



# INFORMERER NR 15

## Innfesting av solanlegg på kompakte tak – råd og anbefalinger

INFORMASJONSBLAD Nr. 15  
Utgitt mars 2022  
[www.tpf-info.org](http://www.tpf-info.org)  
Takprodusentenes Forskningsgruppe

Forfatter:  
Svein Terje Kolstad  
SINTEF Community  
Arkitektur, byggematerialer og  
konstruksjoner  
[www.sintef.no](http://www.sintef.no)



(Foto: SFS intec)

### INNLEDNING

Dette informasjonsbladet er laget av Takprodusentenes Forskningsgruppe (TPF) og SINTEF Community. DiBK og Norgesgruppen har bidratt med midler i prosjektet. Solenergiklyngen har vært med og gitt innspill i arbeidet.

Informasjonsbladet omhandler krav, råd, anbefalinger og løsninger for innfesting av eksternt monterte solanlegg på rettvendte kompakte flate tak. Solanlegg omfatter både solcelle- og solfangeranlegg.

### HVA ER TPF?

Takprodusentenes Forskningsgruppe (TPF) er en sammenslutning på frivillig basis av bedrifter som arbeider med takteknisk i form av produksjon og leveranse av materialer eller utførelse av tekkearbeider.

Hensikten med TPF er å dekke et behov medlemmene har for forskning ved utvikling av isolasjons- og tekkesystemer, og å utgi informasjon om riktig bruk av disse.

En oversikt over hvilke bedrifter som er tilsluttet TPF finnes på hjemmesiden.



## Innhold

<b>1</b>	<b>INNLEDNING</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>SØKNADSPLIKT, AKTØRER OG ANSVAR</b>	<b>4</b>
2.1	SØKNADSPLIKT .....	4
2.2	AKTØRER .....	5
2.2.1	<i>Tiltakshaver</i> .....	5
2.2.2	<i>Ansvarlig søker</i> .....	5
2.2.3	<i>Ansvarlig prosjekterende</i> .....	5
2.2.4	<i>Ansvarlig utførende</i> .....	6
2.2.5	<i>Aktører for innfesting av solanlegg</i> .....	6
<b>3</b>	<b>REGELVERK FOR BYGGEVARER OG KONSTRUKSJON</b>	<b>8</b>
3.1	DOKUMENTASJON AV BYGGEVARER .....	8
3.2	KONSTRUKSJONSSIKKERHET .....	8
3.2.1	<i>Generelle krav til bygningskonstruksjonen</i> .....	8
3.2.2	<i>Generelle krav til innfesting av påmontert utstyr</i> .....	8
3.2.3	<i>Konstruksjonssikkerhet for innfesting av solanlegg</i> .....	8
3.3	FUKTSIKKERHET OG AVRENNING .....	9
3.3.1	<i>Generelle krav til fuktsikkerhet</i> .....	9
3.3.2	<i>Fuktsikkerhet for innfesting av solanlegg</i> .....	9
<b>4</b>	<b>TAKKONSTRUKSJON OG PRODUKTER</b>	<b>10</b>
4.1	TAKKONSTRUKSJON .....	10
4.2	TAKETS BÆREKONSTRUKSJON .....	10
4.3	VARMEISOLASJON .....	11
4.4	TAKTEKNING .....	11
4.5	FESTESYSTEMER .....	12
<b>5</b>	<b>LASTER OG LASTVIRKNINGER</b>	<b>12</b>
5.1	LASTER GENERELT .....	12
5.2	LASTER PÅ SOLANLEGG OG INNFESTING .....	12
5.3	TILLEGGLASTER PÅ BYGNINGSKONSTRUKSJON FRA SOLANLEGG .....	14
<b>6</b>	<b>INNFESTINGLØSNINGER</b>	<b>14</b>
6.1	GENERELT OM ULIKE LØSNINGER .....	14
6.2	FORANKRA LØSNING MED INNFESTINGSFOT .....	15
6.2.1	<i>Beskrivelse</i> .....	15
6.2.2	<i>Lastoverføring</i> .....	16
6.3	FORANKRA LØSNING MED PLATEFOT OG INNFESTINGSSTAG .....	17
6.3.1	<i>Beskrivelse</i> .....	17
6.3.2	<i>Lastoverføring</i> .....	19
6.4	BALLASTERT LØSNING .....	20
6.4.1	<i>Beskrivelse</i> .....	20
6.4.2	<i>Lastoverføring</i> .....	22
6.5	SVEIST LØSNING .....	22
6.5.1	<i>Beskrivelse</i> .....	22
6.5.2	<i>Lastoverføring</i> .....	24



<b>7</b>	<b>PROSJEKTGJENNOMFØRING</b>	<b>25</b>
7.1	HJELPEMIDLER FOR PROSJEKTGJENNOMFØRING .....	25
7.2	MONTERING AV SOLANLEGG PÅ EKSISTERENDE BYGNINGER .....	27
7.3	FDV-DOKUMENTASJONEN.....	28
<b>8</b>	<b>REFERANSELISTE</b>	<b>29</b>
	<b>VEDLEGG</b>	<b>31</b>
	<b>SAMMENSTILLING AV FORDELER, ULEMPER OG RÅD FOR DE ULIKE LØSNINGENE</b>	<b>31</b>



## 1 INNLEDNING

På oppdrag fra og i samråd med Takprodusentenes Forskningsgruppe (TPF) har SINTEF Community utarbeidet dette informasjonsbladet om innfesting av eksternt monterte solanlegg på rettvendte kompakte flate tak. Informasjonsbladet dekker innfesting på både eksisterende og nye tak. Med solanlegg menes i denne veilederen anlegg med solcellepaneler for el-produksjon eller solfangere for varmtvannsproduksjon. Solcellepanel og solfangerpanel er omtalt som fellesbenevnelse solpanel.

Solanlegg som monteres på bygninger, må ha dokumentasjon av anlegget både som elektrisk installasjon og som bygningsteknisk installasjon. Denne veilederen omhandler kun den bygningstekniske delen. Veilederen omfatter ikke el- eller brannsikkerhet. Veilederen omhandler ikke festing av fleksible solcellepaneler som hellimes direkte til taktekningen.

Solanlegg på flate, kompakte tak kan monteres på flere måter, men felles for alle systemer er at både underliggende takkonstruksjon og solanlegget må tåle belastningene som de utsettes for, samt opprettholde funksjonsevnen over tid med god bestandighet.

I prosjekter for montering av solanlegg er det mange aktører som må samhandle i de ulike fasene fra planlegging til vedlikeholdsfasen. Denne veilederen er et hjelpemiddel for de ulike aktørene i et byggeprosjekt der det skal monteres solanlegg på kompakte flate tak, med råd, anbefalinger og løsninger for å sikre et resultat som ivaretar alle funksjonskrav i Byggteknisk forskrift (TEK17).

### For solanlegg på både eksisterende og nye tak gjelder at

- **Mange aktører må samhandle.**
- **Innfesting og takkonstruksjonen skal kunne ta opp aktuelle krefter.**
- **Taket med innfestingsløsning skal være vanntett og sikre avrenning.**

## 2 SØKNADSPLIKT, AKTØRER OG ANSVAR

### 2.1 Søknadsplikt

Solanlegg er å anse som bygningsteknisk installasjon og er søknadspliktig etter plan- og bygningsloven (PBL). Installering og endring av solenergianlegg i eksisterende byggverk innenfor en bruksenhet eller branncelle, vurderes som en enkel installasjon og er unntatt fra kravet om søknadsplikt (Ref. [SAK10]).

For å avklare om solanlegget i et byggeprosjekt er søknadspliktig, bør dette tas opp med den enkelte kommunen, for eksempel i en forhåndskonferanse.

For nye bygninger skal solanlegg være inntegnet på fasadetegninger som inngår i byggesøknaden.

Uavhengig av om anlegget er søknadspliktig eller ikke, så skal kravene i plan- og bygningslovgivningen oppfylles.

### For solanlegg på både eksisterende og nye tak gjelder at

- **Solanlegg på både nybygg og eksisterende bygg er normalt søknadspliktig. Dette kan avklares med kommunen, f.eks. i en forhåndskonferanse.**
- **Solanlegg på nye bygninger skal være tegnet inn på tegninger ved innsending av byggesøknad.**
- **Solanlegg skal oppfylle krav i plan- og bygningsloven.**



## 2.2 Aktører

Prosjektering og montering av solanlegg på bygninger krever involvering av flere ulike aktører. Det er viktig å definere grensesnitt mellom disse aktørene og tydeliggjøring av ansvar til hver aktør for å sikre at tiltaket overordnet tilfredsstillende alle krav i Plan- og bygningsloven (PBL).

### 2.2.1 Tiltakshaver

Tiltakshaver er den som eier tiltaket eller den som tiltaket utføres for, og tiltakshaver har følgende plikter og ansvar:

- Overordnet ansvar for at kravene i plan- og bygningslovgivningen oppfylles.
- I vanlige, søknadspliktige byggesaker har tiltakshaver ansvar for at alle ansvarsbelagte områder er belagt med ansvar fra aktuelle prosjekterende og utførende.
- Plikt til å videreformidle ansvaret sitt til ansvarlig foretak som skal erklære ansvarsrett overfor kommunen.
- Må kunne dokumentere at tiltaket og det ferdige byggverket er lovlig og korrekt overfor myndigheter, klageorgan eller forsikringselskap (ved mangel eller skade) og kjøper (ved et framtidig salg).

Tiltakshaver har interesse av god og varig løsning for innfesting av solanlegg, ettersom det er tiltakshaver som overtar taket i etterkant. Videre skal eier drifte og vedlikeholde taket i byggets levetid, og trenger derfor en tydelig FDV-dokumentasjon som beskriver hvordan taket skal driftes.

### 2.2.2 Ansvarlig søker

Ansvarlig søker har som hovedoppgave å påse at alle ansvarsbelagte områder er belagt med ansvarsretter. Ansvarlig søker skal videre:

- Samordne ansvarsrettene til de øvrige ansvarlige foretakene slik at alle arbeider er belagt med ansvar og at grensene mellom de ulike ansvarsområdene er klare.
- Fange opp eventuelle grensesnitt som ikke er belagt med ansvar og sørge for at disse blir ansvarsbelagt. Eksempelvis dersom ulike foretak har ansvar for takteking og montering av solanlegg, er det ansvarlig søker som skal sørge for at grensen mellom ansvarsområdene er avklart.

### 2.2.3 Ansvarlig prosjekterende

Ansvarlig prosjekterende skal sørge for at alle aktuelle myndighetskrav er ivaretatt gjennom prosjekteringen.

Dette omfatter:

- Å utarbeide arbeidsunderlag som sikrer at de utførende ikke er i tvil om hva de skal utføre.
- Å sørge for at bygget generelt og takkonstruksjonen spesielt tåler den ekstra påkjenningen som solanlegget gir.
- Å velge løsning for innfesting av solanlegg som oppfyller nødvendige ytelser for konstruksjonssikkerhet og fuktsikkerhet, alternativt beskrive hvilke ytelser innfestingsproduktene må ha.

Ansvarlig prosjekterende for det bygningstekniske og dermed innfesting av solanlegg er ofte rådgivende ingeniør bygg. Men ansvarlig prosjekterende for innfesting av solanlegget kan også være solanlegginstallatøren.



Ansvarlig prosjekterende skal kunne dokumentere:

- Ansvarsrett for aktuelle arbeidsoppgaver (sende erklæring til ansvarlig søker/kommunen).
- Hvilke ytelser som er valgt.
- At valgte løsninger oppfyller ytelsene.
- At produktene som velges har produktdokumentasjon (eller legge grunnlag for at utførende kan skaffe den).
- Kvalitetssikring.

#### 2.2.4 Ansvarlig utførende

Ansvarlig utførende skal sørge for at tiltaket og sikringstiltak utføres slik det er prosjektert og slik at det oppfyller myndighetskrav.

Ansvarlig utførende skal kunne dokumentere:

- Ansvarsrett for aktuelle arbeidsoppgaver (sende erklæring til ansvarlig søker/kommunen).
- At produktene som velges har produktdokumentasjon (om ikke prosjekterende har gjort det).
- At utførelsen samsvarer med utførelsesgrunnlaget (samsvarserklæring).
- Bidra til å lage "som-bygget"-dokumentasjon og FDV-dokumentasjon.
- Kvalitetssikring.

#### 2.2.5 Aktører for innfesting av solanlegg

Fordeling av ansvar for de ulike aktørene for ulike faser i et prosjekt med solanlegg er vist nedenfor. I utgangspunktet gjelder dette for solanlegg på både nye og eksisterende bygg. I enkelte prosjekter er Montør solanlegg totalentreprenør for solanlegget, og har andre aktører som underleverandører.

Aktører	Faser			
	Prosjekteringsfase		Utførelsesfase	Bruksfase
	Forprosjekt	Detaljprosjekt		
<b>Tiltakshaver</b>	Dialog med brannvesen for å sikre og identifisere nødvendige brannsikringstiltak.		Ansvar for HMS iht. byggherreforskriften.	Ansvar for drift og vedlikehold av solanlegg, samt vedlikehold av tak.
<b>Ansvarlig søker</b>	Innhente aktuelle ansvarsretter. Sende inn søknad om igangsettelsestillatelse. Sende inn byggesøknad der også solanlegg er med.	Sikre at alle fagområder er ansvarsbelagt før detaljprosjektering starter. Grensesnitt må identifiseres og belegges med ansvar. Sikre at alle myndighetskrav er ivaretatt.	Påse at aktuelle igangsettings-tillatelser er gitt av kommunen. Innhente FDV-dokumentasjon fra prosjekterende og utførende.	
<b>Arkitekt</b>	Tegne inn solanlegget på takplan som underlag for videre prosjektering.	Utarbeidelse av detaljerte plantegninger med solanlegg, herunder innfestingsdetaljer.	Evt. oppfølging på byggeplass. Utarbeidelse av FDV-dokumentasjon og som-bygget tegninger.	

<b>Rådgiver konstruksjons-sikkerhet</b>	Planlegge innfesting av solanlegg. Beregne laster fra solanlegget som skal opptas av byggets bærekonstruksjon. For eksisterende bygg vurderes om bærekonstruksjon er tilstrekkelig for solanlegget.	Detaljprosjektering av innfestingsløsning for solanlegget som oppfyller krav til både fuktsikkerhet og konstruksjonssikkerhet. Utarbeide utførelsesgrunnlag (tegninger, beskrivelsestekster, spesifikasjoner) til de utførende. Prosjekttere sikringstiltak.	Evt oppfølging på byggeplass. Utarbeidelse av FDV-dokumentasjon og som-bygget tegninger.	
<b>Rådgiver Bygningfysikk (med fuktsikkerhet)</b>	Samarbeide med arkitekt for å sikre fuktsikre løsninger rundt plassering av solanlegg. For eksisterende bygg vurderes restlevetid for taktekningen.	Kontroll av alle innfestings-detalljer mht. fuktsikkerhet. Samarbeid med arkitekt om takplan med solpaneler og fuktsikkerhet.	Evt oppfølging av løsninger mhp fuktsikkerhet på byggeplass.	
<b>Rådgiver brann-sikkerhet</b>	Veileder for brann-sikkerhet er utarbeidet av Solenergiklyngen, ref. [Brann]			
	Utarbeide overordnet konsept for brann-sikkerhet hvor solanlegg er hensyntatt – samarbeid med øvrige aktører og brannvesen.	Kontroll av detaljer og løsninger fra øvrige prosjekterende mhp brann-sikkerhet.		
<b>Rådgiver Elektro/sol</b>	Utarbeide plan for hvordan kabling fra solanlegget skal føres inn i bygget.	Detaljprosjektering av (AC) kabling, samarbeide med ARK og RiBfy.	Evt oppfølging av elektromontasje på byggeplass.	
<b>Total-entreprenør</b>	Koordinere prosjektering (dersom de selv har prosjekteringsledelsen)	Koordinere prosjektering, planlegge oppstart tekking og montasje av solanlegg. Planlegge for drift- og vedlikehold av solanlegg. Sjekk at alle arbeider er prosjektert.	Koordinere alle fag som arbeider på taket. Gjennomføre prosjekterte sikringstiltak. Utarbeidelse FDV-dokumentasjon.	
<b>Taktekker</b>	Samarbeid med RIB/RiBfy rundt innfesting av solanlegg.	Samarbeid med RIB/RiBfy rundt innfesting av solanlegg, og rådgiver i elektro om kabelføringer.	Montering av taktekning – herunder sikre at innfestingsløsninger for solanlegget blir tette.	
<b>Montør solanlegg</b>		Planlegge for kabling sammen med rådgiver elektro/sol	Utføre innfesting av solanlegg i henhold til prosjekteringen. Sikre at solanlegget er riktig koblet sammen. Koordinere arbeidet med taktekker med hensyn til rekkefølge av arbeider.	



## 3 REGELVERK FOR BYGGEVARER OG KONSTRUKSJON

### 3.1 Dokumentasjon av byggevarer

Produkter som inngår permanent i byggverk og som påvirker byggverkets ytelse for grunnleggende krav til byggverket, er byggevarer.

Byggevarer skal ha forsvarlige egenskaper som:

- Bidrar til at byggverk oppfyller kravene i TEK17.
- Skal kunne dokumenteres.

### 3.2 Konstruksjonssikkerhet

#### 3.2.1 Generelle krav til bygningskonstruksjonen

Byggverket skal prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot brudd og tilstrekkelig stivhet og stabilitet for laster som kan oppstå under forutsatt bruk.

#### 3.2.2 Generelle krav til innfesting av påmontert utstyr

Tak- og fasadematerialer med påmontert utstyr og innretninger skal utføres og festes slik at de ikke faller ned under forutsatte klimatiske forhold og dimensjonerende laster.

#### 3.2.3 Konstruksjonssikkerhet for innfesting av solanlegg

Innfesting for solanlegg skal hindre at solanlegg løsner og faller ned. Innfestingen er dermed nødvendig for å oppfylle byggverkets grunnleggende krav med hensyn til konstruksjonssikkerhet. Innfestingen av solanlegg kan dermed betraktes som en byggevare. Og det skal dermed dokumenteres at innfestingen har de egenskapene som er nødvendige for at det ferdige byggverket skal tilfredsstille kravene i TEK17.

Installasjon av solanlegg på vil også gi økte laster på bygningen, og dette betyr at prosjektering av bygningen må ta hensyn til at det skal være solanlegg på taket. Også ved montering av solanlegg på eksisterende tak må det gjøres prosjektering for å ivareta dette.

#### Konstruksjonssikkerhet for innfesting av solanlegg

- **Innfestingsløsning av solanlegg er en byggevare.**
- **Innfestingen skal hindre at solanlegg løsner og faller ned.**
- **Installasjon av solanlegg gir økte laster på bygget som må tas hensyn til.**

For å oppfylle krav til konstruksjonssikkerhet kan prosjekteringen gjøres i henhold til Norsk Standard NS-EN 1990 og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg.





### 3.3 Fuktsikkerhet og avrenning

#### 3.3.1 Generelle krav til fuktsikkerhet

TEK krever at nedbør ikke skal kunne trenge inn i bygningen, og videre at tak skal prosjekteres og utføres med tilstrekkelig fall og avløp slik at regn og smeltevann renner av. Nedbør, snøsmelting og ising skal ikke føre til skader på byggverket.

I veiledningen til dette punktet er følgende angitt som preakseptert ytelse for kompakte tak: *Taket må utføres med tilstrekkelig stort fall til at det ikke oppstår vanndammer på tekningen. Det aksepteres mindre dammer som dannes på grunn av skjøting i tekningen, eller som skyldes mindre ujevnheter i underlaget innenfor fastsatte toleransegrenser for det aktuelle produktet.*

#### 3.3.2 Fuktsikkerhet for innfesting av solanlegg

Kravet om fuktsikkerhet betyr at det må stilles krav til innfesting for solanlegg og varig tetthet i forbindelse med innfestingen. Montering av solanlegg på kompakte tak kan påvirke tetthet til taket, både ved at risiko for skade ved montering og ved risiko for utetthet ved gjennomføringer og påvirkninger i levetiden.

For å hindre vanndammer er det nødvendig at varmeisolasjonen ikke får permanente deformasjoner som er så store at det oppstår ansamlinger av vann. Størrelsen på dammer som aksepteres i henhold til TEK 17 er ikke kvantifisert, og det må derfor gjøres en vurdering av hva som er akseptabel permanent deformasjon.

For innfestingsløsninger der taktekningen blir brutt eller der taktekningen får økt belastning, må vanntetthet til løsningen være dokumentert ved prøving, slik at fuktsikkerheten blir ivaretatt.

For fuktsikkerheten er det også avgjørende med god avrenning på taket. Valg av innfestingsløsning må gjøres slik at god avrenning ivaretas. Plassering av gjennomføringer og innfestingspunkter bør planlegges sammen med fallforhold, renner og slukplassering.

Montering av solanlegg medfører mye materialer og mange arbeidere på tak, slik at taket er særlig utsatt for mekaniske skader, og det er derfor viktig at det gjennomføres beskyttende tiltak i byggeperioden slik at isolasjon og taktekning ikke skades. For mer informasjon, se TPF Informerer nr. 9 og 13.

Solanlegget monteres slik at det er mulig å komme til for vedlikehold, rengjøring, inspeksjon og utskiftning av komponenter. Taktekningen og underliggende isolasjon må være tilstrekkelig beskyttet eller dimensjonert for å motstå tråkking for disse aktivitetene.

#### Fuktsikkerhet og innfesting av solanlegg

- **Innfestingen av solanlegg må opprettholde regntettheten til taket.**
- **Innfesting av solanlegg må ikke gi deformasjoner av taket slik at det oppstår vanndammer.**
- **Avrenning av nedbør med tilgang for inspeksjon og vedlikehold må ivaretas.**

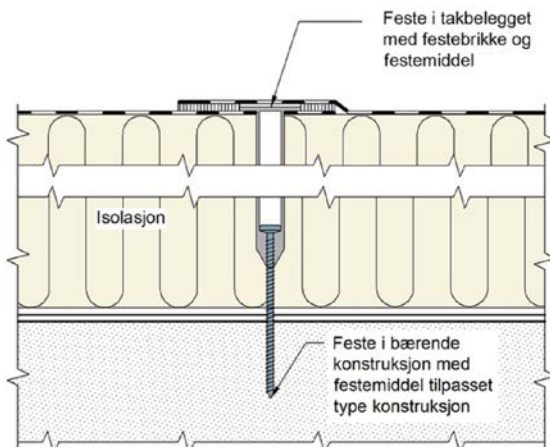
#### Råd for reduksjon av risiko for lekkasjer

- Solanlegget bør plasseres i høybrekk og områder med fall som sikrer at vann ikke blir stående ved innfestingspunktene.
- Valg av innfestingsløsning for anlegget må koordineres med taktekker for å sikre god fuktsikkerhet.
- Lokalisering av solanlegget sammen med plassering gangbaner må sikre tilgjengelighet for inspeksjon og vedlikehold av sluk og eventuelle slukrenner i taket.
- Beskyttende tiltak i byggeperioden.
- Det bør i FDV-dokumentasjonen (for forvaltning, drift og vedlikehold) legges opp til inspeksjonsrutiner ifm. innfestingsløsningene for å sikre varig tetthet.

## 4 TAKKONSTRUKSJON OG PRODUKTER

### 4.1 Takkonstruksjon

Kompakte tak, også kalt varme tak, er tak som består av ett eller flere lag som ligger så tett sammen som praktisk mulig. Kompakte tak har ikke et ventilert luftsjikt mellom varmeisolasjon og taktekning, og varmegjennomgangen gjør at eventuell snø vil smelte.



Figur 1: Prinsipiell oppbygning av rettventd kompakt tak

For detaljert informasjon om kompakte tak og delprodukter, se TPF informerer nr 9, Ref. [TPF nr 9].

### 4.2 Takets bærekonstruksjon

Bærekonstruksjonen i taket kan bestå av plasstøpt betong, betongelementer, korrugerte stålplater, trebjelkelag eller elementer av massivtre. Bærekonstruksjonen skal ta opp aktuelle globale laster, lokale laster for innfesting av solanlegg, samt innfesting av varmeisolasjon og taktekning. Innfestingsløsninger for solanlegg og type festemiddel må velges ut ifra aktuell underliggende bærekonstruksjon. Leverandør av festemidler oppgir dimensjonerende kapasiteter for sine produkter.

For montering av nye solanlegg på eksisterende tak er det ikke alltid at egenskapene til takets bærekonstruksjon er godt definert. Ansvarlig prosjekterende i prosjektet må derfor vurdere byggets



bæreevne for den ekstra lasten som solanlegget medfører. For å definere kapasitet for innfesting av festemidler i takets bærende konstruksjon, kan de i slike tilfeller være aktuelt å foreta fysisk uttrekksprøving.

### 4.3 Varmeisolasjon

Som varmeisolasjon i kompakte tak med solanlegg må det benyttes trykkfast isolasjon. Aktuelle typer varmeisolasjon er mineralull, plastisolasjon (EPS, XPS, PIR) og skumglass. Trykkfastheten til isolasjonsmaterialet skal ta opp trykkrefter fra solanlegget, snølast og gangtrafikk, sikre jevne fallforhold og god avrenning av nedbør og redusere risiko for skader på taktekningen. For krav til eventuell bruk av ubrennbar isolasjon henvises til TPF informerer nr 6, Ref. [TPF nr 6].

Informasjon om egenskaper til ulike varmeisolasjonsprodukter er gitt i Byggforskserien 573.344, og generelle anbefalinger for varmeisolasjon i kompakte tak er gitt i TPF informerer nr 9 og 11, Ref. [TPF nr 9] og [TPF nr 11].

Sikkerhet mot gjennomtråkking er omtalt i Ref. [Gangtrafikk].

Enkelte innfestingsløsninger for solanlegg stiller ekstra store krav til trykkfastheten til takisolasjonen. Trykkrefter gir sammentrykking av isolasjon, og dersom isolasjonen har for liten trykkfasthet vil det kunne medføre områder med stående vann på taket og dermed større risiko for lekkasjer.

For å unngå uheldige forsenkninger i taktekningen bør sammentrykking av trykkfast isolasjon begrenses til 1 % av tykkelsen isolasjonstykkelsen (Ref. [SIS HB 537]). Om isolasjonsprodusenten ikke har oppgitt trykkfasthet for 1 % sammentrykking, kan en for mineralull anta en lineær stivhet opptil den angitte trykkfastheten for 10 % deformasjon (CS (10)). For EPS kan en tilsvarende anta en lineær stivhet på isolasjon opptil den angitte verdien for trykkfasthet for 2 % deformasjon.

For beregning av sammentrykking kan en for mineralull anta at lasten fordeler seg nedover i isolasjonen med en vinkel på 30° i forhold til lastretningen. For å øke lastkapasitet for sammentrykking, så kan man øke areal under punktlasten ved å bruke plater med større flate, bruke flere innfestingspunkter eller bruke isolasjon med større trykkfasthet.

### 4.4 Taktekning

Kompakte tak tekkes med asfalt takbelegg eller takbelegg av plast/gummi med sveiste skjøter.

Informasjon om ulike taktekninger er gitt i Byggforskserien 544.202, 544.203 og 544.206, og generelle anbefalinger for taktekning og innfesting av denne er gitt i TPF informerer nr 9, Ref. [TPF nr 9].

For solanlegg på kompakte tak må en vurdere om produktene til innfestingen påvirker taktekningens bestandighet. Vær oppmerksom på at bruk av ulike produkter kan påvirke mykgjørere og dermed bestandigheten til taktekningen. Ved bruk av innfestingsløsning med betongprodukter, så må en kontrollere at taktekningen er alkaliebestandig.

Enkelte innfestingsløsninger for solanlegg vil medføre overføring av horisontale krefter fra solanlegg til taktekningen.

## 4.5 Festesystemer

Materiale for innfestingsystemer for solanlegg som skal ta opp og overføre laster må være bestandige slik at nødvendig lastkapasitet er ivaretatt i hele brukstiden.

For innfestingsystemer av metall må en ta hensyn til korrosjon. Der det brukes ulike metaller som kommer i kontakt med hverandre må en kontrollere at det ikke oppstår galvanisk korrosjon. F.eks. vil aluminium korrodere i direkte kontakt med andre metaller. Veiledning om metaller og bestandighet med hensyn til galvanisk korrosjon er gitt i Byggforskserien 571.404.

Se for øvrig beskrivelse av de ulike innfestingsløsningene i kapittel 6.

# 5 LASTER OG LASTVIRKNINGER

## 5.1 Laster generelt

For å oppfylle krav i TEK17, kan belastninger på konstruksjoner bestemmes i henhold til de ulike delene av NS-EN 1991.

## 5.2 Laster på solanlegg og innfesting

Laster på solanlegg skal tas hensyn til både ved prosjektering av nye bygg med solanlegg og ved montering av solanlegg på eksisterende bygg.

**Egenlaster av solanlegg** omfatter vekt av solpanelene og monteringsystemet. Dette inkluderer også ballast for løsninger der dette brukes. Typisk vekt på selve solpanelene kan være  $15 \text{ kg/m}^2$ , mens vekt av monteringsystem med braketter, bjelker og ballast er avhengig av hvilken innfestingsløsning som velges. Egenlaster er definert som permanent last iht. NS-EN 1990 og virker vertikalt nedover.

**Vindlast.** Vindlaster kan beregnes iht. NS-EN 1991-1-4 (og er også omhandlet i TPF informerer nr 5 og Byggforskserien 471.043 og 544.206). Vindlaster kan også bestemmes ved CFD-analyser (Computational Fluid Dynamics), som er vindstrømanalyse basert på en tredimensjonal modell av omliggende terreng og bebyggelse.

Vindlaster er definert som variabel last iht. NS-EN 1990 og virker hovedsakelig vinkelrett på lastflaten som trykk eller sug, men også noe langs lastflaten grunnet friksjon.

For å fastsette vindlaster iht. NS-EN 1991-1-4 er det nødvendig å kjenne til:

- Hvilken kommune bygningen er plassert i.
- Topografien rundt byggestedet.
- Takutforming.
- Bygningens plassering i forhold til andre bygninger.
- Utforming og plassering av solpaneler.

Den effekten utforming av bygning og solanlegg har på vindlast blir uttrykt ved hjelp av formfaktorer.

Formfaktorer er definert for ulike soner på taket, og generelt er vindlaster vesentlig større nær kantene av taket enn inne på taket. Det anbefales derfor å plassere solanlegg inne på taket, for å begrense vindlaster på solanlegg og innfesting.

Et sørvendt solanlegg med 30–45° helningsvinkel fra horisontalplanet er ofte ideelt for energiproduksjon, men gir relativt store vindlaster. På flate tak kan man også legge solpanelene med en helning på 10° og med orientering mot øst og vest, og en slik montering gir vesentlig mindre vindlaster og dermed mindre krefter på innfestingsløsningen.



Figur 2: Eksempel på solpaneler med lav helningsvinkel og med orientering mot øst og vest (Foto: FUSen)

NS-EN 1991-1-4 angir ikke spesifikke formfaktorer for solpanel på tak. Spesifikke formfaktorer for enkelte solpanel-løsninger er gitt i CEN/TR 16999:2019 og BRE Digest 489. Her finner man formfaktorer for både trykk og sug for ulike soner på taket og for forskjellig utforming av solanlegget.

**Snølast.** Plassering og utforming av solpanelene vil påvirke hvordan snøen fordeler seg på taket. Ved liten vinkel mellom solpanelene og taket, vil snø legge seg på solpanelene. Snølasten beregnes iht NS-EN 1991-1-3 (er også omhandlet i Byggforskeren 471.041). Snølasten er definert som variabel last iht. NS-EN 1990 og virker vertikalt nedover.

**Temperaturlaster (Laster på grunn av temperaturendringer).** P.g.a. temperaturendringer vil det oppstå utvidelse og krymp av materialer til innfestingssystemet for solanlegget. For monteringsystem med lange bjelker kan temperaturendringer gi store krefter (om bjelkene er fastholdt i endene) eller store forlengelser (dersom bjelken ikke er fastholdt). Løsningen bør prosjekteres slik at en tillater ekspansjon og slik at store fastholdningskrefter unngås. Temperaturutvidelse av aluminium er omtrent det dobbelte av stål. Fri utvidelse av en 10 meter lang stålbejelke kan fort bli 1 cm, og tilsvarende for en aluminiumbejelke 2 cm. Temperaturlaster er generelt omhandlet i NS-EN 1991-1-5.

#### Laster på innfesting av solanlegg og innfesting

- **Egenlast: Vekt av solpanel og monteringsystem.**
- **Vindlaster: Trykk eller sug vinkelrett på solpanel, avhenger av byggets form og plassering, og solpanelenes form og plassering på taket.**
- **Snølasten: Avhenger av byggets form og plassering, og solpanelenes form og plassering på taket.**
- **Temperaturlaster: Fra monteringsystem som utvider seg i varme, avhenger av monteringsystem.**

### 5.3 Tilleggslaster på bygningskonstruksjon fra solanlegg

For en takkonstruksjon er dimensjoneringen hovedsakelig basert på jevnt fordelt belastning fra egenlast, snø og vind. Ved montering av solanlegg på taket, vil det påvirke størrelsen på de jevnt fordelte lastene, og også gi punktlaster ved solanleggets innfestingspunkter. Solanlegg vil altså gi tilleggsbelastninger og andre belastninger på bygget, noe som skal tas hensyn til ved dimensjoneringen av byggets bærekonstruksjon, både for nye bygg og for eksisterende bygg.

Tilleggsbelastningene kan være:

- **Egenlaster av solanlegg** omfatter vekt av solpanelene og monteringsystemet som gitt ovenfor. I tillegg vil masse av ballast for ballastert innfestingsløsning gi økt egenlast.
- **Økte vindlaster.** Spesielt der solpanelene har stor vinkel med taket, kan vindlastene som virker på solanlegget, gi økte vindlaster på bygningen.
- **Økte snølaster.** En del av snøen kan legge seg oppå solpanelene, noe som vil medføre at en del av snølasten vil gå fra en jevnt fordelt last til konsentrerte laster i hvert innfestingspunkt. Solpaneler kan virke som såkalte oppbygg, og dermed vil det oppstå lesoner hvor snøen samler seg.
- **Selve innfestingsløsningen** kan gi lokale påkjenninger ved innfesting til bærekonstruksjonen.
- **Laster på grunn av temperatur.** Avhengig av innfestingsløsning så kan det oppstå fastholdingskrefter p.g.a. temperaturpåvirkning.

## 6 INNFESTINGSLØSNINGER

### 6.1 Generelt om ulike løsninger

For innfesting av solanlegg finnes ulike løsninger:

- **Forankra løsning:** Ved forankra innfesting blir solanlegget innfestet ved bruk av innfestingsfot eller ved bruk av platefot og stag som er festet til takets bærekonstruksjon.
- **Ballastert løsning:** Ved ballastert løsning blir solanlegget plassert oppå taktekningen, og blir holdt på plass ved bruk av ballast.
- **Ved sveist løsning** blir det benyttet fester (punktfester eller skinner som blir tekket/sveist til taktekningen. Solanlegget festes så til disse festene. Det finnes også tilsvarende løsning med bruk av lim i stedet for sveising. Prinsippet blir tilsvarende sveiste løsninger, men denne løsninger med lim er ikke vurdert videre i denne veilederen.

Beskrivelse av de ulike løsningene er gitt i kap. 6.2 - 6.5.

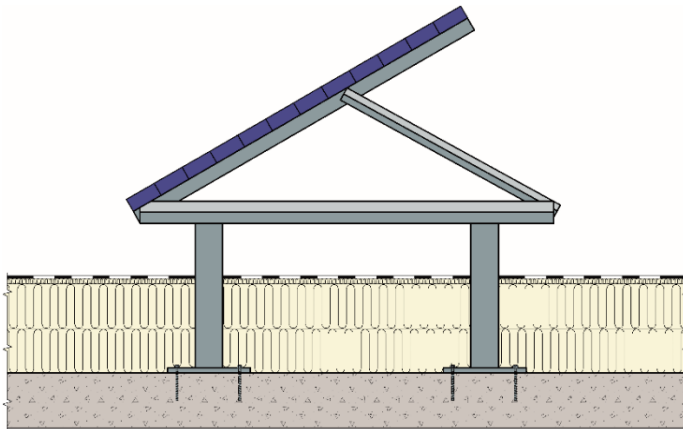
Generelt anbefales at det velges innfestingsløsning der egenskaper for konstruksjonssikkerhet og fuktsikkerhet er dokumentert.

En sammenstilling av fordeler, ulemper og råd for de ulike løsningene er også gitt i Vedlegg.

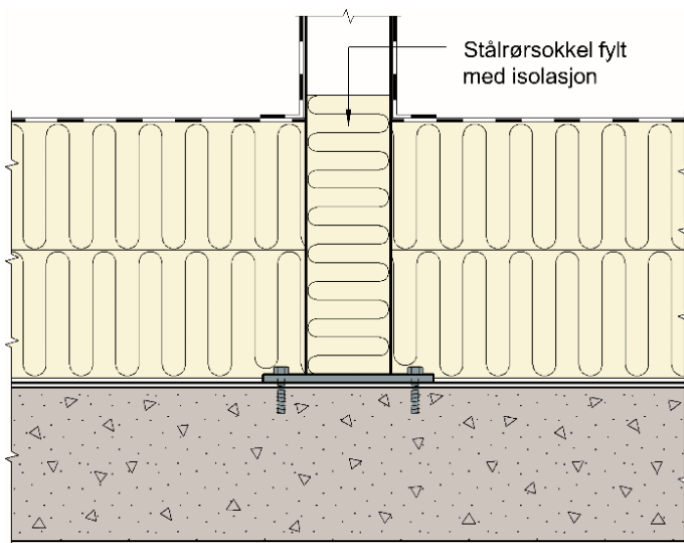
## 6.2 Forankra løsning med innfestingsfot

### 6.2.1 Beskrivelse

Ved forankra innfesting med innfestingsfot blir solanlegget montert til innfestingsføtter som er festet til takets bærekonstruksjon.



Figur 3: Prinsipp for forankra løsning med innfestingsfot



Figur 4: Innfesting og inntekking av innfestingsfot



Figur 5: Eksempel på bruk av innfestingsfot (Foto: Protan)



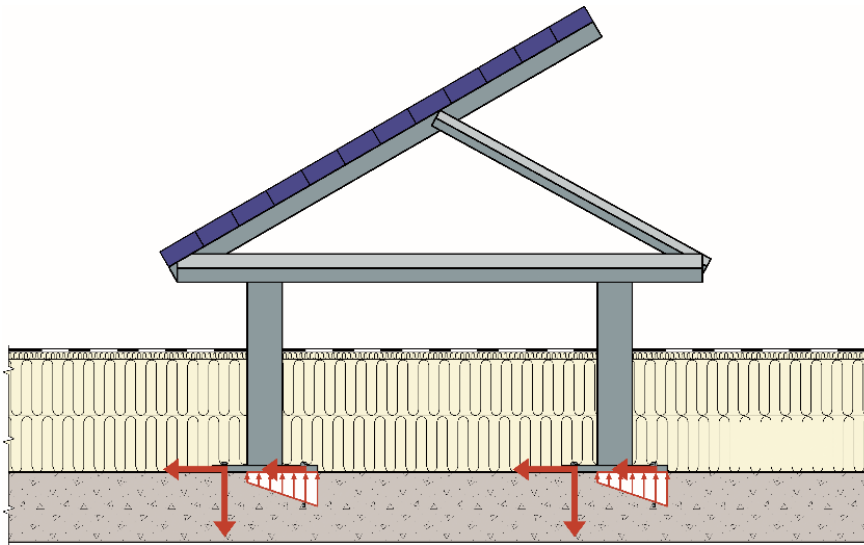
Fordeler, ulemper og råd for forankra løsnig med innfestingsfot er gitt nedenfor.

<b>Fordeler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innfestningsfoten monteres til bærende underlag. Isolering plasseres og foten tekkes vanntett inn i taktekningen. For øvrig er innfestningen av foten til den bærende konstruksjonen adskilt taktekningen og isoleringen. Dette gir:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ryddig ansvarsforhold / grensesnitt (taktekker monterer og utfører tekking rundt innfestingsfot).</li> <li>○ Ryddig lastopptak (innfestingsfot overfører alle laster til takets bæresystem).</li> </ul> </li> <li>• Unngår slitasje og tilleggsbelastning på taktekningen (for opptak av horisontale laster og sammentrykking av isolasjon).</li> <li>• Gir ikke senkninger i taktekningen (unngår dermed stående vann).</li> <li>• Relativt uavhengig av fallforhold.</li> <li>• Liten påvirkning på fallforhold og avrenning.</li> <li>• Forenkler eventuell utskiftning av taktekning i solpanelets levetid.</li> <li>• Enkelt tilgjengelighet for vedlikehold og inspeksjon av tak.</li> <li>• Unngår ballast som gir nedadrettede tilleggslaster på taket og byggets bærekonstruksjon.</li> <li>• Godt dokumenterte (kjente) lastkapasiteter.</li> </ul>
<b>Ulemper</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gir kuldebro.</li> <li>• Mange gjennomføringer som må tekkes inn.</li> <li>• Involverer flere aktører/fag og krever koordinering og tett samarbeid.</li> <li>• Lav trykkfasthet til isolasjon kan medføre at nedadrettede laster nær innfestingsfot gir laster på taktekningen/inntekningen.</li> <li>• Arbeidskrevende å benytte på eksisterende tak.</li> </ul>
<b>Råd</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekspansjonsmulighet inkluderes i systemet slik at det ikke gir store horisontale fastholdningskrefter i innfestingsfot.</li> <li>• Bruk isolasjon med høy trykkfasthet nær innfestingsfot.</li> <li>• Utforming av innfestingsfot bør være slik at inntekking blir enkelt og gir vanntett løsnig. Runde profiler gjør inntekkingen lettest.</li> <li>• Innfestingsføtter plasseres slik vannavrenning påvirkes i minst mulig grad (d.v.s. ikke i lavbrekk eller sluk/slukrenner hvor man kan få lokal oppdemming av vann).</li> <li>• Ved bruk av innfestingsfot vil det forenkles inntekking om det er rund form på sokkelen. Det kan også brukes et hult tverrsnitt som isoleres for å redusere varmetap. Inntil slike faste installasjoner bør trykkfasthet til isolasjonen være høy slik at risiko for revner i taktekningen reduseres.</li> </ul>

### 6.2.2 Lastoverføring

Ved forankra løsnig med innfestingsfot vil lastene på solarlegget overføres via innfestingsfoten til takets bærekonstruksjon ved krefter og momenter. Taktekningen og isolasjonen vil ved denne løsnigen ikke ta opp laster fra solarlegget.





Figur 6: Prinsipp for opptak av krefter ved forankra løsning med innfestingsfot

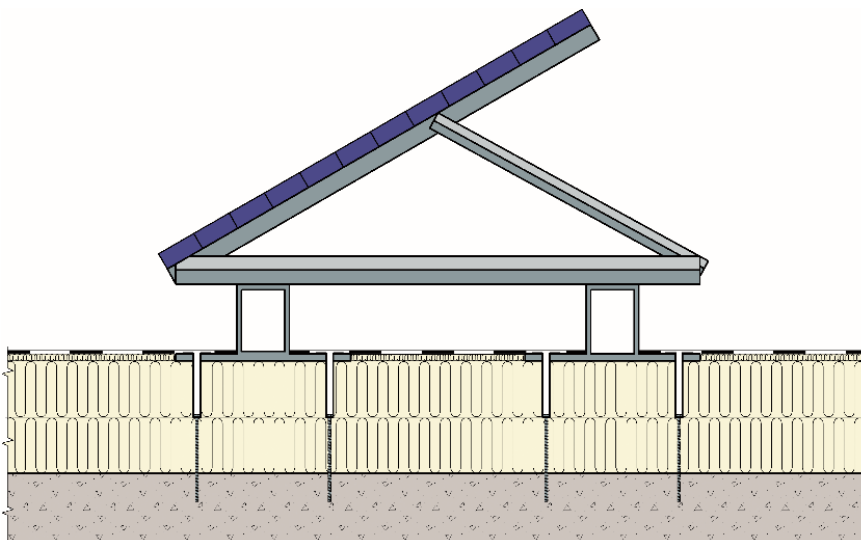
## 6.3 Forankra løsning med platefot og innfestingsstag

### 6.3.1 Beskrivelse

Ved forankra løsning med platefot og innfestingsstag blir solanlegget montert på plateføtter som er tekkes inn i taktekningen. Plateføttene er igjen festet til takets bærekonstruksjon via mekanisk innfesting. Mekanisk innfesting består av hylse og skrue slik at trykkrefter tas opp av isolasjon og ikke innfestingsstagene.

Leverandør av innfestingsskruer oppgir dimensjonerende kapasitet for ulike underlag for sine produkter. Kapasitetene må være dokumentert ved typeprøving, og korrosjonsbeskyttelsen for de mekaniske festene må dokumenteres og vurderes i forhold til de aktuelle lastpåkjenningene på taket.

Platen på platefot tekkes inn.



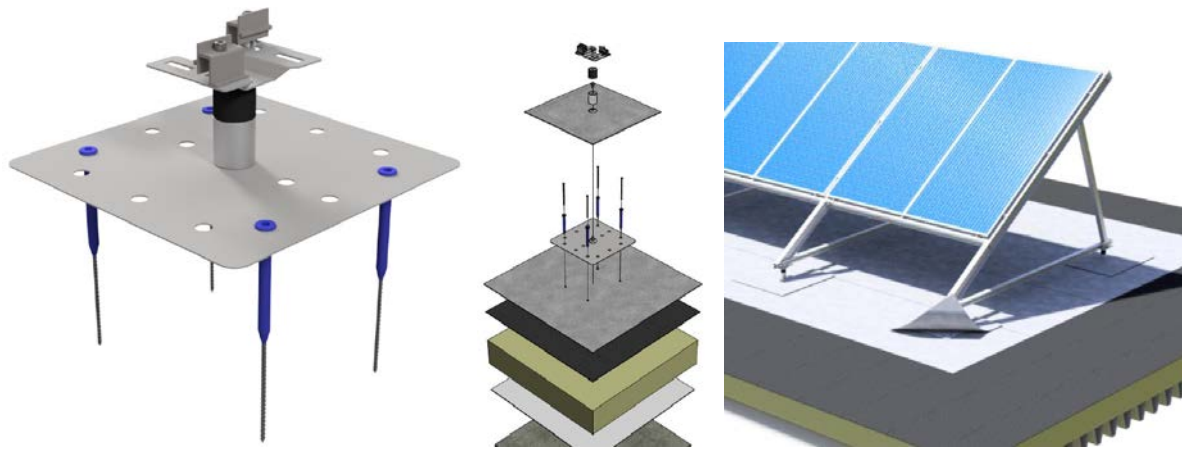
Figur 7: Prinsipp for forankra løsning med platefot og innfestingsstag

Fordeler, ulemper og råd for forankra løsning med platefot og innfestingsstag er gitt nedenfor.

<b>Fordeler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innfestningsfoten plasseres på taktekingen og monteres til bærende underlag med mekanisk innfesting. Innfestningsfoten/-platen tekkes deretter vanntett inn i taktekingen. For øvrig er innfestningen av foten til den bærende konstruksjonen adskilt taktekingen og isoleringen. Dette gir:             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ryddig ansvarsforhold / grensesnitt (taktekker monterer og utfører tekking rundt innfestingsfot).</li> </ul> </li> <li>• Uavhengig av fallforhold.</li> <li>• Liten påvirkning på fallforhold og avrenning.</li> <li>• Enkel tilgjengelighet for vedlikehold og inspeksjon av tak.</li> <li>• Unngår ballast som gir nedadrettede tilleggslaster på taket og byggets bærekonstruksjon.</li> <li>• Kan benyttes også på eksisterende tak.</li> </ul>
<b>Ulemper</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mange gjennomføringer som må tekkes inn.</li> <li>• Involverer flere aktører/fag og krever koordinering og tett samarbeid.</li> <li>• Gir noe tilleggslaster på taktekingen (for opptak av horisontale laster og sammentrykking av isolasjon). Stiller dermed krav til taktekingens styrke og krav til trykkfasthet på isolasjonen.</li> <li>• Kan gi noe senkninger i taktekingen, som igjen medfører redusert vannavrenning, begroing og dermed redusert levetid på takteking. Stiller dermed krav til trykkfasthet til isolasjonen.</li> <li>• Lav trykkfasthet til isolasjon kan medføre at nedadrettede laster nær innfestingsfot gir laster på taktekingen/inntekningen.</li> </ul>
<b>Råd</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekspansjonsmulighet inkluderes i systemet slik at det ikke gir store horisontale fastholdningskrefter i innfestingssystemet.</li> <li>• Innfestingsføtter plasseres slik vannavrenning påvirkes i minst mulig grad (d.v.s. ikke i lavbrekk eller sluk/slukrenner hvor man kan få lokal oppdemming av vann).</li> <li>• Bruk isolasjon med høy trykkfasthet under og nær innfestingsfot (for å redusere uheldige forsenkninger).</li> </ul>



Figur 8: Eksempel på platefot (Foto: SFS intec)

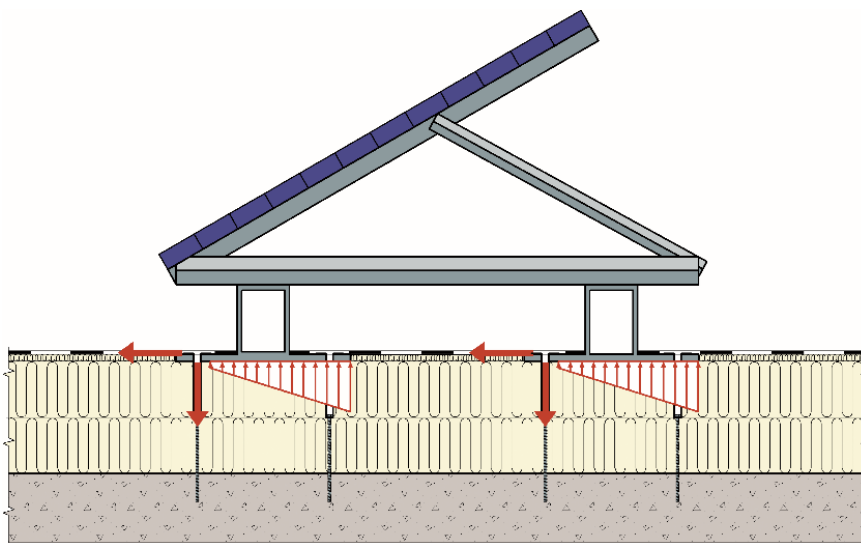


Figur 9: Eksempel på innfesting med platefot og innfestingsstag (ref. LOBAS)

### 6.3.2 Lastoverføring

Ved forankra løsning med platefot (som monteres over isolasjonen) og festemidler gjennom isolasjonen ned til bærende konstruksjon, vil oppad rettede vertikalkrefter hovedsakelig tas av festemidlene (skrue og hylse), nedad rettede vertikalkrefter tas av isolasjonen og horisontale krefter tas opp av taktekingen og varmeisolasjonen.

Festemidlene, som tar opp aksial last, må være tilpasset type bærekonstruksjon. Leverandør av innfestingsskruer oppgir dimensjonerende kapasitet for ulike underlag for sine produkter. Kapasitetene må være dokumentert ved typeprøving, og korrosjonsbeskyttelsen for de mekaniske festene må dokumenteres og vurderes i forhold til de aktuelle påkjenningene på taket. Innfesting til ulike underlag og korrosjonsbeskyttelse er omhandlet i TPF Informerer nr. 5, Ref. [TPF nr 5].

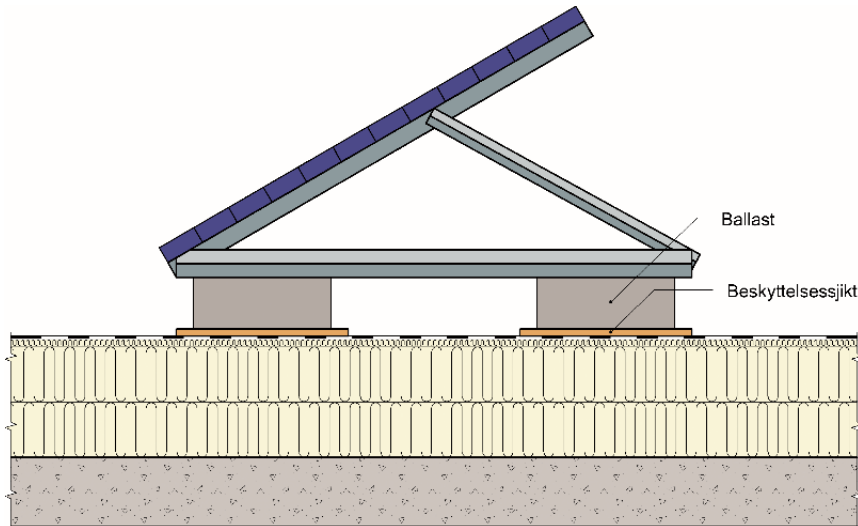


Figur 10: Prinsipp for opptak av krefter ved forankra løsning med platefot og innfestingsstag

## 6.4 Ballastert løsning

### 6.4.1 Beskrivelse

Ved ballastert løsning blir solanlegget plassert oppå taktekingen, og blir holdt på plass ved hjelp vekten av ballasten. Ekspansjonsmulighet er inkludert i systemet slik at det ikke oppstår bevegelse og slitasje direkte mot taktekingen.



Figur 11: Prinsipp for ballastert løsning



Figur 12: Eksempel på ballastert løsning (Foto: FUSen)



Figur 13: Eksempler på ballastert løsning (Foto: Protan)

Fordeler, ulemper og råd for ballastert løsning er gitt nedenfor.

<b>Fordeler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ved ballastert løsning blir solanlegget plassert oppå taktekningen, og blir holdt på plass ved bruk av ballast. Dermed unngås gjennomhulling av taktekningen</li> <li>• Involverer få aktører/fag (uavhengig av taktekker-arbeider).</li> <li>• Unngår kuldebro i isolasjonssjiktet.</li> <li>• Kan benyttes også på eksisterende tak (forutsatt at byggets bærekonstruksjon og isolasjonssjikt er dimensjonert for tilleggsbelastningene som påføres).</li> <li>• Enkelt å installere (ved nybygging og spesielt for solanlegg på eksisterende tak).</li> </ul>
<b>Ulemper</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bruk av ballast gir nedadrettede tilleggslaster på taket og byggets bærekonstruksjon.</li> <li>• Gir tilleggslaster på taktekningen (for opptak av horisontale laster og sammentrykking av isolasjon). Stiller dermed høyere krav til taktekningens styrke og krav om høy trykkfasthet på isolasjonen.</li> <li>• Kan gi senkninger i taktekningen, som igjen medfører redusert vannavrenning, begroing og dermed redusert levetid på taktekning. Stiller dermed krav til trykkfasthet til isolasjonen.</li> <li>• Kan ha påvirkning på fallforhold og avrenning.</li> <li>• Vanskeliggjør vedlikehold og inspeksjon av tak.</li> <li>• Kan gi uklare ansvarsforhold (vedr takets tetthet/bestandighet). For noen takbelegg er ikke garanti dekket ved bruk av ballastert løsning.</li> <li>• Systemet må ta hensyn til takets fall, slik at det ikke oppstår forflytning av solanlegget.</li> </ul>
<b>Råd</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det må rådføres med produsent av taktekning og takentreprenør at ballasteringen/systemet vil gi en varig funksikker løsning.</li> <li>• Ekspansjonsmulighet inkluderes i systemet slik at det ikke oppstår bevegelse direkte mot taktekningen.</li> <li>• Det må avklares at eventuelle garantier for taktekningen gjelder/videreføres for den spesifikke løsningen.</li> <li>• Bruk av store trykkfordelingsareal og høy trykkfasthet på isolasjonen gir redusert nedbøyning, se pkt 4.3. Ved nybygg har en mulighet til å benytte isolasjon med større trykkfasthet der systemet står nedpå på taket. Isolasjon med høy trykkfasthet på hele taket gir fleksibilitet for eventuell endring av plassering.</li> <li>• Det må brukes ballast/beskyttelse som er kompatibelt med taktekningen, slik at dette ikke påvirker taktekningen kjemisk og går ut over taktekningens egenskaper og forventet levetid. Det nederste beskyttelseslaget kan med fordel være av samme materiale som taktekningen.</li> <li>• Friksjon mot taktekningen er avgjørende for at solanlegget skal holde seg i ro, og friksjonsfaktoren bør være bestemt ved prøving for aktuell taktekning og relevante tilstander; tørt, vått, kaldt, varmt.</li> </ul>

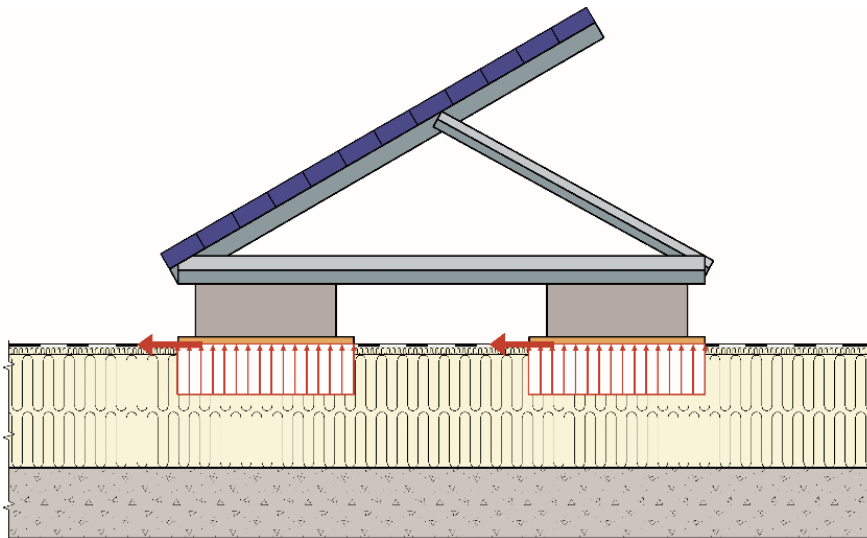


## 6.4.2 Lastoverføring

Ved ballastert løsning vil horisontallastene på solanlegget overføres via friksjon til taktekningen. Vertikallastene overføres som trykkrefter via taktekningen og isolasjon og ned til takets bærekonstruksjon.

Taktekningen må kunne ta opp strekkreftene fra og belastningen p.g.a. sammentrykking av isolasjonen.

Isolasjonen må ta opp og overføre vertikalkraften til bærende takkonstruksjon.

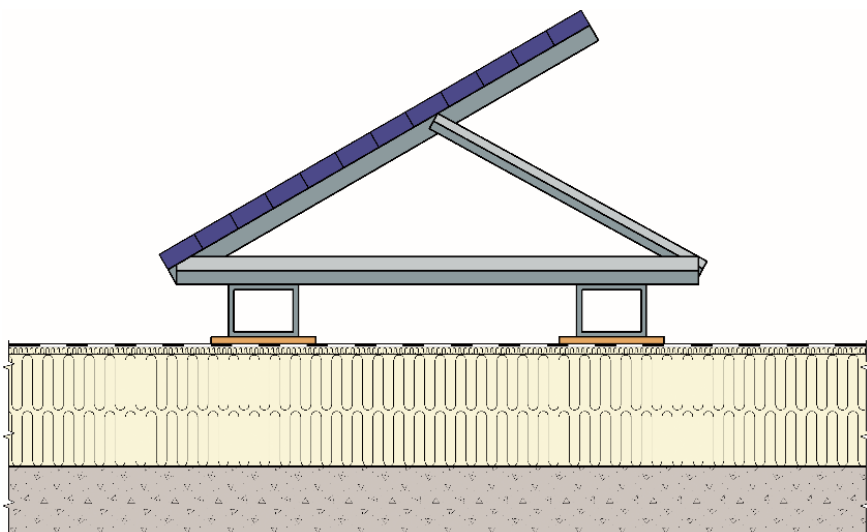


Figur 14: Prinsipp for optak av krefter ved ballastert løsning

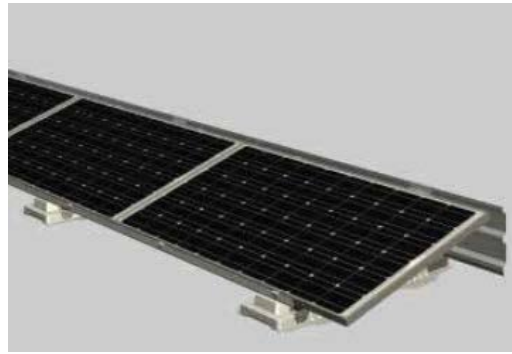
## 6.5 Sveist løsning

### 6.5.1 Beskrivelse

Ved sveist løsning blir det benyttet fester (platefot eller skinner) som blir teknet/sveist til taktekningen. Solanlegget festes så til disse festene.



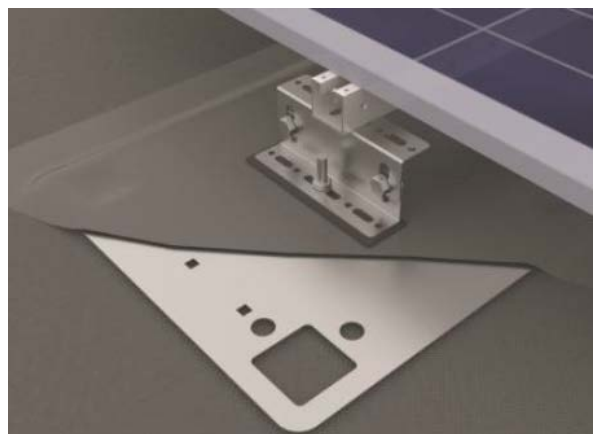
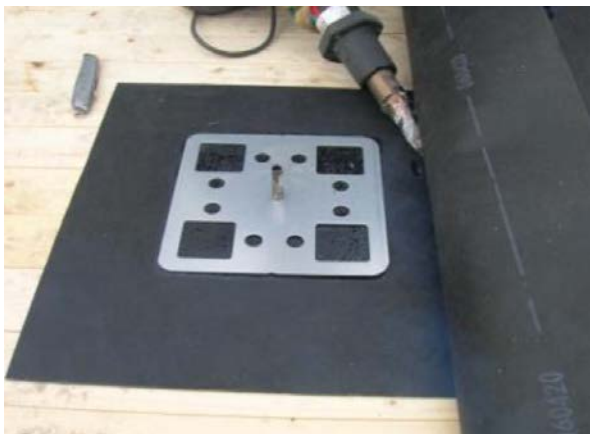
Figur 15: Prinsipp for sveist løsning



Figur 16: Eksempel på sveist løsning (Foto: Sika)



Figur 17: Eksempel på sveist løsning (Foto: Renolit)



Figur 18: Eksempel på sveist løsning (Foto: CWL)

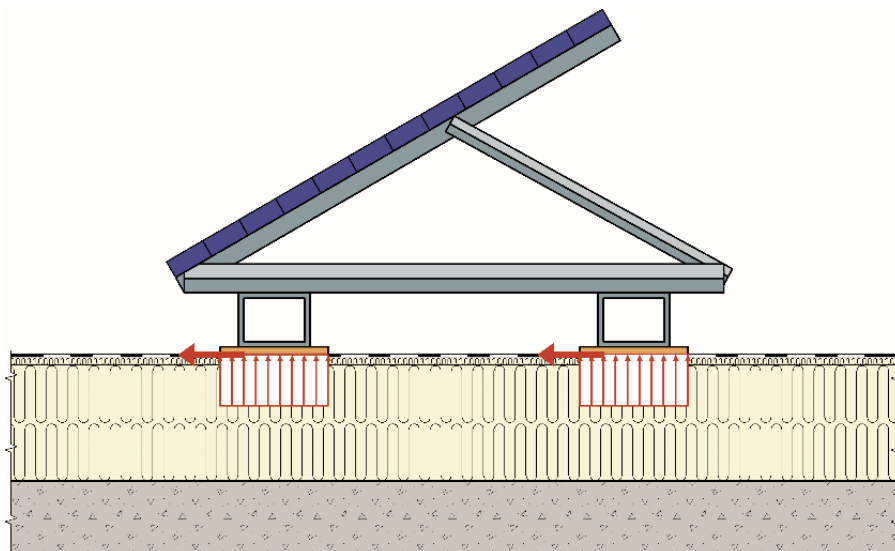
Fordeler, ulemper og råd for sveist løsning er gitt nedenfor.

<b>Fordeler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det benyttet fester (platefot eller skinner) som blir teknet/sveist til taktekningen.</li> <li>• Ryddig ansvarsforhold / grensesnitt forutsatt godkjent og avklart grensesnitt mellom solanleggleverandør og taktekker.</li> <li>• Ingen gjennomhulling av taktekningen</li> <li>• Unngår kuldebro i isolasjonssjiktet.</li> <li>• Unngår ballast som gir nedadrettede tilleggslaster på taket og byggets bærekonstruksjon.</li> </ul>
<b>Ulemper</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overføring av oppløftskrefter setter krav til taktekning og isolasjon. Løsningen må dokumenteres av produsent/leverandør for takbelegg og innfestningssystem som benyttes.</li> <li>• Gir noe tilleggsbelastning på taktekningen (for opptak av horisontale laster, oppløftskrefter og sammentrykking av isolasjon). Stiller dermed noe høyere krav til taktekningens styrke og krav til trykkfasthet til isolasjon.</li> <li>• Kan gi noe senkninger i taktekningen, som igjen medfører redusert vannavrenning, begroing og dermed redusert levetid på taktekning. Stiller dermed krav til trykkfasthet til isolasjonen.</li> <li>• Lav trykkfasthet til isolasjon kan medføre at nedadrettede laster nær innfesting gir laster på taktekningen/inntekningen.</li> <li>• Kan ha påvirkning på fallforhold og avrenning.</li> </ul>
<b>Råd</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Løsningen anbefales ikke, med mindre takbelegg- og solanleggleverandør har dokumenterte løsninger.</li> <li>• Ekspansjonsmulighet inkluderes i systemet slik at det ikke gir store horisontale fastholdningskrefter i innfesting til taktekningen.</li> <li>• Det må brukes materialer som er kompatible med taktekningen, slik at dette ikke går ut over taktekningens egenskaper og forventet levetid.</li> <li>• Bruk isolasjon med høy trykkfasthet under og nær festeplatene/skinnene (for å redusere uheldige forsenkninger).</li> <li>• Ved tekking over festeplatene/skinnene kan en unngå senkninger i taktekningen.</li> <li>• Det må dokumenteres bestandighet for norsk klima som gir varig heft mot taktekningen.</li> </ul>

### 6.5.2 Lastoverføring

Ved sveist løsning vil horisontale krefter og oppadrettede vertikale krefter på solanlegget overføres via sveis til taktekningen. Nedadrettede vertikale krefter overføres som trykkrefter via taktekningen og isolasjon ned til takets bærekonstruksjon.





Figur 19: Prinsipp for optak av krefter ved sveist løsning

## 7 PROSJEKTGJENNOMFØRING

### 7.1 Hjelpemidler for prosjektgjennomføring

Råd og punkter som er viktig å avklare i planlegging- og prosjekteringsfasen med hensyn på innfesting av solanlegg på både eksisterende og nye er vist nedenfor. For innfesting av solanlegg på eksisterende tak, se også kap. 7.2.

Forkortelser:

- Rådgiver Byggeteknikk (RIB)
- Rådgiver Brannsikkerhet (RiBr)
- Rådgiver Bygningsfysikk (RiBfy)
- Arkitekt (ARK)
- Taktekker (TAKT)
- Solanleggmontør (SOLM)
- Ansvarlig søker (ANSV)

Forhold som må ivaretas		Forslag til ansvarlig aktør	
Prosjekteringsfase	Plassering av solanlegg på taket	Føringer fra brannkonsept som tar hensyn til risiko for brannspredning (solanlegg må inngå).	RiBr
		Samordne plassering av solanlegg og fallforhold på taket (plassering i høybrekk og områder med avrenningsmulighet).	RiBfy / ARK / SOLM
		Vurdere utforming av solanlegg mht. lokale vind og snøforhold.	RIB / SOLM
		Planlegge sikringstiltak og planlegge for drift og vedlikehold.	RIB / SOLM

	<b>Lastoverføring og lastopptak</b>	Utføre lastberegninger for solanlegg med innfesting (vind, snø, egenlast, temperaturlast) som tar hensyn til utformingen av solanlegget.	RIB / SOLM
		Utføre lastberegninger for bygningskonstruksjonen som tar hensyn til solanlegget (vind, snø, egenlast, temperaturlast).	RIB
		Vurder innfestingsmetode basert på opptredende laster. Solanlegg der panelene er montert med stor vinkel mot taket gir generelt større vindlaster, bør da vurdere mekanisk forankring.	RIB / SOLM
		Dimensjonere innfestingen for solanlegget for opptredende laster.	RIB / SOLM
		Velge innfestingsløsning med tilstrekkelige ytelser eller beskrive krav til ytelser til innfestingsløsningen. (Bl.a. avhengig av materiale i takets bærekonstruksjon).	RIB / SOLM
		Isolasjonens trykkfasthet må velges ut fra laster fra solanlegget for å sikre mot forsenkninger i isolasjonen og skader på taktekningen.	RIB / SOLM
		Prosjektering av bygget og takets konstruksjon slik at denne tåler den ekstra påkjenningen som solanlegget gir.	RIB
	<b>Fuktsikkerhet</b>	Vurder innfestingsmetode mht. fuktsikkerhet.	RiBfy
		Planlegge plassering av solanlegget mht. fallforhold i taket. Innfesting bør fortrinnsvis skje i høybrekk og i områder med avrenningsmulighet.	RiBfy
		Vurdere bruk av taktekning som er mindre utsatt for begroing i skyggeområder (under solpaneler).	RiBfy
		Planlegge sluk og slukrenner slik at det er mulig å legge til rette for inspeksjon og vedlikehold.	ARK/RiBfy
		Planlegge gjennomføringer for kabling fra solanlegget sammen med taktekker.	ARK/RiBfy
	<b>Planlegging for drift og vedlikehold</b>	Planlegge inspeksjon og vedlikehold av taket med solanlegg mht. adkomst, ganggater og sikkerhet ved vedlikeholdsarbeid på taket (se også TPF nr. 13).	Prosjekteringsgruppen
		Paneler med tilhørende kabelføring og komponenter monteres slik at det er mulig å komme til for vedlikehold, rengjøring, inspeksjon og utskifting av komponenter.	
		Sluk og slukrenner må lokaliseres slik at solanlegget ikke vanskeliggjør vedlikehold og rengjøring.	
		Utarbeidelse av "som-bygget" underlag som en del av FDV-dokumentasjonen.	

Utførelses-/monteringsfase	<b>Innledende aktiviteter</b>	Planlegge sikringstiltak for arbeider på tak.	TAKT
		Oppstart - Koordinerende møte mellom taktekker, montør for solanlegg og evt totalentreprenør. Avklaring av rekkefølge på tekkarbeider og montasje av solanlegg avhengig av løsning for innfesting.	TAKT
		Planlegge beskyttelsestiltak for taktekningen ved montasje av solanlegg (se TPF nr 13).	TAKT
		Påse at det er utarbeidet tilstrekkelig prosjektert underlag for at utførelse kan starte (fallplan, tegninger/løsning for innfesting av solanlegg). Påse at løsningene er komplette.	TAKT
	<b>Montasje av solanlegg</b>	Montasje av solanlegg iht. prosjektert underlag.	SOLM
		Utarbeidelse underlag for FDV-dokumentasjonen.	SOLM
	<b>Tekkearbeider</b>	Tekkearbeider – oppbygning av isolasjon, fallisolasjon og tekking rundt innfestingspunkter ved mekanisk innfesting av solanlegg.	TAKT
		Midlertidig lagring av materialer må ta hensyn til isolasjonens trykkfasthet, og det kan være aktuelt med bruk av trykkfordelende plater (se TPF nr. 13).	SOLM
		Montering av solanlegg innebærer mye arbeid og mange deler til solanlegget på taket, og det er viktig av taktekningen ikke skades ved trafikk, transport, lagring og montering. Det må etableres nødvendige beskyttelsestiltak (beskyttende plater eller matter) og rutiner deretter.	SOLM
	<b>Etterarbeid</b>	Kvalitetssikring og kontroll av utførelse.	TAKT
		Lage "som-bygget" underlag som del av FDV-dokumentasjon.	TAKT

## 7.2 Montering av solanlegg på eksisterende bygninger

For montering av solanlegg på eksisterende bygninger vil det være mange gitte forutsetninger som det er viktig å ta hensyn til ved prosjektering av løsning. Sjekklister som er vist i pkt 7.1 vil være et hjelpemiddel også for eksisterende tak, men i tillegg vil følgende forhold være viktige å avklare innledningsvis:

- Avklare garanti på taktekning og utført arbeid da garantien normalt bortfaller ved etterarbeid på taket.
- Vurdere restlevetid til taktekningen mot solanleggets levetid (avklares også mot byggeier).
- Valg av løsning baseres på totale kostnader inkludert installasjon og vedlikehold (avklares også mot byggeier).
- Vurdere takets og resten av bygningens bærekonstruksjon for økte laster på grunn av installasjon av solanlegg.
- Vurdere isolasjonens trykkfasthet opp mot lastene fra solanlegget. Det kan være aktuelt å skifte ut isolasjon lokalt der hvor solanlegget skal lokaliseres eller skifte ut all isolasjon.
- Fall og avrenning med plassering av sluk og renner må tas hensyn til ved valg av innfestingsløsning.



### 7.3 FDV-dokumentasjonen

Tak med solanlegg krever ettersyn og vedlikehold, og det er derfor viktig at det utarbeides gode retningslinjer for forvaltning, drift og vedlikehold av solanlegget og underliggende takkonstruksjon.

For solanlegget med inntekking bør det utarbeides en FDV-instruksjon som bl.a. tar for seg følgende forhold (se også [NEK EN IEC 62446-2]):

- Datablad for hver enkelt komponent.
- Levetid til alle komponenter.
- Forventede intervaller for utskifting av komponenter.
- Rutiner for inspeksjon av anlegget, herunder tilkomst og nødvendige sikringstiltak som fallsikring.
- Retningslinjer for reparasjoner.
- Renholdsbehov og -muligheter.
- Retningslinjer ved eventuelle reparasjoner.
- Energiproduksjon og -oppfølging.

Det skal også utarbeides FDV-dokumentasjon for selve takkonstruksjonen med taktekningen som tar hensyn økte krav til ettersyn fordi det er montert solanlegg. I denne forbindelse bør følgende forhold inngå i FDV-instruksjonen for taket:

- Plan for inspeksjon med tidsintervall.
- Plan for vedlikehold med tidsintervaller og hva som bør utføres.
- Plan for rengjøring.
- Retningslinjer ved eventuelle reparasjoner av taktekning.
- Plan for utskiftning av taktekning.



## 8 REFERANSELISTE

### Regelverk

**[PBL]**

*Lov om planlegging og byggesaksbehandling (PBL), sist endret 01.12.2021*

**[TEK17]**

*Byggeteknisk forskrift (TEK17) med veiledning, sist endret 01.10.2021*

Direktoratet for Byggkvalitet

**[DOK]**

*Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK), sist endret 01.10.2021*

Direktoratet for Byggkvalitet

**[SAK10]**

*Byggesaksforskriften (SAK10) med veiledning, sist endret 09.06.2021*

Direktoratet for Byggkvalitet

### Standarder

**[NS-EN 1990]**

NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016

Eurokode: *Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner*

Standard Norge

**[NS-EN 1991-1-1]**

NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2019

Eurokode 1: *Laster på konstruksjoner*

*Del 1-1: Allmenne laster. Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger*

Standard Norge

**[NS-EN 1991-1-2]**

NS-EN 1991-1-2:2002+NA:2008

Eurokode 1: *Laster på konstruksjoner*

*Del 1-2: Allmenne laster. Laster på konstruksjoner ved brann*

Standard Norge

**[NS-EN 1991-1-3]**

NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018

Eurokode 1: *Laster på konstruksjoner*

*Del 1-3: Allmenne laster. Snølaster*

Standard Norge

**[NS-EN 1991-1-4]**

NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009

Eurokode 1: *Laster på konstruksjoner*

*Del 1-4: Allmenne laster. Vindlaster*

Standard Norge

**[CEN/TR 16999]**

**PD CEN/TR 16999:2019**

*Solar energy systems for roofs – Requirements for structural connections to solar panels, 2019*

BSI Standard Publication

**[NEK EN IEC 62446-2]**

NEK EN IEC 62446-2:2020

Norwegian electrotechnical standard: Photovoltaic (PV) systems, Requirements for testing, documentation and maintenance Part 2: Grid connected systems, Maintenance of PV systems

Norsk Elektroteknisk Komite



## Håndbøker og veiledninger

[SIS HB 537]

*Handbok för montering av utanpåliggande solpaneler på yttertak, 2021*  
Svenska institutet för standarder, SIS

[Gangtrafikk]

**Gangtrafikk på takisolasjon**

*SINTEF rapport 2018:00545: Gangtrafikk på takisolasjon, 2018*

[BRE]

*Wind loads on roof-based photovoltaic systems, 2004*

Paul Blackmore, BRE Centre for Structural and Geotechnical Engineering

[Brann]

*Veileder om solenergi for brann- og redningsvesen, mars 2020*

Solenergiklyngen

## TPF Informerer

[TPF nr 5]

**TPF Informasjonsblad nr 5**

*Innfesting av fleksible takbelegg, dimensjonering og utførelse, Beregningsprogram for beregning av vindkrefter på tak, 2019*

[TPF nr 6]

**TPF Informasjonsblad nr 6**

*Branntekniske konstruksjoner for tak. Eksempler på løsninger utført etter veiledning til Byggteknisk forskrift, 2019*

[TPF nr 9]

**TPF Informasjonsblad nr 9**

*Temaveileder for flate tak, 2020*

[TPF nr 11]

**TPF Informasjonsblad nr 11**

*Terrasser for persontrafikk over oppvarmet rom, 2020*

[TPF nr 13]

**TPF Informasjonsblad nr 13**

*Tak under oppføring – forholdsregler og tiltak ved bruk, 2020*

## Byggforskserien fra SINTEF

[241.010] *Saksbehandling, ansvar og kontroll i byggesaker, 2016*

[321.231] *Prosjektering av solcelleanlegg på bygninger, 2021*

[471.041] *Snølast på tak. Dimensjonerende laster, 2003*

[471.043] *Vindlaster på bygninger, 2003*

[525.207] *Kompakte tak, 2018*

[544.206] *Mekanisk innfesting av asfalttakbelegg og takfolie på skrå og flate tak, 2016*

[544.202] *Takfolie. Egenskaper og tekking, 2011*

[544.203] *Asfalt takbelegg. Egenskaper og tekking, 2011*

[571.404] *Metaller til bygningsformål. Bruksformål og prosjektering, 2013*

[573.144] *Ankerfester i betong, 2013*

[573.344] *Varmeisolasjonsmaterialer. Typer og egenskaper, 2020*

[744.201] *Tak tekket med takfolie eller asfalttakbelegg. Vedlikehold, utbedring og omtekkning, 2004*



## **VEDLEGG**

**Sammenstilling av fordeler, ulemper og råd for de ulike løsningene**

	Forankra innfesting med innfestingsfot, se kap. 6.2	Forankra løsning med platefot og innfestingsstag, se kap. 6.3	Ballastert løsning, se kap. 6.4	Sveist løsning, se kap. 6.5
<b>Fordeler</b>	<p>Innfestningsfoten monteres til bærende underlag. Isolering plasseres og foten tekkes vanntett inn i taktekningen. For øvrig er innfestningen av foten til den bærende konstruksjonen adskilt taktekningen og isoleringen. Dette gir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ryddig ansvarsforhold / grensesnitt (taktekker monterer og utfører tekking rundt innfestingsfot).</li> <li>Ryddig lastopptak (innfestingsfot overfører alle laster til takets bæresystem).</li> </ul> <p>Unngår slitasje og tilleggsbelastning på taktekningen (for opptak av horisontale laster og sammentrykking av isolasjon).</p> <p>Gir ikke senkninger i taktekningen (unngår dermed stående vann).</p> <p>Relativt uavhengig av fallforhold.</p> <p>Liten påvirkning på fallforhold og avrenning.</p> <p>Forenkler eventuell utskiftning av taktekning i solpanelets levetid.</p> <p>Enkelt tilgjengelighet for vedlikehold og inspeksjon av tak.</p> <p>Unngår ballast som gir nedadrettede tilleggslaster på taket og byggets bærekonstruksjon.</p> <p>Godt dokumenterte (kjente) lastkapasiteter.</p>	<p>Innfestningsfoten plasseres på taktekningen og monteres til bærende underlag med mekanisk innfesting. Innfestningsfoten/-platen tekkes deretter vanntett inn i taktekningen. For øvrig er innfestningen av foten til den bærende konstruksjonen adskilt taktekningen og isoleringen. Dette gir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ryddig ansvarsforhold / grensesnitt (taktekker monterer og utfører tekking rundt innfestingsfot).</li> </ul> <p>Uavhengig av fallforhold.</p> <p>Liten påvirkning på fallforhold og avrenning.</p> <p>Enkel tilgjengelighet for vedlikehold og inspeksjon av tak.</p> <p>Unngår ballast som gir nedadrettede tilleggslaster på taket og byggets bærekonstruksjon.</p> <p>Kan benyttes også på eksisterende tak.</p>	<p>Ved ballastert løsning blir solanlegget plassert oppå taktekningen, og blir holdt på plass ved bruk av ballast. Dermed unngås gjennomhulling av taktekningen</p> <p>Involverer få aktører/fag (uavhengig av taktekkerarbeider).</p> <p>Unngår kuldebro i isolasjonssjiktet.</p> <p>Kan benyttes også på eksisterende tak (forutsatt at byggets bærekonstruksjon og isolasjonssjikt er dimensjonert for tilleggsbelastningene som påføres).</p> <p>Enkelt å installere (ved nybygging og spesielt for solanlegg på eksisterende tak).</p>	<p>Det benyttet fester (platefot eller skinner) som blir tekket/sveist til taktekningen.</p> <p>Ryddig ansvarsforhold / grensesnitt forutsatt godkjent og avklart grensesnitt mellom solanleggleverandør og taktekker.</p> <p>Ingen gjennomhulling av taktekningen</p> <p>Unngår kuldebro i isolasjonssjiktet.</p> <p>Unngår ballast som gir nedadrettede tilleggslaster på taket og byggets bærekonstruksjon.</p>



	Forankra innfesting med innfestingsfot, se kap. 6.2	Forankra løsning med platefot og innfestingsstag, se kap. 6.3	Ballastert løsning, se kap. 6.4	Sveist løsning, se kap. 6.5
<b>Ulemper</b>	<p>Gir kuldebro.</p> <p>Mange gjennomføringer som må tekkes inn.</p> <p>Involverer flere aktører/fag og krever koordinering og tett samarbeid.</p> <p>Lav trykkfasthet til isolasjon kan medføre at nedadrettede laster nær innfestingsfot gir laster på taktekingen/inntekningen.</p> <p>Arbeidskrevende å benytte på eksisterende tak.</p>	<p>Mange gjennomføringer som må tekkes inn.</p> <p>Involverer flere aktører/fag og krever koordinering og tett samarbeid.</p> <p>Gir noe tilleggslaster på taktekingen (for opptak av horisontale laster og sammentrykking av isolasjon). Stiller dermed krav til taktekingens styrke og krav til trykkfasthet på isolasjonen.</p> <p>Kan gi noe senkninger i taktekingen, som igjen medfører redusert vannavrenning, begroing og dermed redusert levetid på takteking. Stiller dermed krav til trykkfasthet til isolasjonen.</p> <p>Lav trykkfasthet til isolasjon kan medføre at nedadrettede laster nær innfestingsfot gir laster på taktekingen/inntekningen.</p>	<p>Bruk av ballast gir nedadrettede tilleggslaster på taket og byggets bærekonstruksjon.</p> <p>Gir tilleggslaster på taktekingen (for opptak av horisontale laster og sammentrykking av isolasjon). Stiller dermed høyere krav til taktekingens styrke og krav om høy trykkfasthet på isolasjonen.</p> <p>Kan gi senkninger i taktekingen, som igjen medfører redusert vannavrenning, begroing og dermed redusert levetid på takteking. Stiller dermed krav til trykkfasthet til isolasjonen.</p> <p>Kan ha påvirkning på fallforhold og avrenning.</p> <p>Vanskeligjør vedlikehold og inspeksjon av tak.</p> <p>Kan gi uklare ansvarsforhold (vedr takets tetthet/bestandighet). For noen takbelegg er ikke garanti dekket ved bruk av ballastert løsning.</p> <p>Systemet må ta hensyn til takets fall, slik at det ikke oppstår forflytning av solanlegget.</p>	<p>Overføring av oppløftskrefter setter krav til takteking og isolasjon. Løsningen må dokumenteres av produsent/leverandør for takbelegg og innfestningssystem som benyttes.</p> <p>Gir noe tilleggsbelastning på taktekingen (for opptak av horisontale laster, oppløftskrefter og sammentrykking av isolasjon). Stiller dermed noe høyere krav til taktekingens styrke og krav til trykkfasthet til isolasjon.</p> <p>Kan gi noe senkninger i taktekingen, som igjen medfører redusert vannavrenning, begroing og dermed redusert levetid på takteking. Stiller dermed krav til trykkfasthet til isolasjonen.</p> <p>Lav trykkfasthet til isolasjon kan medføre at nedadrettede laster nær innfesting gir laster på taktekingen/inntekningen.</p> <p>Kan ha påvirkning på fallforhold og avrenning.</p>

	Forankra innfesting med innfestingsfot, se kap. 6.2	Forankra løsning med platefot og innfestingsstag, se kap. 6.3	Ballastert løsning, se kap. 6.4	Sveist løsning, se kap. 6.5
Råd	<p>Ekspanjonsmulighet inkluderes i systemet slik at det ikke gir store horisontale fastholdningskrefter i innfestingsfot.</p> <p>Bruk isolasjon med høy trykkfasthet nær innfestingsfot.</p> <p>Utforming av innfestingsfot bør være slik at inntekking blir enkelt og gir vanntett løsning. Runde profiler gjør inntekkingen lettest.</p> <p>Innfestingsføtter plasseres slik vannavrenning påvirkes i minst mulig grad (d.v.s. ikke i lavbrekk eller sluk/slukrenner hvor man kan få lokal oppdemming av vann).</p> <p>Ved bruk av innfestingsfot vil det forenkle inntekking om det er rund form på sokkelen. Det kan også brukes et hult tverrsnitt som isoleres for å redusere varmetap. Inntil slike faste installasjoner bør trykkfasthet til isolasjonen være høy slik at risiko for revner i taktekningen reduseres.</p>	<p>Ekspanjonsmulighet inkluderes i systemet slik at det ikke gir store horisontale fastholdningskrefter i innfestingssystemet.</p> <p>Innfestingsføtter plasseres slik vannavrenning påvirkes i minst mulig grad (d.v.s. ikke i lavbrekk eller sluk/slukrenner hvor man kan få lokal oppdemming av vann).</p> <p>Bruk isolasjon med høy trykkfasthet under og nær innfestingsfot (for å redusere uheldige forsengkninger).</p>	<p>Det må rådføres med produsent av taktekning og takentreprenør at ballasteringen/systemet vil gi en varig fuksikker løsning.</p> <p>Ekspanjonsmulighet inkluderes i systemet slik at det ikke oppstår bevegelse direkte mot taktekningen.</p> <p>Det må avklares at eventuelle garantier for taktekningen gjelder/videreføres for den spesifikke løsningen.</p> <p>Bruk av store trykkfordelingsareal og høy trykkfasthet på isolasjonen gir redusert nedbøyning, se pkt 4.3. Ved nybygg har en mulighet til å benytte isolasjon med større trykkfasthet der systemet står nedpå på taket. Isolasjon med høy trykkfasthet på hele taket gir fleksibilitet for eventuell endring av plassering.</p> <p>Det må brukes ballast/beskyttelse som er kompatibelt med taktekningen, slik at dette ikke påvirker taktekningen kjemisk og går ut over taktekningens egenskaper og forventet levetid. Det nederste beskyttelseslaget kan med fordel være av samme materiale som taktekningen.</p> <p>Friksjon mot taktekningen er avgjørende for at solanlegget skal holde seg i ro, og friksjonsfaktoren bør være bestemt ved prøving for aktuell taktekning og relevante tilstander; tørt, vått, kaldt, varmt.</p>	<p>Løsningen anbefales ikke, med mindre takbelegg- og solanleggleverandør har dokumenterte løsninger.</p> <p>Ekspanjonsmulighet inkluderes i systemet slik at det ikke gir store horisontale fastholdningskrefter i innfesting til taktekningen.</p> <p>Det må brukes materialer som er kompatible med taktekningen, slik at dette ikke går ut over taktekningens egenskaper og forventet levetid.</p> <p>Bruk isolasjon med høy trykkfasthet under og nær festeplatene/skinnene (for å redusere uheldige forsengkninger).</p> <p>Ved tekking over festeplatene/skinnene kan en unngå senkninger i taktekningen.</p> <p>Det må dokumenteres bestandighet for norsk klima som gir varig heft mot taktekningen.</p>