

Oppdragsgiver: **Kristiansand kommune**

Oppdragsnr.: **52501845** Dokumentnr.: **NO-RIB-108**

**Til:** Kristiansand kommune, ved Yngvar Einarsmo

**Utarbeidet:** Norconsult, ved Samir Aesar

**Dato:** 2025-12-19

## ► Solcelleprosjekt Torridal barneskole - vurdering av takets bæreevne

### Adresse:

Hommeren 1, 4618 Kristiansand



Figur 1 Oversiktsbilde av Torridal skole

J01	2025-12-19	Som dokumentasjon	SamAes	HaaBle	MarHas
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

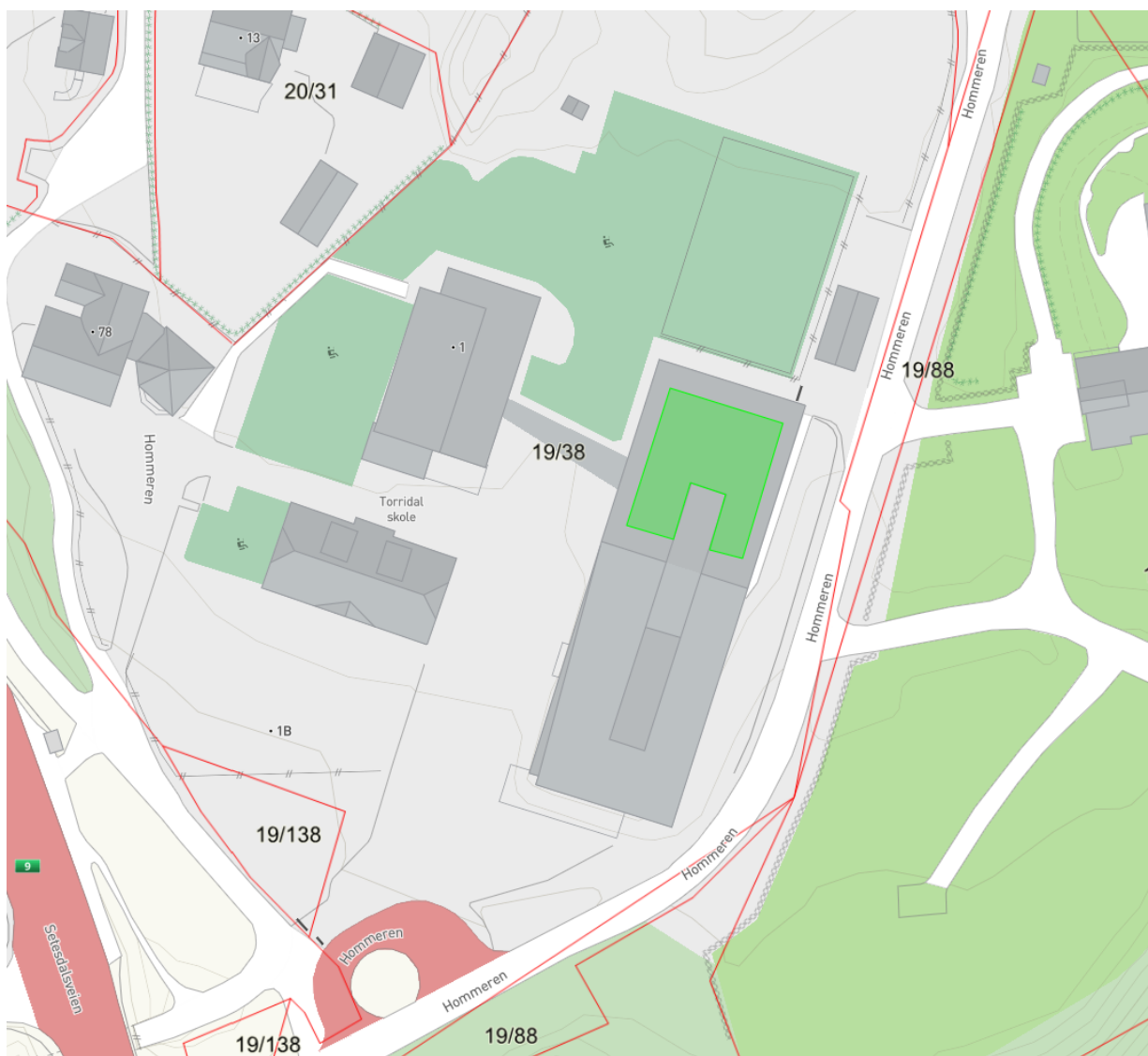
Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## Innholdsfortegnelse

<b>1. Innledning</b>	<b>3</b>
<b>2. Beregningsgrunnlag</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Tegninger</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Materialkvaliteter</b>	<b>5</b>
<b>3. Laster</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Egenlaster</b>	<b>6</b>
<b>3.2 Egenlast fra solceller</b>	<b>6</b>
<b>3.3 Snølast</b>	<b>6</b>
<b>4. Kapasitetskontroller</b>	<b>7</b>
<b>4.1 Takspærre</b>	<b>7</b>
<b>4.2 Opplegg for takspærre</b>	<b>8</b>
<b>4.3 Underliggende konstruksjoner</b>	<b>11</b>
<b>5 Konklusjon</b>	<b>12</b>
<b>Vedlegg</b>	<b>12</b>

## 1. Innledning

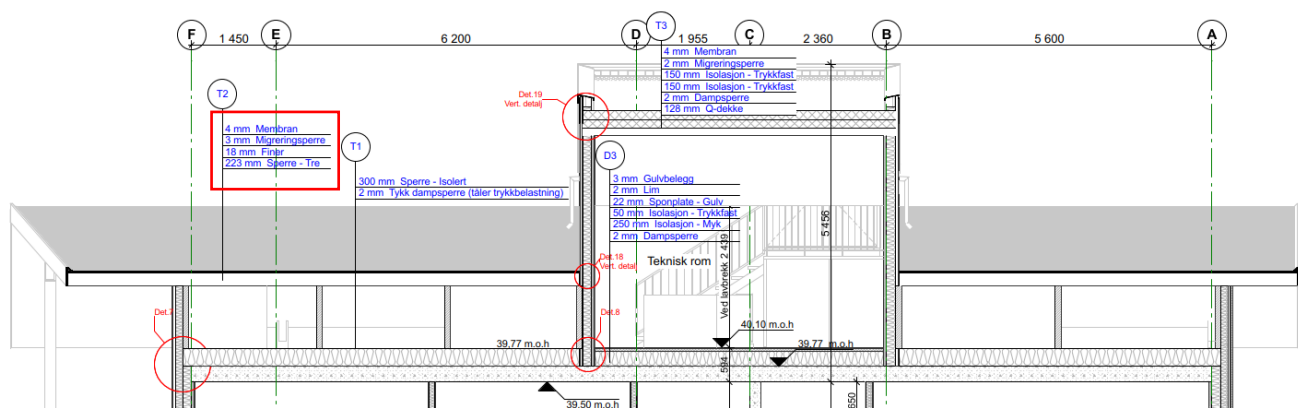
Den nye delen av Torridal barneskole ble oppført i 2016 og består av to etasjer. Etasjeskillet er utført med hulldekkeelementer, mens yttertaket er konstruert med taksperrer. Denne rapporten omfatter kun den nye delen av bygget, som vist i Figur 2. Figur 4 viser takoppbygging over dekke over 2.etasje. Figur 2 viser takflaten som er aktuell for solceller og dermed skal kontrolleres for kapasitet. Taktekingen er asfaltbelegg som vist i Figur 3.



Figur 2 Aktuell takflate for solceller



Figur 3 Bilde er tatt fra befaring og viser tilstand på taktekking



Figur 4 Takoppbygging over hulldekke (A30-101 - Trollvegg arkitektstudio)

## 2. Beregningsgrunnlag

### 2.1 Tegninger

Tegningsnummer og revisjonsnummer (evt. navn på fil)	Beskrivelse
A22-103 Plan 3. Etasje, rev. B	Plan som viser opplegg til takksperre
A30-101 Snitt A, B og C	Snitt som viser bæresystem og fall på taket
10935_ ARK_Torridal	ARK modell som viser bæresystem til takkonstruksjon
Torridal_Skole	RIB modell som viser bæresystemet til Torridal barneskole

### 2.2 Materialkvaliteter

Trevirket i både toppsvill og underliggende stendere er klassifisert som C24. Limtredragerne under takutstikket er antatt å være i styrkeklasse GL30c. Stålsøylen som understøtter limtredrageren er klassifisert som S355 (se RIB-modellen - Torridal\_Skole).



## 3. Laster

### 3.1 Egenlaster

Egenvekt av takspærre med senteravstand 0,6 m uten isolasjon og himling, med taktekking av asfaltbelegg og undertak av treplater er 0,47 kN/m<sup>2</sup> iht. byggforsklad 471.031 kap. 4.42.

### 3.2 Egenlast fra solceller

Siden solcellene blir en permanent installasjon defineres den som en egenlast. I områder der bygg er veldig utsatt for vind og for høyere bygg kan det være behov for ekstra ballast på solcellepanelene.

For dette bygget som ikke er spesielt vindutsatt, eller høyt, forutsettes det at solcelleanlegget har en egenvekt på ca. 30 kg/m<sup>2</sup> som er omtrent 0.3 kN/m<sup>2</sup>

### 3.3 Snølast

Karakteristisk snølast på mark i Kristiansand kommune er 4,0 kN/m<sup>2</sup> iht. NS-EN 1991-1-3 tabell NA.4.1(901).

Generelt er taket skrått med formfaktor: 0,8

NS-EN 1991-1-3

$$4,0 \text{ kN/m}^2 \times 0,80 = 3,20 \text{ kN/m}^2$$

I vedlegg 3 er det utført fem vurderinger av snølast, basert på ulike snølommer som oppstår på forskjellige steder. Disse variasjonene skyldes forskjeller i vegghøyder, som påvirker hvor snøen samler seg. Hver snødriver tilhører sin veggtype som for eksempel snødriver V1 tilhører veggtype 1 og snødriver V2 tilhører veggtype 2 og så videre.

## 4. Kapasitetskontroller

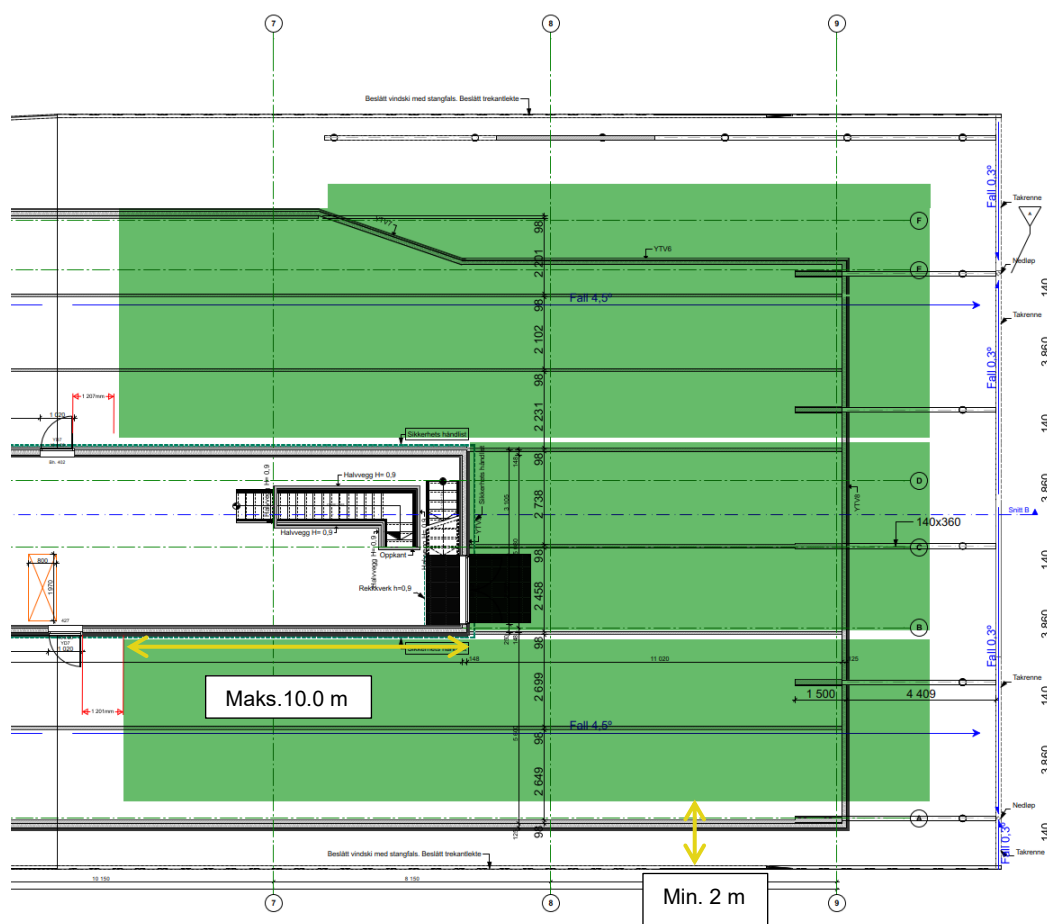
### 4.1 Taksperre (T1+T2)

Ved befaring av skolens tak ble det observert at taksperrene er i styrkeklasse C24 med dimensjoner 48 x 223 mm. Den største spennvidden er cirka 2,74 meter under hovedtaket og 3,86 meter under takutstikket, som vist i Figur 5.

Taksperre T1 og T2 er vist i Figur 6 ble beregnet i FEM-Design og viste seg til å ha tilstrekkelig kapasitet til å bære den tilleggslasten fra solceller (se vedlegg 2).

#### Aktuelt område for solcellepaneler:

Figur 5 viser det aktuelle området for plassering av solcellepaneler. Det er viktig å sikre at avstanden fra ytterveggen mellom akse 7 og 8 til enden av solcelleområdet ikke overstiger 10,0 meter, på grunn av den lave høyden på bjelkene over dørene. I tillegg skal solcellepaneler ikke plasseres nærmere enn 2 meter fra takkanten.



Figur 5 Plan 3 (A22-103 - Trollvegg arkitektstudio)





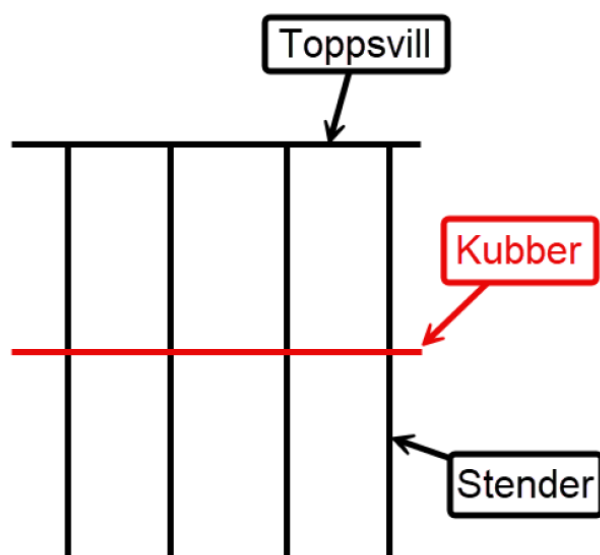
## Vegg type 1 (V1)

### Kontroll av bærekapasitet til bærevegg (V1) C24 98mmx48mm c600mm:

Bæreveggen V1 er kontrollert og resultatene viser kapasitetsutfordringer i stenderne som følge av lang knekkleengde. For beregning av toppsvill V1 og stender under toppsvill se vedlegg 1.

### Aktuelt tiltak

Et aktuelt tiltak for å forsterke bæreveggen og halvere knekkleengden er å montere sideveis støtte (kubber) midt i stenderne som vist i Figur 7. Ved valg av denne løsningen må dette undersøkes/prosjekteres nærmere.



Figur 7 Sidevis avstivning

## Vegg type 2 (V2)

### Kontroll av bærekapasitet til bærevegg (V2) C24 98mmx48mm c600mm:

Bæreveggen V2 er kontrollert og som vist i vedlegg 1 har ikke veggen tilstrekkelig kapasitet til å bære tilleggslasten fra solcelleanlegget. Det er utfordringer med moment og skjærkapasitet i toppsvillen. For beregning av toppsvill V2 og stender under toppsvill se vedlegg 1.

### Aktuelle tiltak

Det finnes ulike tiltak som kan bidra til å forsterke toppsvill. Et av tiltakene er montering av en ekstra toppsvill under det dobbelte toppsvillen eller montering av ekstra stender sentrisk under taksperre. Ved valg av disse løsningene må toppsvill og stender undersøkes/prosjekteres nærmere.

## Vegg type 3 (V3)

### Kontroll av bærekapasitet til bærevegg (V3) C24 98mmx48mm c600mm:

V3 har ikke tilstrekkelig kapasitet til å bære tilleggslasten fra solcelleanlegget. Det er utfordringer med skjærkapasitet i toppsvillen og knekk lengde i stenderne. For beregning av toppsvill V3 og stender under toppsvill se vedlegg 1.

### Aktuelle tiltak

Et aktuelt tiltak for å forsterke bæreveggen og halvere knekk lengden er å montere sideveis støtte (kubber) midt i stenderne som vist i Figur 7. For å forsterke toppsvillen kan man montere en ekstra toppsvill under det dobbelte toppsvillen eller montere en ekstra stender sentrisk under taksperre. Ved valg av disse løsningene må toppsvill og stender undersøkes/prosjekteres nærmere.

## Vegg type 4 (V4)

### Kontroll av bærekapasitet til bærevegg (V4) C24 98mmx48mm c600mm:

Bæreveggen V4 er kontrollert og som vist i vedlegg 1 har bæreveggen V4 tilstrekkelig kapasitet til å bære tilleggslasten fra solcelleanlegget. For beregning av toppsvill V4 og stender under toppsvill se vedlegg 1.

## Vegg type 5 (V5)

### Kontroll av bærekapasitet til bærevegg (V5) C24 125mmx48mm c600mm:

Bæreveggen V5 er kontrollert og som vist i vedlegg 1 har bæreveggen V5 tilstrekkelig kapasitet til å bære tilleggslasten fra solcelleanlegget. For beregning av toppsvill V5 og stender under toppsvill se vedlegg 1.

## Vegg type 6 (V6)

### Kontroll av bærekapasitet til bærevegg (V6) C24 98mmx48mm c1200mm:

Bæreveggen V6 er kontrollert, og resultatene viser kapasitetsutfordringer i stenderne som følge av lang knekk lengde. For beregning av toppsvill V6 og stender under toppsvill se vedlegg 2.

### Aktuelt tiltak

Et aktuelt tiltak for å forsterke bæreveggen og halvere knekk lengden er å montere sideveis støtte (kubber) midt i stenderne som vist i Figur 7. Ved valg av denne løsningen må dette undersøkes/prosjekteres nærmere.

## Limtrebjelke (B1)

### Kontroll av bærekapasitet til limtrebjelke (B1) GL30c 140mmx360mm:

Limtrebjelken (B1) og opplegg under den er kontrollert og som vist i vedlegg 2 har bjelken og oppleggene tilstrekkelig kapasitet til å bære tilleggslasten fra solcelleanlegget.

### 4.3 Underliggende konstruksjoner

Konstruksjonen under bæreveggene av tre består av hulldekkeelementer med en tykkelse på 265 mm, som bæres av stålbjelker og søyler med ulike profiler.

#### Vurdering av kapasitet:

Egenlast – G:

HD265: 3.91 kN/m<sup>2</sup>

Hentet fra NOBI VOSS (hulldekkeleverandør)

Takspærre: 0,47 kN/m<sup>2</sup>

Se kap. 3.3

Takhimling: 0,3 kN/m<sup>2</sup>

Antatt verdi

Solcellepanler: 0,3 kN/m<sup>2</sup>

Antatt verdi

Nyttelaster – P:

Snølast: 3.2 kN/m<sup>2</sup>

Se kap. 3.3

Nyttelast: 3.0 kN/m<sup>2</sup>

NS-EN 1991-1-1: kap. 6.3, Tabell 6.2

Likning 6.10 b) nedenfor gir dimensjonerende laster for solceller:

NS-EN 1990 Tabell NA.A1.2(B), likning 6.10 a)  $1,35 \times 4,68 + 1,5 \times 0,7 \times 6,2 = 12,83 \text{ kN/m}^2$

NS-EN 1990 Tabell NA.A1.2(B), likning 6.10 b)  $0,89 \times 1,35 \times 4,68 + 1,5 \times 3,2 + 1,05 \times 3,0 = 13,57 \text{ kN/m}^2$

Tilleggslast fra solceller kan dermed beregnes med lastfaktorer fra likning 6.10 b):

NS-EN 1990 Tabell NA.A1.2(B), likning 6.10 b)  $0,89 \times 1,35 \times 0,3 = 0,36 \text{ kN/m}^2$

Prosentvis økning i last fra solceller blir dermed:

$$\frac{0,36}{13,57} = 2,65 \%$$

Siden den totale lasten kun øker med 2,65 %, vurderes det at det underliggende bæresystemet har tilstrekkelig kapasitet til å oppta den ekstra lasten fra solcelleanlegget.

## 5 Konklusjon

Takkonstruksjonen består av taksperrer dimensjonert til 48 x 223 mm med senteravstand 600 mm. Denne er kontrollert for økt lastnivå som følge av et planlagt solcelleanlegg med egenvekt på 30 kg/m<sup>2</sup>. Kapasiteten av taksperrere er vurdert som tilstrekkelig for den aktuelle belastningen se Figur 5 for plassering.

Videre viser beregninger at noen av oppleggene for taksperrere har utfordringer knyttet til knekk lengde og moment- og skjærkraftkapasitet. På bakgrunn av dette er det foreslått flere tiltak for å forsterke de aktuelle bæreveggene.

For å forsterke bærevegger anbefales det å montere sideveis støtte for å redusere knekk lengden på de lange stenderne, men for å forsterke toppsvill anbefales det enten å montere en ekstra toppsvill under det dobbelte toppsvillen eller montering av ekstra stender sentrisk under taksperre.

En endelig vurdering vil bli utført av Norconsult når leverandør av solcelleanlegget er kontrahert og endelig plassering og vekt av anlegget foreligger.

## Vedlegg

Vedlegg 1 – Bærende vegger

Vedlegg 2 – Taksperre, limtre og V6

Vedlegg 3 – Snødriver