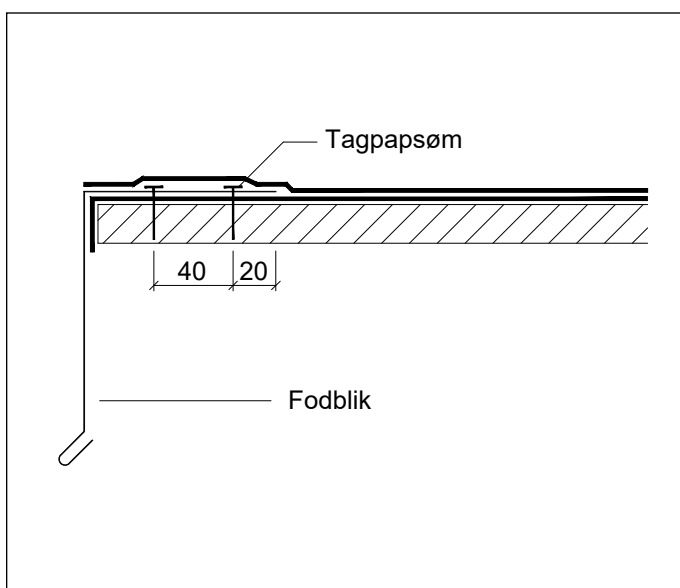
Figur 5.3.3 Sømning i kanten af 60 cm bane, type 60/500



Figur 5.3.4 Sømning i kanten af 1 m bane, type 60/900



Figur 5.3.5 Sømning i kanten og midten af 1 m bane, type 60/450

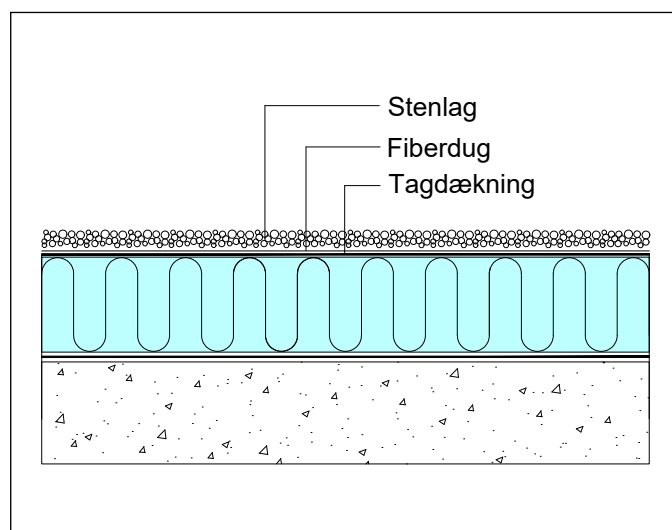


Figur 5.3.6 Ved svejsning til fodblik skal dette fastgøres svarende til tagdækningen. Det vil sige krydssømning i to rækker pr. 60 mm på langs af fodblik. Derudover skal fodblikket primes eller behandles på anden vis for at sikre vedhæftning.

6.

Ballast

Tagdækning og/eller tagisolering kan forankres mod vindsug ved hjælp af ballast af sten eller fliser.



Figur 6.1.1 Forankring med ballast af stenlag

Tagdækningen udlægges løst med svejste overlæg på underlaget og beskyttes normalt af en fiberdug inden udlægningen af ballasten. Tagdækningen skal bestå af en 2-lags tagpapløsning.

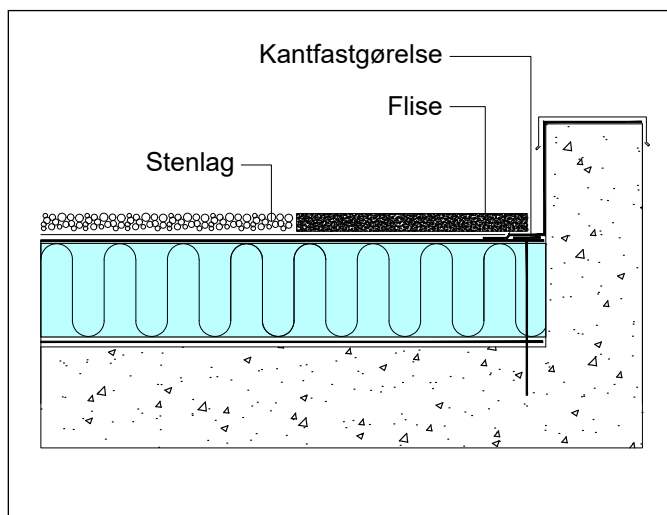
Ballast af sten skal bestå af sten uden skarpe kanter og fri for flint, der kan splintre.

Alligevel må det anbefales at anvende en tagdækning med ekstra modstandsevne overfor mekanisk påvirkning.

Under stenlaget opstår et mikrobiologisk miljø, som kan medvirke til nedbrydning af tagdækningen, som derfor skal være modstandsdygtig overfor biologisk nedbrydning.

Dette er normalt opfyldt af almindelig tagpap, forudsat at der ikke opstår vækst af f.eks. birketræer eller kvikgræs i ballastlaget.

Stenlagets tykkelse og stenenes størrelse dimensioneres ud fra vindsuget, som vist nedenfor. Hvis der ikke kan opnås tilstrækkelig forankring med stenlag, kan anvendes fliser, som udlægges i et eller flere lag. Dette benyttes ofte i rand- og hjørnezone.



Figur 6.1.2 Ekstra forankring af rand- og hjørnezoner med ballast af fliser. Desuden er vist mekanisk forankring langs rand af tagdækning

Som en ekstra sikkerhed anbefales at der anvendes supplerende mekanisk fastgørelse.

6.2 BESTEMMELSE AF VINDSUG

Bestemmelse af det regningsmæssige vindsug på tagets zoner foregår, som for andre fastgørelsessystemer, som angivet i afsnit 2 Vindsug generelt.

6.3 BESTEMMELSE AF VINDHASTIGHEDER I HVIRVLER

I rand- og hjørnezoner opstår der hvirvelafløsninger langs tagkanten, hvorved der opstår store lokale vindhastigheder. Disse store lokale vindhastigheder kan flytte stenene i ballasten og i værste fald rive stenene ned. Stenstørrelsen skal derfor bestemmes ud fra vindhastigheden i hvirvlerne, v_v . Vindhastigheden i en hvirvel bestemmes på følgende måde:

$$v_v = v_0 \cdot \sqrt{1+c} \text{ m/s , hvor}$$

v_0 er vindhastigheden svarende til følgende udtryk:

$$v_0 = v_b \cdot k_r \left(\ln \frac{z}{z_0} + 1,3 \right) \text{ m/s}$$

c er formfaktoren, specifikt angivet i afsnit 2.3.

$v_b = 27$ m/s anvendes langs Vesterhavet, se figur 2.2.1

$v_b = 24$ m/s anvendes i resten af landet

Formfaktoren for tagkanterne er som angivet for fladt tag i afsnit 2.3.

Singels med en kornstørrelse på 16-32 mm ligger fast for vindhastigheder i hvirvlerne op til 80 m/s. Ved større vindhastigheder anbefales anvendt fliser i hjørne- og evt. randzoner.

I tabel 6.3.1 er angivet de maksimale bygningshøjder for de fire terrænkategorier, for tage med og uden murkrone på mindst 300 mm og stenstørrelse 16-32 mm.

Rand- og hjørnezonernes udstrækning beregnes som angivet i afsnit 2.3.

Terræn-kategori	Tage uden murkrone		Tage med murkrone på min. 300 mm	
	Rand	Hjørne	Rand	Hjørne
IV	30	30	30	30
III	30	16	30	30
II	12	6	30	12
I	5	4	18	5

Tabel 6.3.1 Maksimal bygningshøjde i m med 16-32 singles som ballast. 30 m er valgt som maks. højde for ballastede tage.

6.4 FORANKRING MOD VINDSUG

Forankring af tagdækning og tagisolering med ballast af shingles virker lidt anderledes end klæbning og mekanisk forankring, idet der opnås en vis membranvirkning i tagdækningen. Lokale vindsugpåvirkninger på stenlaget vil derfor få en vis hjælp fra naboområderne, hvis dugen lokalt forsøger at løfte sig.

Der findes ikke danske undersøgelser om ballastens forankringsvirkning, og reglerne er derfor baseret på norske regler TPF (Tagproducenternes forskningsgrupper).

Et 50 mm lag shingels 16-32 mm kan ifølge TPF således modstå et regningsmæssigt vindsug på $3,0 \text{ kN/m}^2$.

Fliser på $50 \times 500 \times 500 \text{ mm}$ kan anvendes som forankring i kanter, hvor hvirvelhastighederne bliver for store til shingles, og 50 mm fliser kan således også anvendes som ballast for regningsmæssige vindsug på op til $5,0 \text{ kN/m}^2$ ifølge TPF. Hvis de norske TPF-regler ikke ønskes anvendt kan ballastens vægt afpasses efter det regningsmæssige vindsug. Der kan normalt regnes med en rumvægt på 1600 kg/m^3 for shingels og γ_m kan sættes til 1,0. Nedenstående tabeller viser for anvendelse af 50 mm 16-32 shingles henholdsvis 50 mm betonfliser som ballast på bygninger med tæt tagkonstruktion, og hermed uden indvendigt overtryk. Der er regnet på en bygning uden murkrone.

50s: 50 mm 16-32 mm sten.

50fl: 50 mm betonfliser.

Bygnings- højde [m]	Terrænkategori											
	I			II			III			IV		
	Midt	Rand	Hjørne	Midt	Rand	Hjørne	Midt	Rand	Hjørne	Midt	Rand	Hjørne
0 - 4	50s	50s	50fl	50s	50s	50s	50s	50s	50s	50s	50s	50s
4 - 7,5	50s	50s	50fl	50s	50s	50s	50s	50s	50s	50s	50s	50s
7,5 - 10	50s	50s	50fl	50s	50s	50fl	50s	50s	50s	50s	50s	50s
10 - 15	50s	50s	50fl	50s	50s	50fl	50s	50s	50s	50s	50s	50s
15 - 20	50s	50s	50fl	50s	50fl	50fl	50s	50s	50fl	50s	50s	50s
20 - 25	50s	50s	50fl	50s	50fl	50fl	50s	50s	50fl	50s	50s	50fl

Tabel 6.4.1 Ballast på bygninger beliggende i område med basisvindhastighed på 24 m/s baseret på TPF-regler.

Bygnings- højde [m]	Terrænkategori											
	I			II			III			IV		
	Midt	Rand	Hjørne	Midt	Rand	Hjørne	Midt	Rand	Hjørne	Midt	Rand	Hjørne
0 - 4	50s	50fl	50fl	50s	50s	50fl	50s	50s	50s	50s	50s	50s
4 - 7,5	50s	50fl	50fl	50s	50fl	50fl	50s	50s	50fl	50s	50s	50s
7,5 - 10	50s	50fl	50fl	50s	50fl	50fl	50s	50s	50fl	50s	50s	50s
10 - 15	50s	50fl	50fl	50s	50fl	50fl	50s	50s	50fl	50s	50s	50s
15 - 20	50s	50fl	50fl	50s	50fl	50fl	50s	50fl	50fl	50s	50s	50s
20 - 25	50s	50fl	50fl	50s	50fl	50fl	50s	50fl	50fl	50s	50s	50fl

Tabel 6.4.2 Ballast på bygninger beliggende i område med basisvindhastighed på 27 m/s baseret på TPF-regler.

6.5 GRØNNE TAGE

I ekstensive grønne tage med et vækstlag på kun 40-60 mm skal tagdækningen under vækstlaget mekanisk fastgøres.

Ved intensive grønne tage – taghaver – kan mekanisk forankring normalt udelades, da vækstlaget udgør tilstrækkelig ballast.

Det kan dog være nødvendigt med mekanisk fastgørelse af hensyn til forankring i udførelsesfasen.

7.

Styrke af svejsning

7. STYRKE AF SVEJSNING

Hvis tagpap er svejst direkte på underlag af beton, celleglas, krydsfiner eller OSB-plader er det styrken af tagpappens svejsning, der skal sammenlignes med den regningsmæssige vindlast. Delamineringsbrud i underlaget skal selvfølgelig også vurderes, og dette kan være aktuelt for underlag af celleglas.

En tagpap svejst til underlaget kan regnes at have en regningsmæssig styrke på $m_d = 20 \text{ kN/m}^2$.

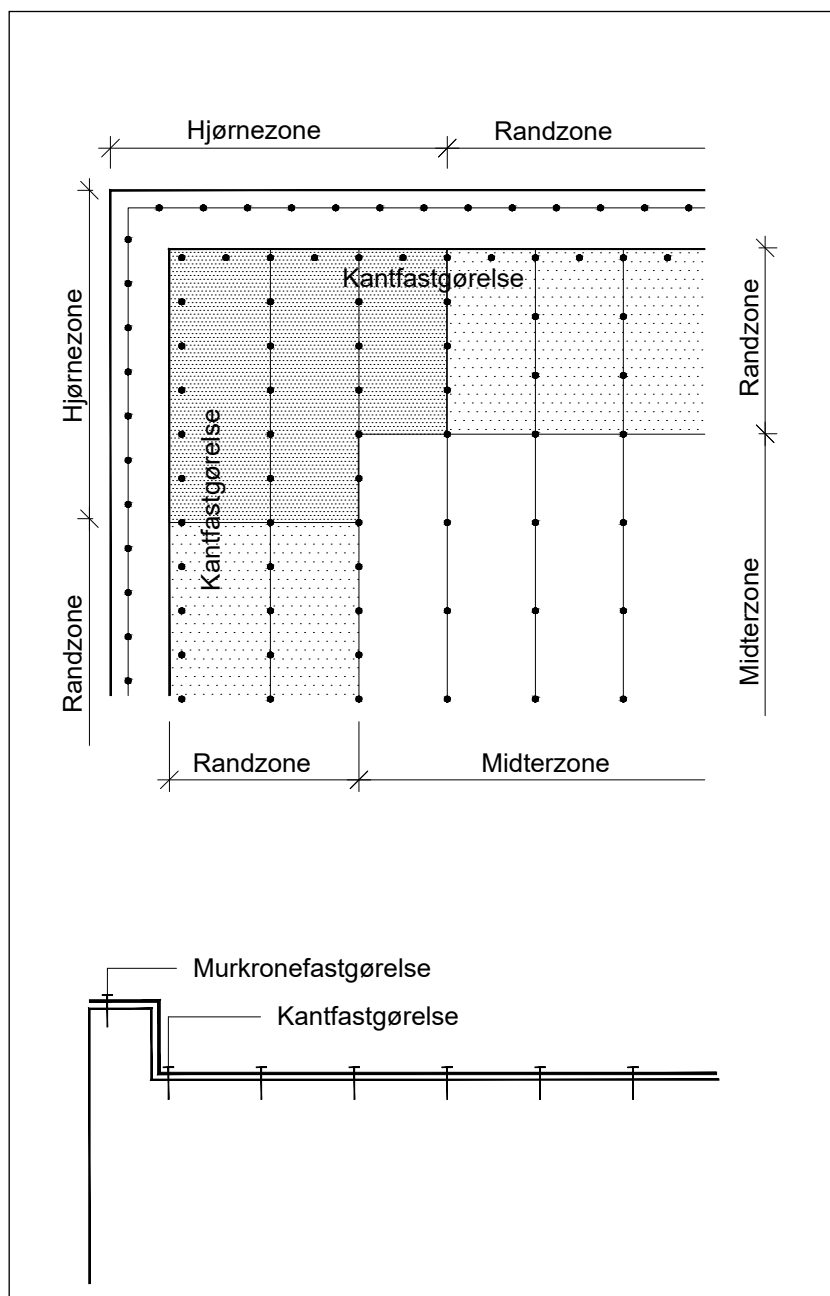
En sribesvejsning eller punktsvejsning med 30 % effektivt svejseareal jævnt fordelt over overfladen kan regnes at have en regningsmæssig styrke på $m_d = 6 \text{ kN/m}^2$.

8.

Dimensionering

8. DIMENSIONERING

Dimensioneringen udføres lettest ved at benytte dimensioneringsskemaerne på de følgende sider. På figur 8.1 er vist de anvendte betegnelser i dimensioneringsskemaerne.



Figur 8.1: Dimensioneringsbetegnelser.

DIMENSIONERINGSSKEMAER

Dimensioneringsskema for fastsættelse af vindlast					
Sags navn: <i>Lagerhal</i>			Sags nr.: <i>14608</i>		
Adresse: <i>Industrivej 5</i>			Post nr.: <i>5600</i>		By: <i>Faaborg</i>
Bygningsbredde i m	<i>12</i>		Bygningslængde i m	<i>24</i>	
Terrænkategori	<i>II</i>		Basisvindhastighed m/s	<i>24</i>	
Bygningshøjde i m	<i>8,0</i>		Tagform:	<i>Fladt</i>	
Underlag	<i>Beton</i>		Er konstruktionen tæt ?	<i>Ja</i>	
Er taget samlet med andre tage ?	<i>Nej</i>		Er der tagopbygninger ?	<i>Nej</i>	
Højde af murkrone i m	<i>0,1</i>		Porte:	<i>Ja</i>	
Formfaktorer	Midterzone	<i>1,2</i>	Vindlast i kN/m²	Midterzone	<i>1,43 + 0,68 = 2,11</i>
	Randzone	<i>2,0</i>		Randzone	<i>2,39 + 0,68 = 3,07</i>
	Hjørnezone	<i>2,5</i>		Hjørnezone	<i>2,99 + 0,68 = 3,67</i>
	Indvendigt overtryk	<i>0,7</i>		Ovenlys	<i>1,43 + 0,68 = 2,11</i>
	Udhæng	<i>-</i>		Udhæng	<i>-</i>

Tagplan

24,0 m

12,0 m

Ovenlys 1,2 x 2,4 m

Plan:

8,0 m

Snit:

Figur 8.2

DIMENSIONERINGSSKEMAER

Dimensionering for mekanisk fastgjort tagdækning				
Fastgørelsesbeslag: <i>BM-Teleskop A x 50</i>		Skive: <i>50 mm teleskop</i>		Skrue/søm: <i>Rustfri skrue</i>
Regningsmæssig udtrækningsstyrke af underlag i kN:			<i>1,20 kN¹⁾</i>	
Regningsmæssig udrivnings / gennemlokningsstyrke i tagdækning i kN:			<i>0,90 kN¹⁾</i>	
Regningsmæssig styrke af beslag (skrue/søm - skive) i kN:			<i>2,00 kN¹⁾</i>	
ZONE		Afstand mellem rækker m		Afstand mellem beslag i rækken m
Midterzone		<i>0,90</i>		<i>0,47</i>
Randzone		<i>0,90</i>		<i>0,33</i>
Hjørnezone		<i>0,90</i>		<i>0,27</i>
Kant ved rand		-		<i>0,33</i>
Kant ved hjørne		-		<i>0,27</i>
Randzonebredde, langside, m	<i>2,4</i>	Hjørnezonelængde, langside, m		<i>6,0</i>
Randzonebredde, gavle, m	<i>1,6</i>	Hjørnezonelængde, gavl, m		<i>4,0</i>
Fastgørelsesplan med angivelse af rand- og hjørnezonernes udstrækning samt beslagafstande.				
Banebredde0,2 0,9 <				

¹⁾ Regningsmæssige styrke oplyses af leverandør af fastgørelsesbeslag.

Figur 8.3

8.1 STANDARDFASTGØRELSESPLAN

Hvis der ikke gennemføres beregning af fastgørelser for mindre bygninger, kan nedenstående fastgørelsesplan anvendes under følgende forudsætninger:

Beliggenhed

- Hele landet med maksimale bygningshøjder som vist i tabel 8.1.1.

Bygning

- Maksimalhøjde, se tabel 8.1.1
- Maks. bredde eller længde 20 m
- Ingen porte

Underlag og fastgørelser

- Min. 50 mm betondæk med 5,5 mm betonsøm eller 5,5 mm betonskruer af rustfrit stål.
- Min. 0,8 mm profilerede stålplader med 4,8 mm selvborende og selvskærende rustfri skruer med reduceret borespids.
- 15 mm krydsfiner eller 21 mm brædder med 4,8 mm tagskruer.

Tagdækning og skiver

- 2-lags tagpapdækning af PTM DuraFlex Kombi (PF/GF 3500 SBS) og PTM BituFlex (PF 5000 SBS).
- Min. 40 mm teleskopskive i plast af dokumenteret type.
- Der er forudsat en styrke af fastgørelsesbeslag på 0,7 kN/beslag.

Rand- og hjørnezonebredde

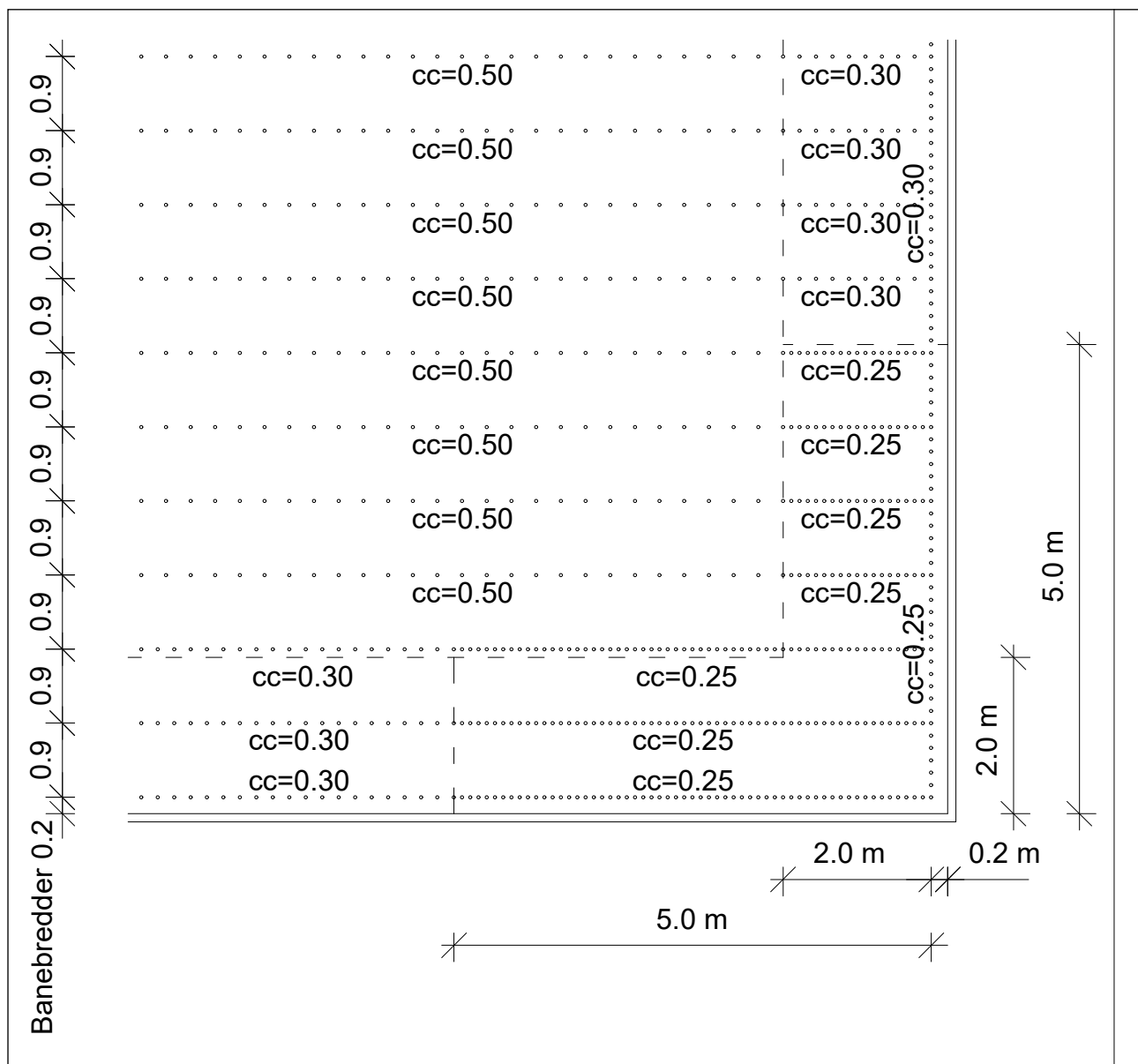
- 2,0 m

Hjørnezonelængde

- 5,0 m

Terrænkategori	Basisvindhastighed m/s	
	24	27
IV	25	16
III	25	8
II	12	5
I	6	2,5

Tabel 8.1.1 Maksimale bygningshøjder, hvor standardfastgørelse kan anvendes



Figur 8.1.1 Standardfastgørelsesplan

9.

Tagkanter og detaljer

Hvis først en sternkant eller et ovenlys går løs på grund af vindsug, så vil en større del af tagdækningen ofte også blive revet af. Dette betyder, at en beskednen fejl ved detaljen kan medføre store skader.

En del detaljer belastes udover vindsuget på oversiden af taget også af overtrykket inde i bygningen, eller f.eks. vindtryk under et udhæng. Dette kan forøge belastningen væsentligt og bør medtages ved beregning af fastgørelser. Se afsnit 2.

Hvis udhænget er åbent, vil overtrykket under udhænget påvirke tagdækningen, og der skal medregnes en ekstra formfaktor på 1,0. Se afsnit 2.

I det følgende vises fastgørelserne omkring forskellige tagkanter, ovenlys m.v.

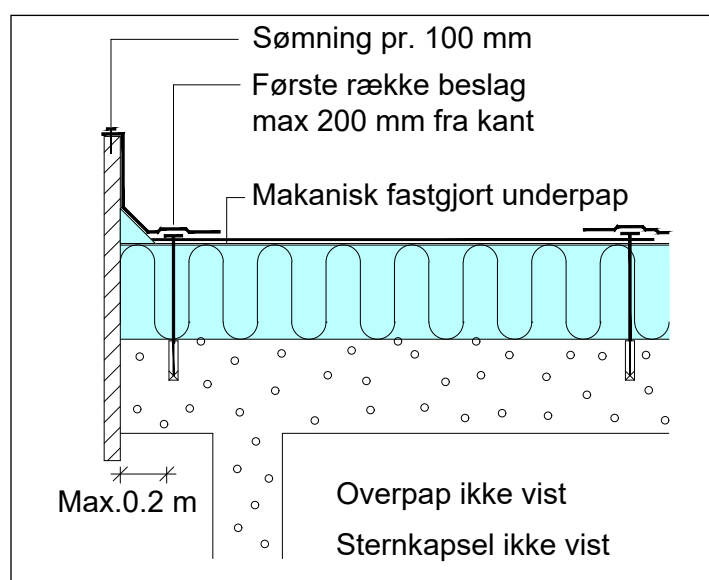
9.1 TAGKANTER

De følgende tegninger viser fastgørelser, som skal udføres ud over de allerede dimensionerede fastgørelser på selve tagfladen.

Den første række fastgørelsesmidler skal placeres højst 0,2 m fra kant, og i øvrigt være fastgjort i henhold til en fastgørelsesplan.

De efterfølgende regler for fastgørelse af tagkanter gælder for mekanisk fastgørelse og klæbning.

Ved klæbede løsninger (celleglas) vil fuldklæbning i reglen være tilstrækkelig ved tagkanter.



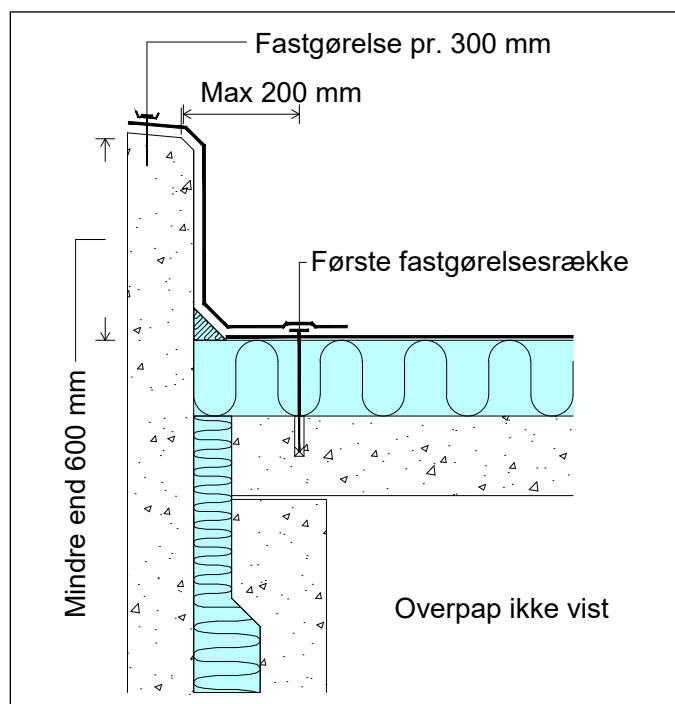
Figur 9.1.1 Principtegning af tagkant med udhæng.

Hvis stjernkanten er af træ, sømmes tagdækningen med tagpapsøm pr. 100 mm jf. PTM-anvisning nr. 8 Tagdetaljer. Der afsluttes med en metalsternkapsel, der fastgøres forsvarligt til stjernkanten.

Hvis stjernkanten er af beton eller stål, fastgøres tagdækningen på stjernkanten med en fastgørelsesskinne eller lignende, der er fastgjort til opkanten pr. maks. 300 mm. Der afsluttes med en metalsternkapsel, der fastgøres forsvarligt til stjernkanten.

Hvis sternkanten består af beton eller stål fastgøres tagdækningen (inddækningen) på sternkanten med en klemskinne eller tilsvarende, dimensioneret for belastninger som anført i Se afsnit 2.

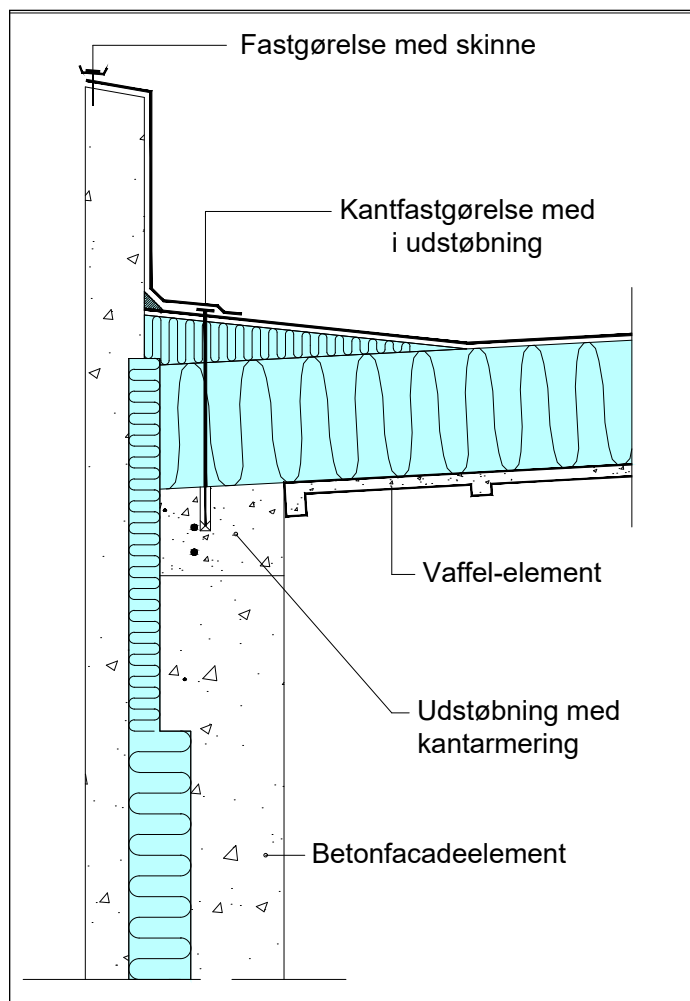
Fastgørelsesskinner og tilsvarende skal fastgøres pr. maks. 300 mm og fuges. Ved isolerede tagopkanter skal der altid anvendes mekanisk fastgørelse.



**Figur 9.1.2 Sternkant uden udhæng
og med lav opkant - det vil sige mindre
end 600 mm**

Ved fastgørelser i murværk, skal der sikres tilstrækkelig forankringsdybde, idet murværk normalt ikke har nogen trækstyrke i fugerne.

Der kan evt. anvendes en kantbjælke, som forankres til murværket med trækbånd eller tilsvarende.



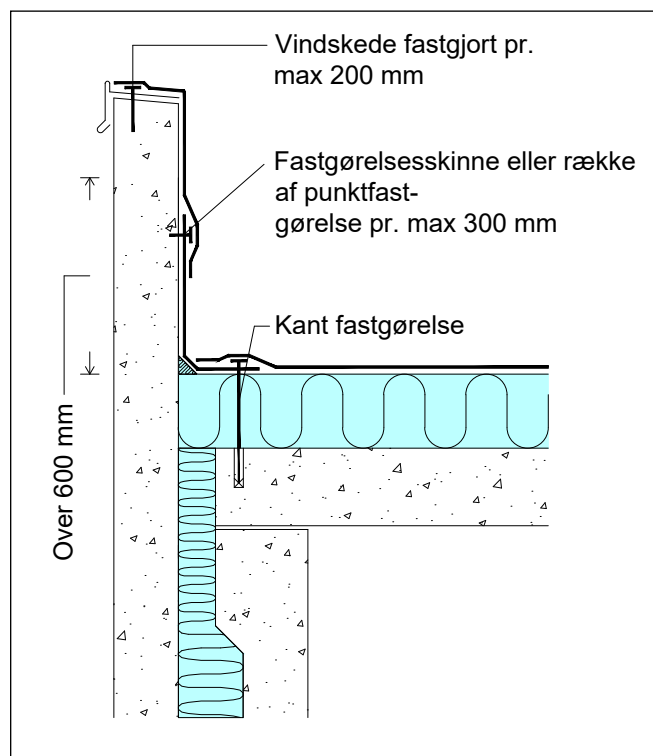
Figur 9.1.3 Kantfastgørelse ved tage opbygget af TTS-elementer og vaffelplader, hvor der udføres udstøbning, som kan anvendes til kantfastgørelse

Kantfastgørelser kan eventuel erstattes af en fastgørelsesskinne i facaden, placeret maks. 200 mm over tagfladen og fastgjort svarende til kantfastgørelsen.

Opkanten afdækkes af en alukapsel eller afsluttes med en vindskede, der fastgøres forsvarligt til sternopkanten.

En høj opkant (større end 1/10 af bygningshøjde, dog min. 600 mm) giver en lævirkning, så der kan udføres normal fastgørelse på tagfladen bag kanten, det vil sige, at fastgørelsen 200 mm på tværs af banerne bag opkanten kan udelades.

Ved løst monteret inddækning på bagsiden af murkroner skal der anvendes mekanisk fastgørelse i form af fastgørelsesskinner eller tilsvarende ved tagkanter højere end 600 mm. Se figur 9.1.4.



Figur 9.1.4 Fastgørelsesskinne ved tagkant højere end 600 mm. Vindskederne skal udføres af min. 1,0 mm aluminium med mindre fastgørelsens afstand mindskes tilsvarende

Ved høje opkanter (større end 1/10 af bygningshøjden) optræder det maksimale vindsug på tagfladen først et stykke inde på taget, idet vindsuget umiddelbart bag opkanten vil være reduceret. Der anvendes derfor reducerede formfaktorer, se afsnit 2.

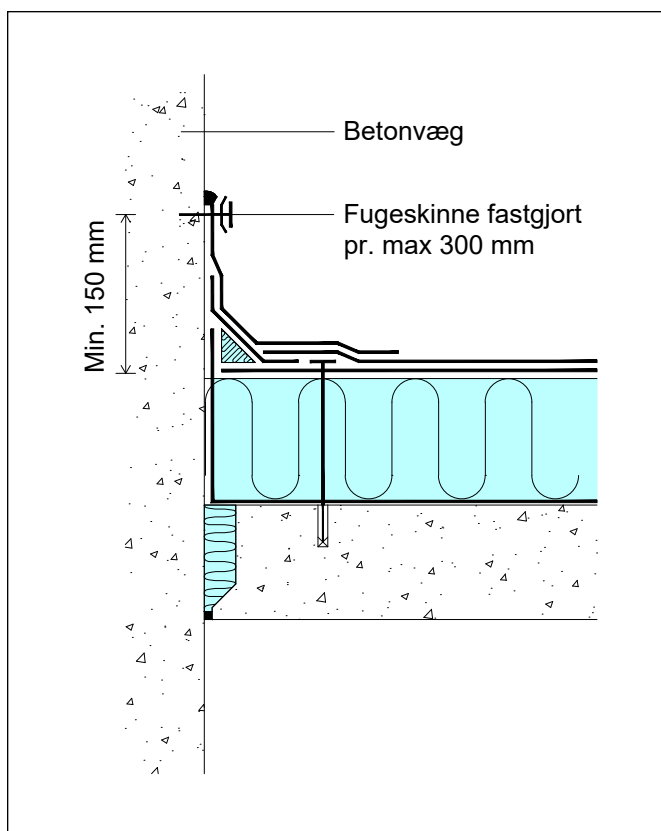
Der vil dog også optræde et væsentligt vindsug på bagsiden af opkanten, og det er nødvendigt med en fastgørelse på dette sted.

Disse fastgørelser dimensioneres som den yderste række af fastgørelser i tagfladen i den aktuelle zone.

Ved tilstødende vægge fastholdes tagdækningen med punktfastgørelse samt en fugeskinne som vist på figur 9.1.5.

Ved høje murkrone/vægge anbringes fastgørelserne i rækker pr. maks. 0,6 m på den lodrette flade.

Generelt skal alle inddækninger mod lodrette bygningsdele have en højde på mindst 150 mm.



Figur 9.1.5 Tagdækning ved tilstødende væg er fastholdt med punktfastgørelse og fugeskinne. Ved murværk anvendes fugeskinne

10.

Ovenlys, tagnedløb og hætter

10. OVENLYS, TAGNEDLØB OG HÆTTER

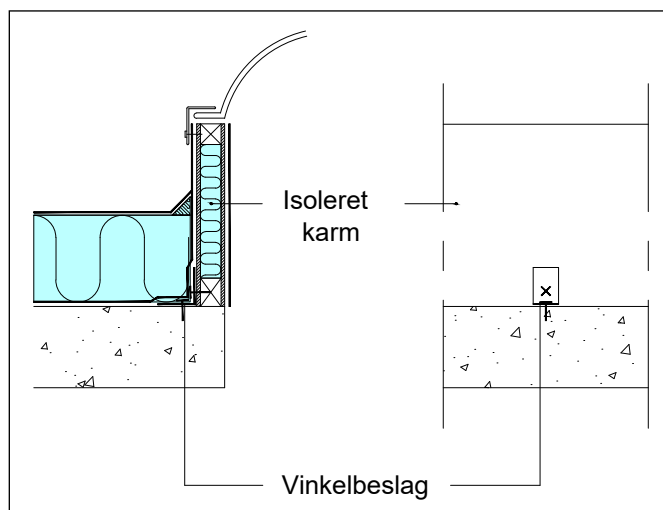
Ovenlys fastgøres forsvarligt til den underliggende konstruktion og fastgørelsen dimensioneres for både vindsug på taget og indvendigt overtryk i bygningen. Se afsnit 10.2.

10.1 VINDSUG

Ovenlys påvirkes oppefra af vindsuget over tagfladen. Vindsuget på oversiden af ovenlys afhænger bl.a. af placeringen på taget, og det fastlægges som angivet i afsnit 2.

Hvis der er porte i bygningen, kan der desuden opstå et indvendigt overtryk.

Ovenlys fastgøres normalt med vinkelbeslag, der sømmes til karmen, som vist på figur 10.2.1.



Figur 10.2.1 Fastgørelse af ovenlyskam med vinkelbeslag.

Fastgørelsen til underlaget afhænger af underlagstypen:

Træ: Kamsøm eller træskruer.

Beton: Skruer og søm eller ekspansionsankre.

Letbeton: Ekspansionsankre.

Stålplade: Selvskærende skruer.

Skråsøm/stiksøm må ikke anvendes, da der ikke kan opnås tilstrækkelig styrke. Dette gælder både for træunderlag og de tidligere anvendte indstøbte træklodser i beton.

Det er ved varme tage med store isoleringstykkelser vigtigt, at både blændkarm og ovenlyskarm er fastgjort forsvarligt til underlaget. Blændkarm og ovenlyskarm samles med sømbeslag eller tilsvarende.

Sømbeslagene sømmes til karmen med kamsøm 40/35 afhængig af karmtykkelse (min. 35 mm). Den regningsmæssige tværbæreevne af disse kamsøm er ca. 1,0 kN for korttidslast som vindlast. Der er derfor kun behov for få søm, men det anbefales, at der anvendes mindst to søm eller skruer pr. beslag.

Der anvendes minimum 4 beslag pr. ovenlys, op til en længde på 1,2 m. Ved længder over 1,2 m suppleres med 2 beslag ekstra pr. påbegyndt 1,2 m, se figur 10.2.1.1.

For lysbånd gælder fabrikantens anvisninger.

Fastgørelsesreglerne gælder for både ovenlyskarm og blændkarm. Sømbeslagene skal være korrosionsbeskyttede i henhold til afsnit 11 og have en godstykkelse på min. 2 mm, og hver flig skal være min. 60 x 60 mm.

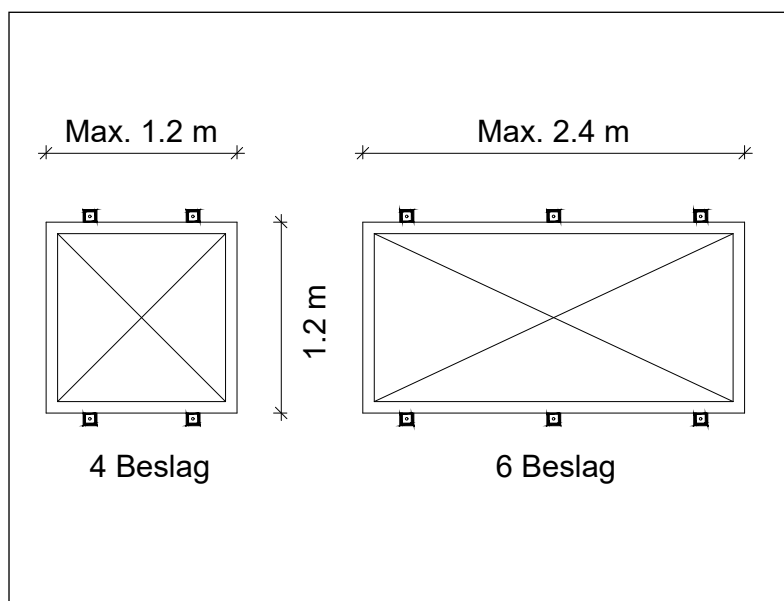
Fastgørelse af ovenlys til TTS-plader med vaffelplader imellem, skal normalt ske til TTS-pladerne eller med særlige vinkelbeslag, der går ned under betonpladerne, se figur 10.2.1.2.

For at kunne fastgøre vinkelbeslag i beton skal betonens godstykkelse være minimum 50 mm.

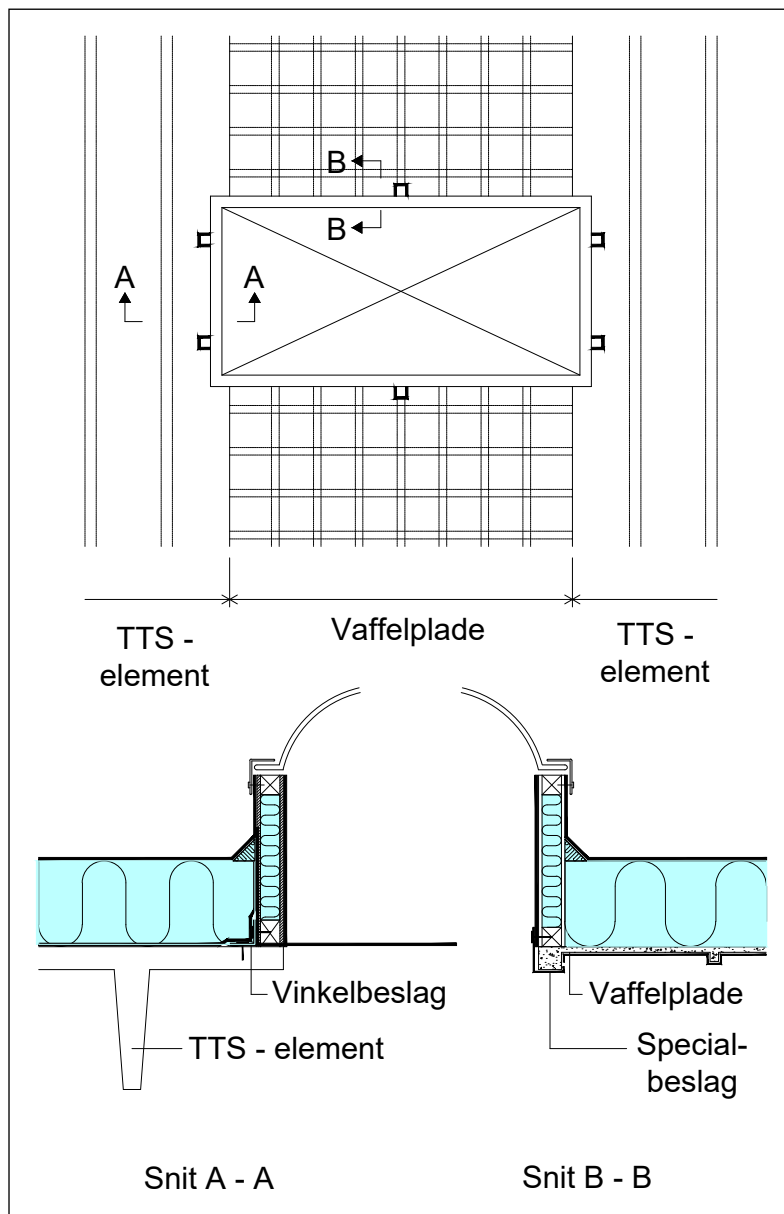
10.2.1 DIMENSIONERINGSREGLER FOR STORE OVENLYS

Ved ovenlys, der er større end 1,2 x 2,4 m, skal der udføres en dimensionering af fastgørelserne efter de aktuelle forhold, hvor der tages hensyn til stivheden af de tilgrænsende bygningsdele, og muligheden for fastgørelse af ovenlys til hovedkonstruktionerne.

Ved ovenlys, der placeres mellem TTS-elementer med afstand på f.eks. 4,8 m, sammen med profilerede stålplader, vil ovenlyskarmen være stivere end stålpladerne, og der kan derfor overføres last fra de profilerede stålplader til ovenlyskarmen.

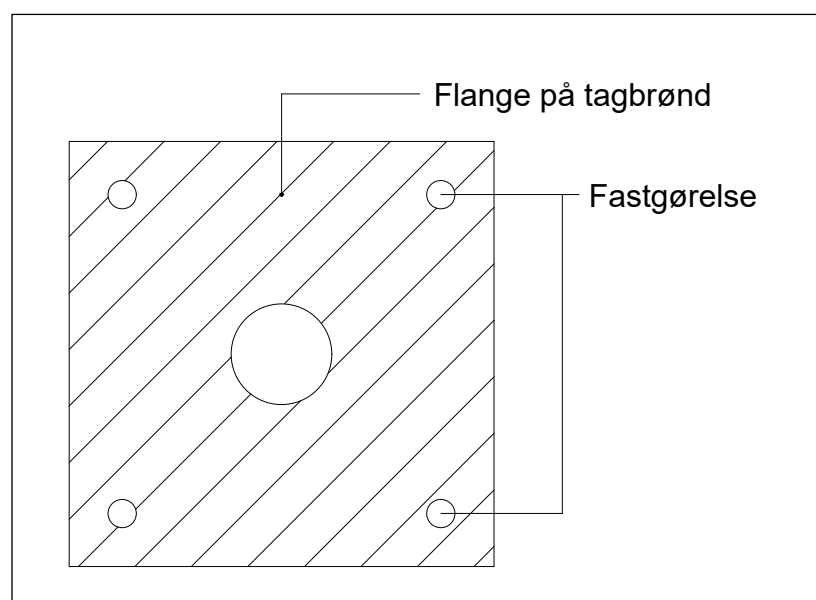


Figur 10.2.1.1. Fastgørelse af ovenlys.



Figur 10.2.1.2 Fastgørelse af ovenlys til TTS-plader med vaffelplader imellem.

Tagnedløb og hætter skal fastgøres mekanisk med mindst fire skruer, eller hvert hjørne, med skiver som vist på figur 10.3.1 for at undgå, at de løfter sig på grund af vindsug.



Figur 10.3.1 Fastgørelse af afløbsbrønd eller taghætte

11.

Korrosion og ældning af fastgørelsesmidler

11. KORROSION OG ÆLDNING AF FASTGØRELSESMIDLER

Korrosionsbestandigheden af metaldele, som skruer eller søm samt andre fastgørelsesmidler som skinner etc., skal vurderes ud fra den forventede fugtbelastning i taget.

Der er altid en risiko for at byggefugt eller fugt fra eventuelt kommende utætheder kan blive spærret inde i konstruktionen, og der er derfor altid risiko for korrosion af metaldelene.

Kravene til korrosionsmodstand for søm, skruer og skiver er derfor, at de skal opfylde 15 cykler i korrosionstest med maks. 15 % overfladekorrosion i henhold til EAD-030351-00-0402-2019 Annex 2.

Metaldele: Metaldele som søm og skruer kan f.eks. være:

- Rustfri søm og skruer
- Varmforzinkede skruer
- Overfladebehandlede skruer eller søm

Plastdele:

Plastdelene skal testes for skørhed (brittleness) i henhold til EAD 030352-00-0402-2019 og kunne klare en faldhøjde på mindst 1,0 m.

Dokumentationen kan udgøres af en ETA for beslag i henhold til ETAG 006, Annex D.

12.

Varmeklæbning af isolering til underlaget

12. VARMKLÆBNING AF ISOLERING TIL UNDERLAGET

Varmklæbning af isolering til underlaget bør kun udføres med celleglas, og normalt kun på underlag af beton og letbeton. Varmeklæbning på profilerede stålplader er mulig, men kræver særlig dokumentation.

Varmklæbning udføres normalt som en fuldklæbning, men de effektive klæbearealer svarer aldrig til 100 %, idet ujævnheder i underlaget hindrer fuld kontakt.

Ved starten af tagarbejdet er det derfor vigtigt at kontrollere de effektive klæbearealer, og at tilpasse mængden af klæber, således at der opnås de ved dimensioneringen forudsatte effektive klæbearealer. Delamineringsstyrken af isolering skal også kontrolleres, idet der ikke kan opnås højere styrke for klæbning end isoleringens styrke.

13.

Varmeklæbning af tagdækning til isolering

13. VARMKLÆBNING AF TAGDÆKNING TIL ISOLERING

Underlaget for varmkløbet tagdækning er celleglas. Kløbning af underpappen skal normalt udføres som en varmkløbning eller svejsning. Med hensyn til de brandsikringsmæssige forhold henvises til Brandteknisk Vejledning BtV 10, del 2.

14.

Eksempel på dokumentation af fastgørelse

14. EKSEMPEL PÅ DOKUMENTATION AF FASTGØRELSE

Fastgørelsen af tagisolering og tagdækning indgår som en vigtig del af kvalitetssikringen for tagarbejdet i de enkelte faser af byggeprocessen, som angivet i checklisten i tabel 14.1.

Aflevering

Bygherre- og rådgiverkrav til dokumenter, som entreprenøren efterfølgende bør aflevere til bygherre efter påkrav, kan være:

- Fastgørelsesplan
- Datablad på fastgørelsesmiddel
- Datablad på fastgørelsessystem
- Dimensioneringsskema

Fase	Emner
Projektering	Bestemmelse af vindzone og terrænkategori. Dimensionering af fastgørelsesmidler i henhold til PTM-anvisning. Fastgørelse af tagdækning/solceller. Udarbejdelse af fastgørelsesplan. Bestemmelse af korrosionsklasse og valg af fastgørelsesmiddel, der opfylder denne klasse. Fastlæggelse af kontrolplan for udførelsen.
Udførelse	Indledende udtrækningsprøvninger for fastgørelsesmidler, hvis udtræksstyrken i underlaget er ukendt. Modtagekontrol for fastgørelsesmidler/klæbemasse. Afholdelse af opstartsmøde med deltagelse af arbejdsleder, tagdækkere og projekterende tekniker. Instruktion af tagdækkere og udlevering af fastgørelsesplan. Stikprøvekontrol af fastgørelsesmidlernes udtrækningsstyrke og/eller klæbestyrke. Stikprøvevis tilsyn med antal og placering af fastgørelsesmidler/procent af klæbeareal.
Aflevering	Fastgørelsesplan, som udført. Dimensioneringsskema og dokumentation for det anvendte fastgørelsessystem.

Tabel 14.1.

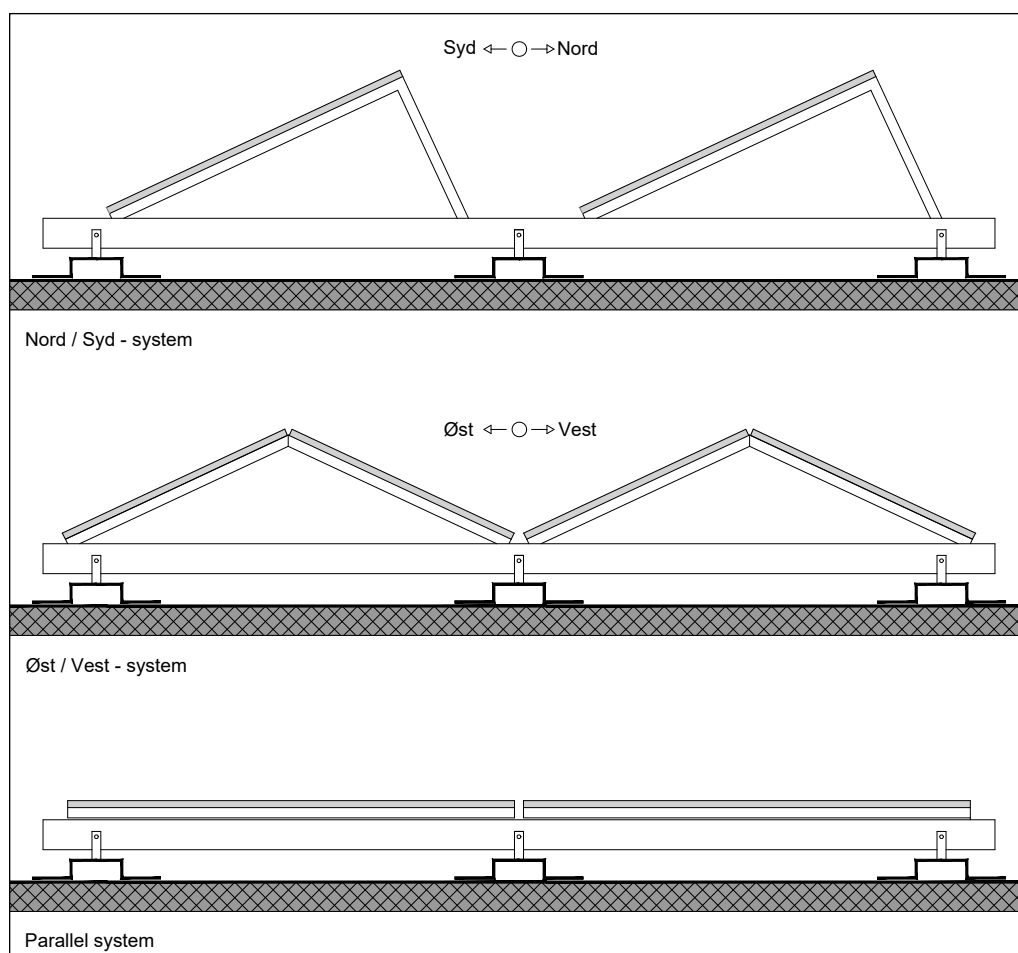
15.

Fastgørelse af solceller på tagpap

Der monteres i disse år flere og flere solcelleanlæg i forbindelse med både nybyggeri og som led i energirenoveringer. Tagpaptage er velegnede til montage af solcelleanlæg, men det er vigtigt at benytte de rigtige monteringsmetoder for at undgå senere problemer med utætheder.

Bygherren bør være opmærksom på evt. garantiforbehold ved montering af solcelleanlæg. Der er allerede set flere skader på tagkonstruktioner efter forkert montage af solcelleanlæg, der har medført utætheder og alvorlige fugtskader på tagkonstruktionen. Vi fokuserer derfor på funktionskravene til monteringsmetoder for solcelleanlæg på tagpaptage.

Anvendelsen af solcelleanlæg er i høj grad bestemt af krav til energiberegninger for nye bygninger, og udbredelsen på forskellige bygningstyper varierer derfor med de politiske beslutninger. Solcelleanlæg kan placeres på flere måder på taget, men der er en tendens til at anvende løsninger, som ikke har så stor hældning og enten følger taget eller placeres med ca. 15° hældning, som øst/vest-systemer. Alle systemer skal dokumenteres ved vindtunneltest.



Figur 15.2.1: De tre systemer nord/syd, øst/vest- og parallelsystemer.

Vind- og snebelastning på solcellepaneler afhænger af placeringen på taget. Se afsnit 15.3. Solcellepaneler må ikke placeres i skotrender, og tagnedløb skal være tilgængelige.

De viste fastgørelsesprincipper kan også anvendes for andet udstyr eller beklædninger, som ønskes fastgjort på tagpaptage.

15.2 MONTAGEMETODER

Der findes en række løsninger til at etablere solcelleanlæg på tagpaptage.

1. Solcelleanlæg fastgjort med beslag, der er inddækket i tagpaptækningen. Typisk anvendes punktfastgørelser, der er inddækket og skinner fastgjort til punktfastgørelserne.
2. Solcelleanlæg fastholdt med ballast. Solcellepanelerne monteres på et stativ, som indeholder en ballastkasse, der fyldes med fliser eller et skinnesystem, som bærer fliserne.
3. Solcellepaneler klæbet direkte på tagpaptage eller solcellepaneler fastgjort til skinner, der er klæbet til tagpaptaget.
4. Solcellepaneler integreret i overpappen. Der anvendes fleksible solcellepaneler, som er limet på overpappen. Denne type anvendes ikke pt.



Figur 15.2.1: Foto af parallel-system.

15.2.1 MEKANISK FASTGJORTE SOLCELLEANLÆG

Ved valg af fastgørelsesbeslag skal der tages udgangspunkt i tagets hældning, idet hældningen er afgørende for vandbelastningen på solcellefastgørelsen.

Der skelnes derfor mellem løsninger til lave hældninger under 1:5 dvs. op til 11°, og til tagflader med hældning over 1:5 dvs. over 11°.

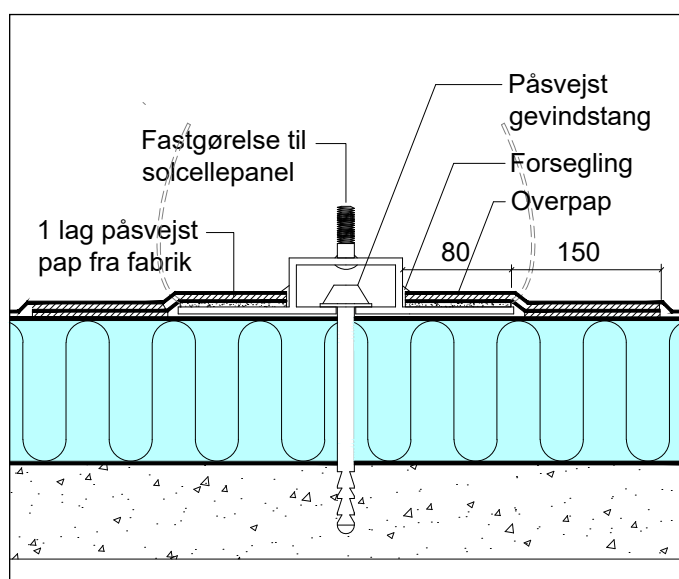
1:5 eller 11° svarer til en hældning på 20 cm pr. m.

15.2.1.1 LØSNINGER TIL LAVE HÆLDNINGER

Her skal solcellefastgørelserne være vandtætte i sig selv, så de kan tåle en vandstand på 150 mm, svarende til de normale inddækningshøjder.

Solcellefastgørelser må ikke placeres i skotrender og i områder af taget, hvor hældninger er mindre end 1:40.

Der findes en række løsninger til lave hældninger, og principielt er der tale om beslag med en adskillelse mellem fastgørelse til underlaget og fastgørelse af solcelleanlæggene, se figur 15.2.1.1.1.



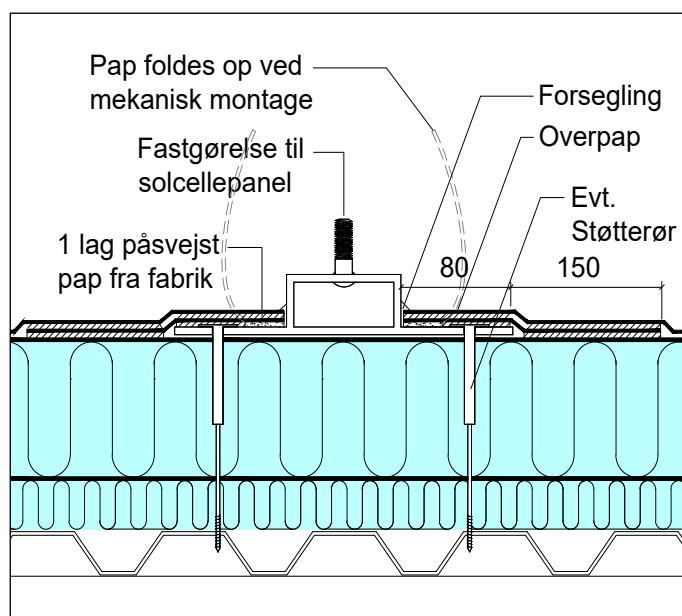
Figur 15.2.1.1.1: Principløsning for beslag til punktfastgørelse af solcelleanlæg på lav hældning med vandtæt adskillelse mellem fastgørelse til underlag og fastgørelse af solcelle. Inddækningsbredden skal være min. 80 mm og udført på fabrik.

Ved beslag med fabrikspåsvejet underpap og overpap udført på stedet, skal der forsegles med bitumenfugemasse mellem overpap og beslag.



Figur 15.2.1.1.2: Eksempel på punktfastgørelse til solcelleanlæg.

Der er flere forskellige fastgørelsesmuligheder til underlaget. Der kan f.eks. anvendes en gevindstang, som fastgøres med et klæbeanker, eller der kan anvendes tagskruer med teleskop, se figur 15.2.1.1.3.



Figur 15.2.1.1.3 Punktfastgørelse med teleskopbeslag i bundplade for solcellebeslag. Fastgøres til underlaget ved at løfte op i den fabrikspåvejste tagpap, så der er adgang til huller i inddækningsplade.

Løsningerne vist ovenfor kan eftermonteres på eksisterende tage.

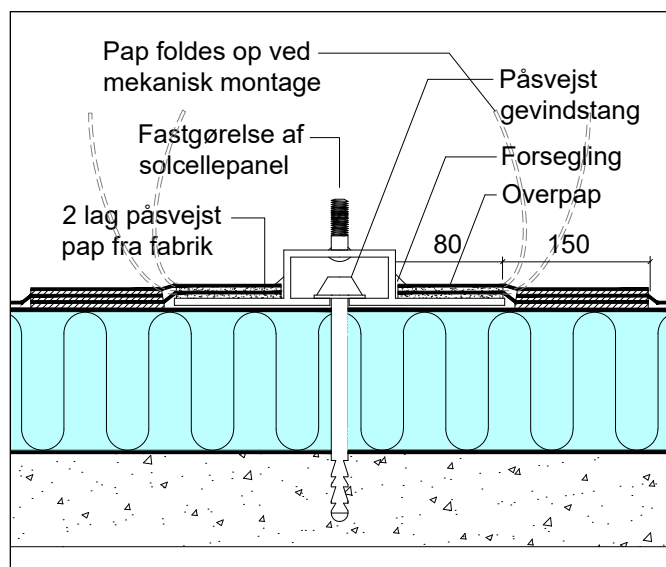
Når der svejses mod overpap med skifer, skal anvendes en overlægsbredde på 150 mm.

Støtterør omkring fastgørelserne kan anvendes, hvis isoleringens trykstyrke ikke er tilstrækkelig til at overføre belastningen. Krav til isolering fremgår af afsnit 15.2.2.

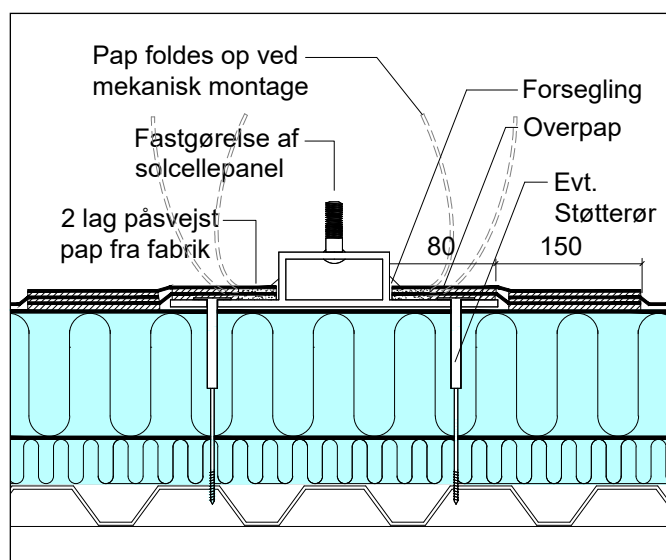
Fastgørelsesbeslag for solcelleanlæg skal være forsynet med fabrikspåvejst tagpap og de skal inddækkes, så der opnås en 2-lags løsning ved beslaget.

Den ene løsning er, at der fra fabrik er påsvejst både over- og underpap, så der kan dækkes ind direkte med de fabrikspåvejste tagpapper.

Der kan også anvendes fabrikspåvejst underpap og efterfølgende påvejsning af overpapinddækning på taget. Flangebredde på fastgørelsesbeslaget skal være min. 80 mm og underpap føres helt ind under fastgørelsesbeslaget.



Figur 15.2.1.1.4 Punktfastgørelse med 2 lag tagpap, påvejst fra fabrik



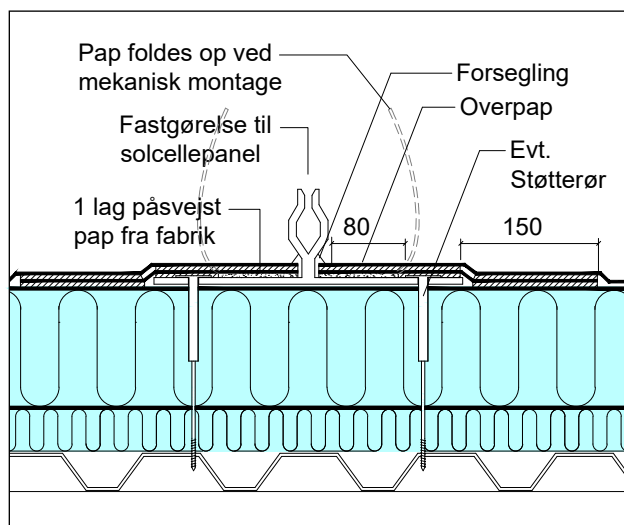
Figur 15.2.1.1.5 Punktfastgørelse med 2 lag tagpap, påvejst fra fabrik



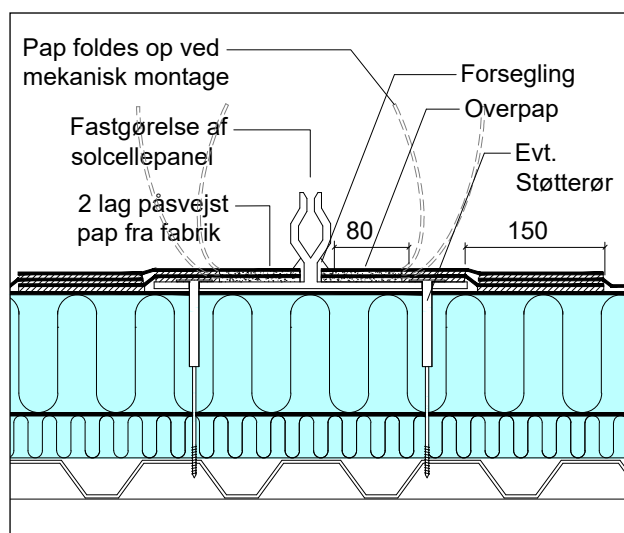
Figur 15.2.1.1.6 Stativ for øst/vest-system med beslag til fastholdelse mod vindsug og mellem understøtninger til optagelse af lodret last.

Der skal tages hensyn til temperaturudvidelser i solcelleanlæggets skinner, og der må sikres passende dilatationsmuligheder, så vandrette kræfter på solcellefastgørelser minimeres.

Hvis der anvendes fastgørelsesskinner, skal disse være forsynet med fabribspåvejst tagpap med en klæbeflade på min. 80 mm, både langs skinnen og ved ende af skinnen. Skinnens længde bør normalt ikke overstige 2,0 m af hensyn til temperaturbevægelser i skinnen.



Figur 15.2.1.1.7 Linjefastgørelse med 1 lag tagpap, påsvejt fra fabrik.



Figur 15.2.1.1.8 Linjefastgørelse med 2 lag tagpap, påsvejt fra fabrik.

Fastgørelserne for solcellebeslaget til underlaget placeres uden for den 80 mm fabriksvejste zone.

Skiner til fastgørelse af solcelleanlæg monteres altid parallelt med faldet, så afvandingen ikke hindres.

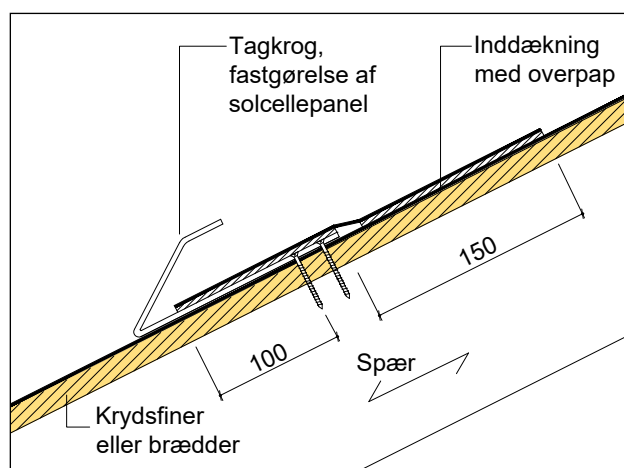
I varme tage, hvor underlaget er eftergivelig isolering, anvendes teleskopbeslag til fastgørelserne, så evt. skruer ikke kan presses op gennem tagdækning, hvis der trædes ved siden af beslaget.

Punktfastgørelser og fastgørelsesskiner til tage med lav hældning kan også anvendes på hældningstage.

15.2.1.2 LØSNINGER TIL HÆLDNINGSTAGE $\geq 1:5$

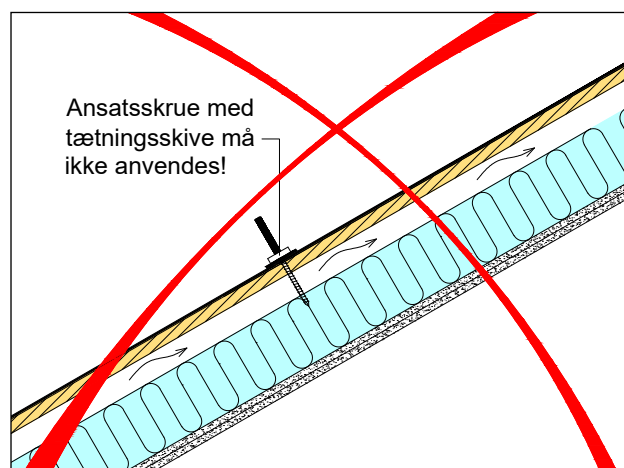
Ved placering på synlige tage bør der tages arkitektoniske hensyn ved placering af solcellepaneler. Til hældningstage med fald $\geq 1:5 = 11^\circ$ accepteres løsninger, der ikke kan tåle vandtryk, men som er vandtætte for vand, der løber ned ad taget og for slagregn, der presses opad. Ved hældning $\geq 1:5$ kan anvendes fastgørelser, hvor tagpapdækningen gennembrydes min. 100 mm over inddækning.

Ved eftermontering skal der sikres en inddækningsbredde på 150 mm, da der opstår modfald mod inddækningen. Der findes også flere løsninger til dette formål, men typisk kan de se ud som vist på figur 15.2.1.2.1.



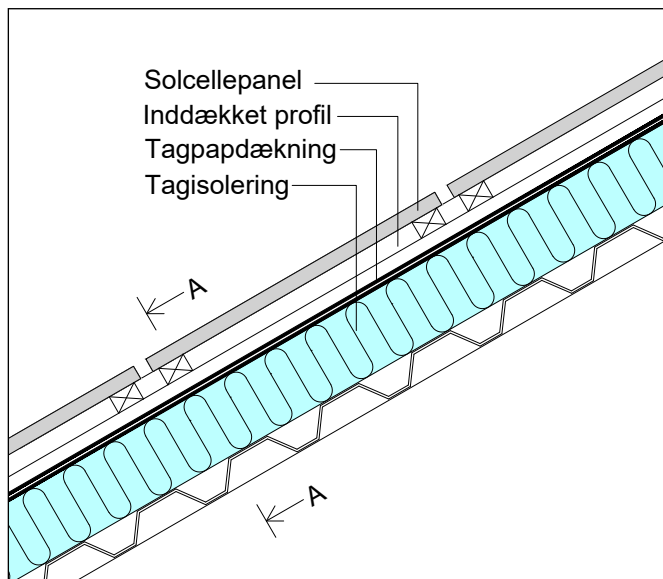
Figur 15.2.1.2.1 Punktfastgørelse med 1 lag overpap påsvejst på stedet. Sideinddækningen skal være min. 100 mm.

Ansætsskruer må ikke anvendes på tagpaptage uanset hældning, idet de bliver utætte med tiden på grund af dynamiske påvirkninger. Ansætsskruer er skruer, hvor tætningen sikres ved en tætningsskive, der presses ned mod underlaget.



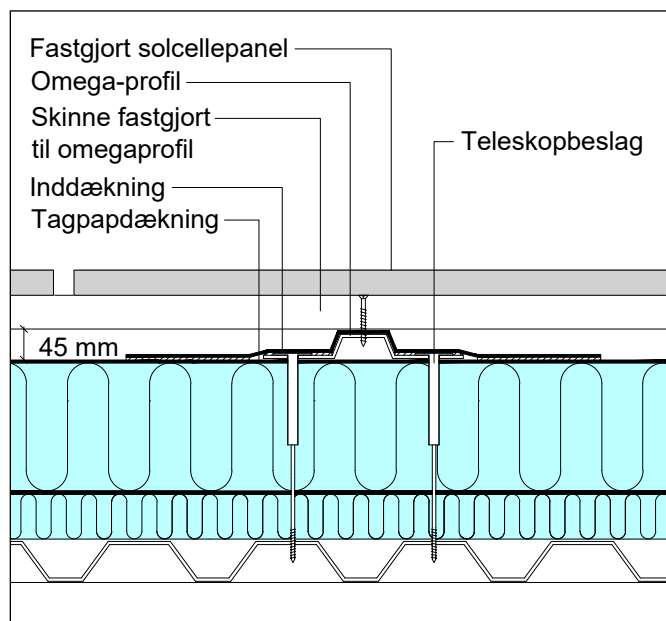
Figur 15.2.1.2.2 Ansætsskruer med tætningsskive må ikke anvendes på tagpaptage, uanset tagets hældning.

Der kan på hældningstage også anvendes inddækkede metalskinner, som vist på figur 15.2.1.2.4. Der må ikke anvendes trælister, da disse har en risiko for at rådne op, da de er lukket inde mellem fugttætte tagaplag. Der kan heller ikke bruges trykimprægnerede lister, da der af arbejdsmiljømæssige årsager ikke må svejdes på disse.



Snit A-A, se figur

Figur 15.2.1.2.3 Solcellepanel fastgjort til inddækkede hatprofil som linjefastgørelse.

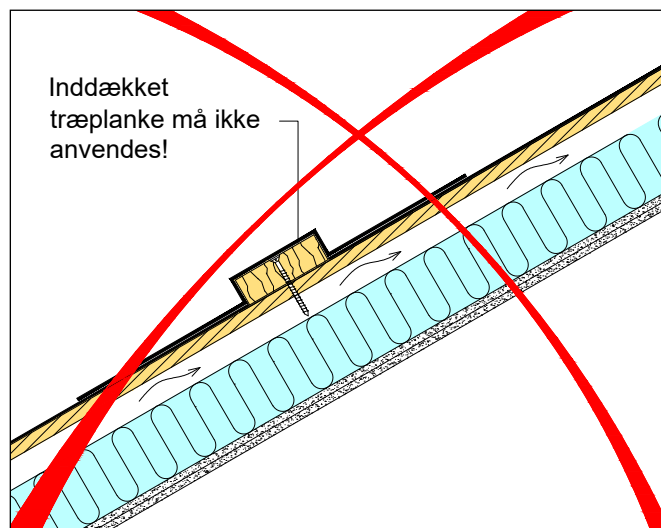


Figur 15.2.1.2.4 Snit A-A. Solcelleanlæg fastgjort til inddækkede hatprofiler som linjefastgørelse

Hatprofil inddækkes vandtæt i den øverste ende, men bevares åbent forneden, så evt. indtrængende vand kan drænes ud.

15.2.1.3 FASTGØRELSESBESLAG TIL HÆLDNINGSTAGE

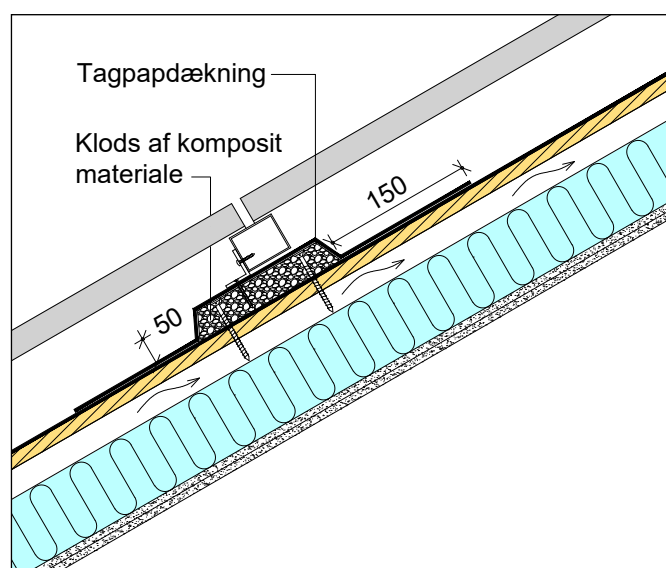
Der skal ved dimensionering af fastgørelser tages hensyn til råd, korrosion og andre nedbrydningsmekanismer. Inddækkede træplanke må ikke anvendes, idet der er risiko for at de rådner med tiden, og så mister solcellefastgørelsen sin styrke.



Figur 15.2.1.3.1 Inddækket træ som punkt- og eller linjefastgørelse, må ikke anvendes uanset taghældning.

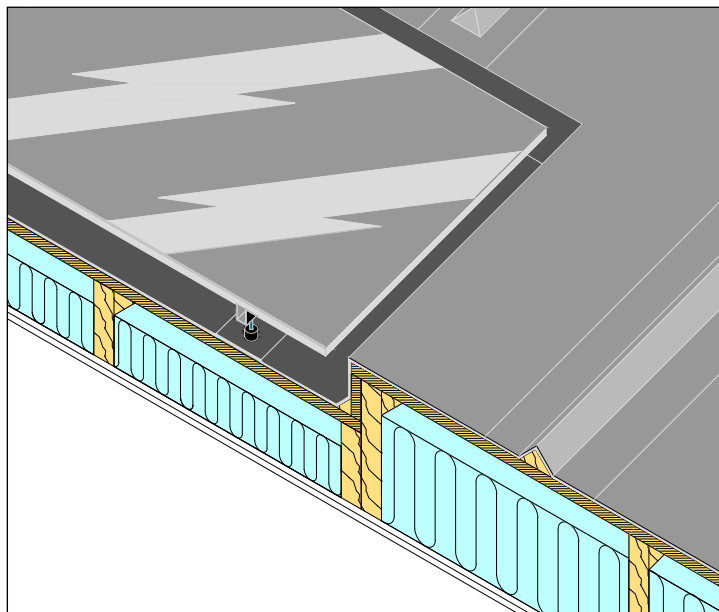
Hvis plankerne opfugtes, er der desuden risiko for dampbuler. Indbyggede metalprofiler skal være korrosionsbestandige, og bør normalt udføres i rustfrit stål (AISI 304) eller aluminium (S2).

Der kan evt. også anvendes inddækkede klodser af vandtæt kompositmateriale eller celleglas, som fastgørelsespunkter for solcelleanlæg, som vist på figur 15.2.1.3.2. Taghældningen skal ved disse løsninger være $\geq 1:5$.



Figur 15.2.1.3.2 Inddækket punktfastgørelse af plastkompositmateriale til fastholdelse af solcelleanlæg. Klodserne, som typisk er 200 x 200 x 50 mm, skal inddækkes helt med tagpap.

Solcellepanelerne kan evt. sænkes ned i taget, så der opnås en plan tagflade. Ved ventilerede tage skal det sikres, at der er tilstrækkelig passage for ventilationsluften i det forsænkede område.



Figur 15.2.1.3.3 Forsænket solcelleanlæg i hældningstage, så der opnås en plan tagflade.



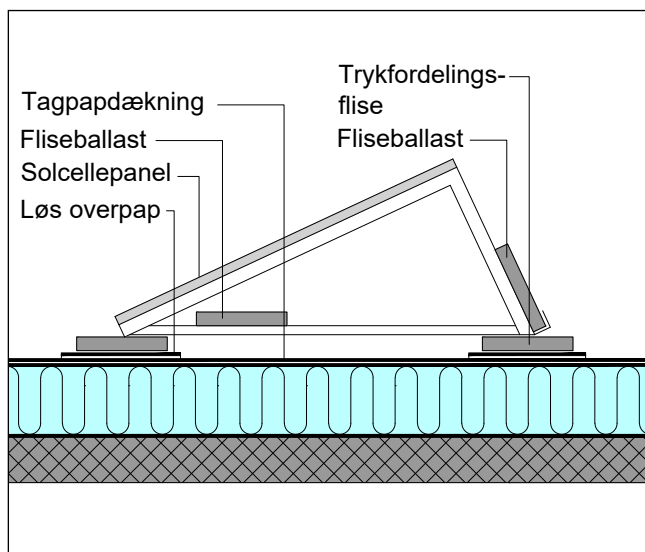
**Figur 15.2.2.1: Eksempel på ballastsystem.
Fastgørelse af ballastfliser mangler.**

Fastholdelse af solcelleanlæg med ballast skal dimensioneres på linje med de mekaniske fastgørelser.

Det er vigtigt, at fliserne er fastholdt til skinnesystemet, så de ikke falder af ved de dynamiske vindbelastninger, idet løse fliser kan skade tagdækningen og reducere ballasten.

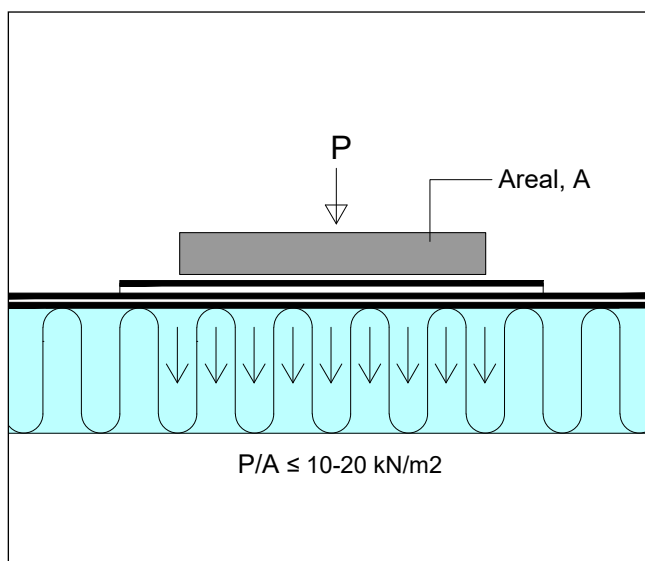
Derudover skal der tages hensyn til trykket ned på isoleringen, så denne ikke overbelastes, eller der opstår lunger.

- Trykbelastningen på isoleringen bør ikke overstige langtidstrykstyrken, som principielt svarer til maks. 2 % nedsynkning.
- Tagdækningen skal også beskyttes mod nedtrykning i tagdækningen ved udlægning af et lag løst overpap under understøtningerne. Dette skal gå 25 mm uden for understøtningens kant.
- På underlag af mineraluld bør punktlaster fra sne og egenvægt ikke overskride isoleringens korttidsstyrke angivet ud fra EN 826.
- På underlag af EPS S60 og S80 bør punktlaster fra sne og egenvægt ikke overskride isoleringens korttidsstyrke angivet ud fra EN 826.



Figur 15.2.2.2: Eksempel på solcelleanlæg fastgjort med ballast

Solcellestativet skal være fastgjort til trykfordelingsfliserne, hvis de indgår i ballastberegningen.



Figur 15.2.2.3: Trykbelastning på isolering.

Beregning af den nødvendige ballast sker normalt på basis af værdier baseret på vindtunnel-forsøg med solcelleanlægget.

Der findes principielt 2 typer løsninger. En hvor solcellepanelet klæbes direkte til tagpapdækningen, og en hvor det er skinner, der klæbes til tagdækningen.



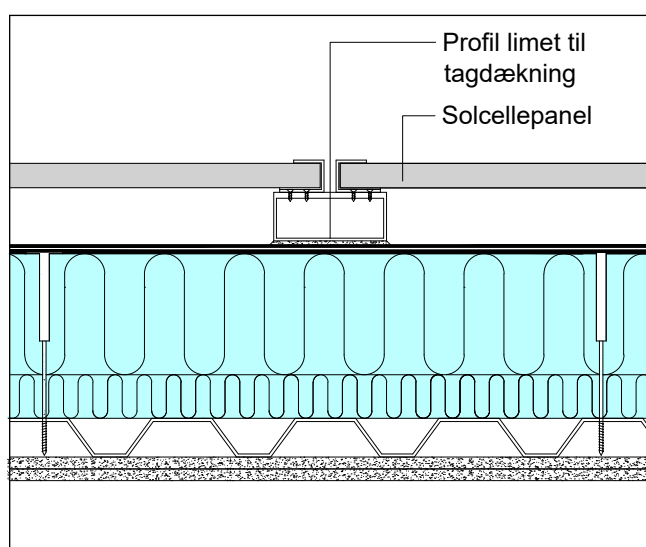
Figur 15.2.3.1: Eksempel på klæbet løsning, hvor skinnerne klæbes til tagdækningen.

Klæbede solcellepaneler er en systemløsning, der skal dokumenteres som en samlet løsning af underlag, tagdækning, mekanisk fastgørelse og klæbning af solcellepaneler eller solcellepanelskinner.

Styrken af beslagenes limning skal dokumenteres ved vindsugforsøg og ældningstest af limningen.

I varme tage ligger tagdækningen normalt løst mellem fastgørelseslinjerne, hvor beslagene med fastgørelse af tagdækningen til underlaget er placeret.

Hvis solcelleanlæggets skinner placeres forkert, er der risiko for at overbelaste tagdækningens fastgørelse, idet der kan ske en omfordeling af belastningen.



Figur 15.2.3.2: Snit i solcelleanlæg limet til tagdækning. Det er en særligt dokumenteret systemløsning, hvor de limede linjeprofiler placeres optimalt i forhold til tagdækningens mekaniske fastgørelse.

Fastgørelse ved limning kan normalt kun anvendes op til en taghældning på 1:5 af hensyn til risikoen for nedskridning af tagdækningen.

De limede skinner udlægges altid parallelt med faldet, så de ikke spærrer for afvandingen.

Montage af solcelleanlæg kræver en statisk vurdering og dimensionering, foretaget af en kvalificeret tekniker.

Solcelleanlæg belastes af både vind- og snebelastninger, som skal føres ned til tagkonstruktionen.

Solcelleanlæg bør, af hensyn til vindbelastningen, normalt placeres uden for tagets rand- og hjørnezoner for at undgå de største belastninger.

Solcelleanlæg kan også medføre ekstra snebelastninger på taget, idet der omkring solcelleanlægget kan opstå sneophobning, som øger den normale snebelastning væsentligt. Dette gælder særligt nord/syd-systemer og i nogen grad øst/vest-systemer, men ikke parallelt monterede systemer.

Solcelleanlæg har også en egenvægt, som der skal tages hensyn til, idet nogle tagkonstruktioner måske er dimensioneret lige til grænsen.

Solcelleanlæg fastholdt med ballast kan medføre en væsentlig forøgelse af den permanente last.

Lasterne fra solcelleanlæg beregnes efter Eurocodes og de danske annex'er er:

Vindlast: Eurocode 1: DS/EN 1991-1-4 Nationalt Annex: 2015 del 1-4

Snelast: Eurocode 1: DS/EN 1991-1-3 Nationalt Annex: 2012 del 1-3

Tagdækningen skal ved klæbning af solcelleanlæg fastgøres for fuld vindlast, idet solcellepanelerne overfører deres del af vindlasten til tagappen.



Figur 15.3.1: Placering af solcellepaneler i rand- og hjørnezoner af taget medfører ekstra vindlast.

I tagpaptage skal solcelleanlæg generelt fastgøres til den underliggende tagkonstruktion, og det er derfor Euro-codes for det aktuelle materiale, der skal anvendes ved dimensionering af fastgørelsen i underlaget.

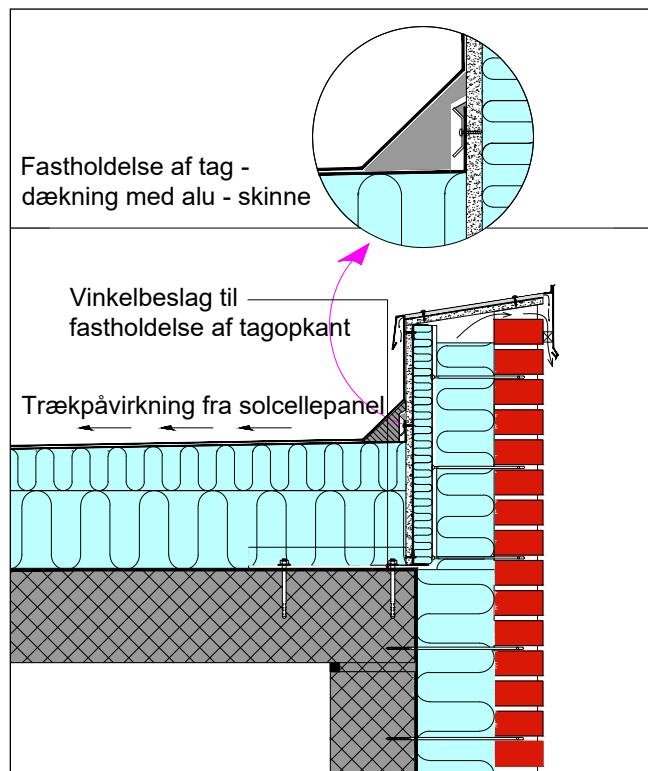
Der skal også tages hensyn til de horisontale kræfter parallelt med tagfladen. Disse kan for små anlæg godt overføres til en polyesterarmeret tagpap, men denne skal så være fastgjort ved tagets kanter. Ved større anlæg skal der udføres en beregning og eventuelt monteres særlige beslag til optagelse af de vandrette kræfter.

Den horisontale trækraft skal fordeles jævnt og må ikke koncentreres omkring tagkonsoller eller gennemføringer.

Beton: Eurocode 2: DS/EN 1992-1-1 Nationalt Annex: 2021 del 1-1

Stål: Eurocode 3: DS/EN 1993-1-1 Nationalt Annex: 2019 del 1-3 tyndplade

Træ: Eurocode 5: DS/EN 1995-1-1 Nationalt Annex: 2007 del 1-1

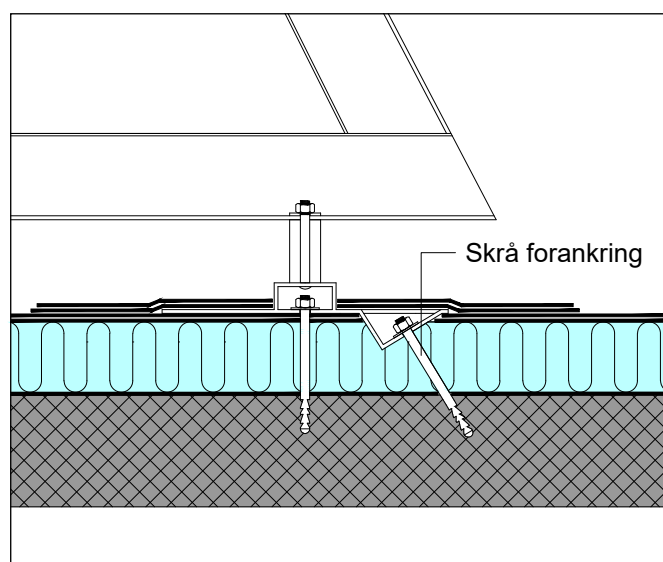


Figur 15.3.2: Kantfastgørelse af tagpapdækning i varmt tag for at hindre skridning af tagpap ved mindre anlæg. Max regningsmæssig trækraft 2 kN/m væk fra inddækning.

Hvis solcellefastgørelsen er udformet så der overføres trykkræfter til tagisoleringen i varme tage, skal der også tages hensyn til dette i beregningerne.

Der findes også konsoller, der kan klare lastoverføring i alle retninger uden ekstra skrå afstivning.

Dimensionering af solcelleanlæg på træunderlag kan udføres på basis af TRÆfakta 11 "Montering af solpaneler", udgivet af Træinformation.



Figur 15.3.3: Principskitse af punktfastgørelse af solcelleanlægsbeslag for vandrette kræfter. Fastgørelsen er inddækket med 2 lag tagpap.

15.4. BRAND

Solcelleanlæggene skal i princippet ikke være klassificeret som $B_{\text{roof}}(t2)$, men det underliggende tagpaptag skal være $B_{\text{roof}}(t2)$. Der pågår et europæisk arbejde for at afklare, om der skal stilles ekstra brandkrav til solceller og det underliggende tag.

Der er rapporteret om enkelte problemer med brandslukning på tage med solcelleanlæg fra Tyskland, idet solcellerne jo genererer strøm, som kan give stød gennem slukningsvandet. Solcelleanlæg bør derfor kunne afbrydes i sektioner.

15.5. FUGTFORHOLD

Solcellepanelerne medfører normalt skyggevirkning på taget, og dette kan påvirke fugtforholdene i taget, idet tagfladens opvarmning af solen reduceres.

Ventilationsforholdene i kolde tage skal derfor vurderes inden montage af større solcelleanlæg.

Dette betyder f.eks. at solcelleanlæg ikke bør placeres på tage med uventilerede trækonstruktioner med fugtadaptiv dampspærre, idet fugtbalancen kan forrykkes i negativ retning.

Skygge fra solcellepaneler kan også påvirke ventilerede tage, men effekten af dette er pt. udokumenteret. Ved mindre anlæg er der dog næppe problemer.

15.6. AFVANDING

Det skal sikres, at solcelleanlæg og deres fastgørelser ikke hindrer afvanding af taget.

Det skal derfor undgås at placere beslagene i skotrender og sammenskæringslinjer ved modfaldskiler. Normalt holdes en afstand på 0,5 m.

Hvis der anvendes fastgørelsesskinner, skal disse placeres parallelt med faldet, så de ikke spærrer for afvandingen.

Der skal være mulighed for at rense tagbrønde.



Figur 15.6.1: Afløb skal være tilgængelige, så de kan renses 1-2 gange årligt. Dette er særlig vigtigt ved UV-afløb. Der mangler fastgørelse af ballasten.

Ved ballasterede tage kommer skinner nogle gange tæt på tagfladen, og skinnerne skal være løftet min. 25 mm over tagfladen for at sikre afvanding, hvis de går på tværs af faldet.

Tæthed ved kabelgennemføringer sikres f.eks. ved anvendelse af svanehalsløsninger, som vist på figur 15.7.1.



Figur 15.7.1: Foto af svanehalsløsning med inddækket flange med fabrikspåvejst tagpap til kabelgennemføring.



Figur 15.7.2: Beskyttelsespap under bæring for kabler.



Phønix Tag Materialer A/S
Kundeservice Vest
Kundeservice Øst

Vester Allé 1, DK-6600 Vejen

Tlf. 79 96 21 21
Tlf. 79 96 21 00
Tlf. 43 66 21 60

www.phonixtagmaterialer.dk
info@phonixtagmaterialer.dk
info@phonixtagmaterialer.dk



50 ÅRS
LEVETID
PÅ TAGPAP



MEMBER OF
BUILDING
INDUSTRY
EUROPE



MEMBER OF
BUILDING
INDUSTRY
EUROPE



MEMBER OF
BUILDING
INDUSTRY
EUROPE