

## NOTAT

|                |                                          |                 |                                            |
|----------------|------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|
| OPPDRAAG       | <b>Oppgradering SØF - Skyteledertårn</b> | DOKUMENTKODE    | 2020510299_E400_02E01                      |
| EMNE           | Energiberegninger                        | TILGJENGELIGHET | Ugradert                                   |
| OPPDRAAGSGIVER | <b>Forsvarsbygg</b>                      | OPPDRAAGSLEDER  | Stian Elverland                            |
| KONTAKTPERSON  | Lars Kristian Nerum                      | SAKSBEHANDLER   | Ane Mossing                                |
| KOPI           | <b>Interaxo</b>                          | ANSVARLIG ENHET | 10234021 Seksjon<br>Spesialrådgivning Midt |

## SAMMENDRAG

Multiconsult er engasjert av Forsvarsbygg i prosjekteringen av SØF Skyteledertårn i Porsangmoen. Oppdraget inkluderer evaluering av byggets energiytelse mot byggteknisk forskrift (TEK17). Siden byggverket skal holde en lav innetemperatur, gjelder ikke energikravene dersom energibehovet holde på ett forsvarlig nivå iht. §14-1, 4. ledd.

I dette prosjektet er det lagt til grunn en temperatur i tårnet på  $\leq 13$  °C. Det er derfor utarbeidet en transmisjonsberegning som omfatter U-verdier og temperaturdifferanser for å bestemme isolasjonsmengder. Isolasjonsmengder blir også vurdert ut fra bygningsfysiske hensyn der det er nødvendig.

Da bygget er høyt, og vil bli utsatt for mye vind, er det anbefalt at det er stort fokus på tetthet og tettedetaljer. Det bør tilstrebes så lavt lekkasjetall som mulig.

**Basert på de forutsetningene som er lagt til grunn er beregnet transmisjonstap tilfredsstillende lavt iht. Byggteknisk forskrift.**

**Notatet er utarbeidet som grunnlag for entreprise.**

|      |            |                                                    |               |                    |                    |
|------|------------|----------------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|
| 00   | 05.05.2023 | Energiberegninger som underlag for totalentreprise | Ane Mossing   | Jan Ivar Rønningen | Jan Ivar Rønningen |
| REV. | DATO       | BESKRIVELSE                                        | UTARBEIDET AV | KONTROLLERT AV     | GODKJENT AV        |

## Innholdsfortegnelse

|     |                                 |   |
|-----|---------------------------------|---|
| 1   | Innledning .....                | 3 |
| 2   | Beregningsforutsetninger .....  | 4 |
| 2.1 | Bygningsmessige ytelser .....   | 4 |
| 2.2 | Energiforsyning .....           | 5 |
| 3   | Beregninger og resultater ..... | 6 |
| 3.1 | 200 mm isolering .....          | 6 |
| 3.2 | 250 mm isolering .....          | 7 |
| 4   | Oppsummering .....              | 8 |

## 1 Innledning

Multiconsult er engasjert av Forsvarsbygg for prosjekteringen av SØF Skyteledertårn i Porsangmoen. Bygget er et skyteledertårn, plassert på søyler ca. 8 m over bakken.

Totalt BRA for bygget er ca. 20 m<sup>2</sup>.



Figur 1: 3D-skisse av skyteledertårn fra ARK datert 20.03.2023.

## 2 Beregningsforutsetninger

Bygget skal holde en temperatur på 14,9 grader, og er derfor vurdert etter krav angitt i TEK17 §14-1, 4 ledd. «For bygning eller del av en bygning som skal holde lav innetemperatur, gjelder ikke energikravene dersom energibehovet holdes på et forsvarlig nivå.»

VTEK17 §14-1, 4.ledd: «Bestemmelsen gjelder for bygninger der tilsiktet temperatur er under 15 °C i oppvarmings sesongen, som for eksempel lagerhaller, idrettsbygninger, lokaler for fysisk arbeid, skipsverft, fiskeforedlingsbedrifter, slakterilokaler, sagbruks- og høvleribedrifter.

Det aktuelle arealet (bygningen eller en del av bygningen) som skal holde lav temperatur, skal innrettes slik at transmisjonsvarmetapet ved aktuell innetemperatur ikke blir større enn det som tillates i en fullt oppvarmet og fullisolert bygning, jf. § 14-2. Isolasjonsstandarden kan i slike tilfeller bestemmes ved en enkel beregning som omfatter U-verdier og temperaturdifferanser.»

Iht. Forsvarsbyggs kravspesifikasjon skal bygg generelt oppfylle passivhuskravene. For Skyteledertårnet er dette ikke lønnsomt, da bygget i hovedsak skal være temperert, og kun benyttes sporadisk. Det er likevel bestemt at minstekravene i TEK 17 §14-3 ledd 1 skal følges så langt dette er hensiktsmessig.

Arealer er basert på tegninger og IFC-modell fra ARK datert 20.03.2023.

Øvrige forutsetninger er presentert i dette kapittelet.

### 2.1 Bygningsmessige ytelser

Tabell 1 og Tabell 2 presenterer i hovedtrekk dokumenterte ytelsesnivåer for ulike bygningsdeler som ligger til grunn for energiberegningene, med beskrivelse av tilhørende oppbygging og isolasjon. Det er tatt utgangspunkt i to løsningsalternativer med henholdsvis 200 mm og 250 mm isolering.

Tabell 1: Sammenstilling av dokumenterte ytelsesnivåer for bygningsdeler med 200 mm isolering i klimaskall.

| Bygningsdel                      | Verdi                             | Forutsetninger/kommentarer                                                                                        |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| U-verdi yttervegg                | $\leq 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ | Bindingsverk, 200 mm isolasjon, $\lambda 0,035 \text{ W/(mK)}$ , $L''=3,5$ , stendertykkelse 48 mm<br>BKS 471.401 |
| U-verdi vinduer, glassfelt       | $\leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  | 3-lags ruter med energispareglass                                                                                 |
| U-verdi dør                      | $\leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  | Godt isolert dør                                                                                                  |
| U-verdi yttertak                 | $\leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ | Kompakt tak med konstruksjonstrevirke, 200 mm isolasjon, $\lambda 0,034 \text{ W/(mK)}$<br>BKS 471.013            |
| U-verdi gulv mot friluft         | $\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ | Bjelkelag av konstruksjonstrevirke, 200 mm isolasjon, $\lambda 0,034 \text{ W/(mK)}$                              |
| Normalisert kuldebroverdi        | $\leq 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ | Bærekonstruksjon i tre. Tabellverdi NS 3031 tabell A.4.                                                           |
| Lekkasjetall ved 50 Pa, $n_{50}$ | $\leq 0,6 \text{ oms/h}$          | Forutsatt verdi. Må måles ved ferdigstillelse.                                                                    |

Tabell 2: Sammenstilling av dokumenterte ytelsesnivåer for bygningsdeler med 250 mm isolering i yttervegg og tak.

| Bygningsdel                      | Verdi                             | Forutsetninger/kommentarer                                                                                          |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| U-verdi yttervegg                | $\leq 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ | Bindingsverk, 250 mm isolasjon, $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$ , $L = 3,5$ , stendertykkelse 48 mm<br>BKS 471.401 |
| U-verdi vinduer, glassfelt       | $\leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  | 3-lags ruter med energispareglass                                                                                   |
| U-verdi dør                      | $\leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  | Godt isolert dør                                                                                                    |
| U-verdi yttertak                 | $\leq 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ | Kompakt tak med konstruksjonstrevirke, 250 mm isolasjon, $\lambda = 0,034 \text{ W/(mK)}$<br>BKS 471.013            |
| U-verdi gulv mot friluft         | $\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ | Bjelkelag av konstruksjonstrevirke, 200 mm isolasjon, $\lambda = 0,034 \text{ W/(mK)}$                              |
| Normalisert kuldebroverdi        | $\leq 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ | Bærekonstruksjon i tre. Tabellverdi NS 3031 tabell A.4.                                                             |
| Lekkasjetall ved 50 Pa, $n_{50}$ | $\leq 0,6 \text{ oms/h}$          | Forutsatt verdi. Må måles ved ferdigstilling.                                                                       |

## 2.2 Energiforsyning

Det skal installeres reversibel luft til luft varmepumpe for å dekke varme- og kjølebehovet i bygget når det er i bruk. Panelovner installeres for å dekke varmebehovet den resterende tiden, altså frostfritt.

### 3 Beregninger og resultater

#### 3.1 200 mm isolering

I Figur 3-1 vises inndataene, samt arealene som er benyttet i beregningen. For å komme i mål med transmisjonsberegningen med de gitte forutsetningene i Tabell 1 ble det lagt til grunn en tilsiktet innetemperatur i bygningen på 13,0°C.

Innetemperatur, forskrift: 21 °C  
 Tilsiktet innetemperatur i bygningen: 13 °C  
 Netto oppvarmet bruksareal: 17 m<sup>2</sup>  
 Bygningskategori: småhus ☐ annen ☒ (<15 °C i småhus bare i spesielle tilfeller)

| Bygningsdel/komponent            | Aktuell bygning         |                                        | Kravgrunnlag            |                                        |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
|                                  | Areal<br>m <sup>2</sup> | U-verdi<br>(W/m <sup>2</sup> K)        | areal<br>m <sup>2</sup> | U-verdi<br>(W/m <sup>2</sup> K)        |
| yttervegg (netto)                | 21                      | 0,22                                   | 39                      | 0,18                                   |
| tak                              | 31                      | 0,17                                   | 31                      | 0,13                                   |
| gulv                             | 17                      | 0,20                                   | 17                      | 0,1                                    |
| glass, vinduer dører, porter     | 22                      | 0,82                                   | 4                       | 0,8                                    |
| glassareal / netto oppvarmet BRA | 130 %                   |                                        | 25 %                    |                                        |
|                                  |                         | Norm. k.bro-verdi (W/m <sup>2</sup> K) |                         | Norm. k.bro-verdi (W/m <sup>2</sup> K) |
| normalisert kuldebroverdi        |                         | 0,05                                   |                         | 0,07                                   |

Figur 3-1: Inndata for beregning med 200 mm isolering i klimaskall.

Figur 3-2 viser at beregnet transmisjonstap er tilfredsstillende lavt iht. krav angitt i teknisk forskrift dersom det legges til grunn en temperatur på 13,0°C.

| måned     | månedsmiddeltemp | aktuell bygning |     |      |            |            |              | "forskriftsbygning" |
|-----------|------------------|-----------------|-----|------|------------|------------|--------------|---------------------|
|           |                  | yttervegg       | tak | gulv | glass m.v. | kuldebroer | totalt (kWh) | totalt (kWh)        |
| januar    | -3,7             | 57              | 65  | 42   | 224        | 11         | 399          | 318                 |
| februar   | -4,8             | 59              | 68  | 44   | 231        | 11         | 412          | 321                 |
| mars      | -0,5             | 46              | 53  | 34   | 181        | 9          | 323          | 277                 |
| april     | 4,8              | 27              | 31  | 20   | 106        | 5          | 190          | 202                 |
| mai       | 11,7             | 4               | 5   | 3    | 17         | 1          | 31           | 120                 |
| juni      | 16,5             | 0               | 0   | 0    | 0          | 0          | 0            | 56                  |
| juli      | 17,5             | 0               | 0   | 0    | 0          | 0          | 0            | 0                   |
| august    | 16,9             | 0               | 0   | 0    | 0          | 0          | 0            | 53                  |
| september | 11,5             | 5               | 6   | 4    | 19         | 1          | 35           | 118                 |
| oktober   | 6,4              | 23              | 26  | 17   | 88         | 4          | 158          | 188                 |
| november  | 0,5              | 42              | 47  | 31   | 162        | 8          | 289          | 255                 |
| desember  | -2,5             | 53              | 61  | 39   | 208        | 10         | 371          | 302                 |
| totalt    |                  | 317             | 362 | 234  | 1236       |            | 2 207        | 2 210               |

**Beregnet transmisjonstap er tilfredsstillende lavt iht. Byggeteknisk forskrift § 14-2, tredje ledd.**

Figur 3-2: Resultat fra beregningen.

### 3.2 250 mm isolering

I Figur 3-3 vises inndataene, samt arealene som er benyttet i beregningen. For å komme i mål med transmisjonsberegningen med de gitte forutsetningene i Tabell 2 ble det lagt til grunn en tilsiktet innetemperatur i bygningen på 13,5 °C.

Innetemperatur, forskrift: 21 °C  
 Tilsiktet innetemperatur i bygningen: 13,5 °C  
 Netto oppvarmet bruksareal: 17 m<sup>2</sup>  
 Bygningskategori: småhus ☐ annen ☒ (<15 °C i småhus bare i spesielle tilfeller)

| Bygningsdel/komponent            | Aktuell bygning         |                                        | Kravgrunnlag            |                                        |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
|                                  | Areal<br>m <sup>2</sup> | U-verdi<br>(W/m <sup>2</sup> K)        | areal<br>m <sup>2</sup> | U-verdi<br>(W/m <sup>2</sup> K)        |
| ytervegg (netto)                 | 21                      | 0,18                                   | 39                      | 0,18                                   |
| tak                              | 31                      | 0,14                                   | 31                      | 0,13                                   |
| gulv                             | 17                      | 0,20                                   | 17                      | 0,1                                    |
| glass, vinduer dører, porter     | 22                      | 0,82                                   | 4                       | 0,8                                    |
| glassareal / netto oppvarmet BRA | 130 %                   |                                        | 25 %                    |                                        |
|                                  |                         | Norm. k.bro-verdi (W/m <sup>2</sup> K) |                         | Norm. k.bro-verdi (W/m <sup>2</sup> K) |
| normalisert kuldebroverdi        |                         | 0,05                                   |                         | 0,07                                   |

Figur 3-3: Inndata for beregning med 250 mm isolering i ytervegg og tak.

3-4 viser at beregnet transmisjonstap er tilfredsstillende lavt iht. krav angitt i teknisk forskrift dersom det legges til grunn en temperatur på 13,5 °C.

| måned     | månedsmiddeltemp | aktuell bygning |     |      |            |            |              | "forskriftsbygning" |
|-----------|------------------|-----------------|-----|------|------------|------------|--------------|---------------------|
|           |                  | ytervegg        | tak | gulv | glass m.v. | kuldebroer | totalt (kWh) | totalt (kWh)        |
| januar    | -3,7             | 48              | 55  | 44   | 230        | 11         | 388          | 317                 |
| februar   | -4,8             | 50              | 56  | 45   | 237        | 11         | 400          | 321                 |
| mars      | -0,5             | 39              | 45  | 36   | 187        | 9          | 316          | 276                 |
| april     | 4,8              | 24              | 27  | 21   | 113        | 5          | 190          | 201                 |
| mai       | 11,7             | 5               | 6   | 5    | 24         | 1          | 41           | 119                 |
| juni      | 16,5             | 0               | 0   | 0    | 0          | 0          | 0            | 56                  |
| juli      | 17,5             | 0               | 0   | 0    | 0          | 0          | 0            | 0                   |
| august    | 16,9             | 0               | 0   | 0    | 0          | 0          | 0            | 53                  |
| september | 11,5             | 5               | 6   | 5    | 26         | 1          | 44           | 118                 |
| oktober   | 6,4              | 20              | 23  | 18   | 95         | 4          | 160          | 187                 |
| november  | 0,5              | 35              | 40  | 32   | 168        | 8          | 284          | 255                 |
| desember  | -2,5             | 45              | 51  | 41   | 214        | 10         | 361          | 302                 |
| totalt    |                  | 272             | 309 | 246  | 1295       |            | 2 183        | 2 205               |

Beregnet transmisjonstap er tilfredsstillende lavt iht. Byggeteknisk forskrift § 14-2, tredje ledd.

Figur 3-4: Resultat fra beregningen.

## 4 Oppsummering

Basert på de forutsetningene som er lagt til grunn er beregnet transmisjonstap tilfredsstillende lavt iht. Byggteknisk forskrift § 14-1, fjerde ledd.

Basert på et kost/nytte-perspektiv anbefales det å gå for 200 mm isolering i yttervegg og tak, og beregningsmessig sette tilsiktet innnetemperatur i bygningen til 13°C. Dette anses som hensiktsmessig isolering, og vil være tilfredsstillende mtp. inneklima.

Det anbefales derimot at det legges ekstra innsats i å oppnå god lufttetthet. Forutsatt verdi for god lufttetthet er derfor angitt i energikonseptet til 0,6.