

# Varme- og fuktighetsberegninger

Haidar Hosamo

October 3, 2024

*Kilde: Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946, Byggforsk*

## Definisjoner av begreper

- **Varmegjennomgangskoeffisient (U-verdi):** U-verdi,  $U$  ( $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ ), eller varmegjennomgangskoeffisient, er et standardisert mål på hvor lett en bygningsdel slipper gjennom varme. U-verdien angir hvor mye varme som strømmer gjennom et areal på  $1 \text{ m}^2$  per tidsenhet og per grad temperaturforskjell mellom omgivelsene på hver side av bygningsdelen. Varmestrøm per tidsenhet måles i watt ( $\text{W}$ ) og temperaturforskjellen i kelvin.
- **Total varmemotstand ( $R_{\text{tot}}$ ):** Total varmemotstand,  $R_{\text{tot}}$  ( $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ), er den samlede varmemotstanden for alle sjikt i en bygningsdel, inkludert varmeovergangsmotstanden på begge sider av bygningsdelen.
- **Termisk motstand ( $R$ ):** Varmemotstanden ( $R$ ) for et materialsjikt angir hvor godt materialsjiktet isolerer mot varmegjennomgang. Det beregnes som tykkelsen av materialet delt på dets varmeledningsevne. ( $R = d/\lambda$ ).
- **Varmeledningsevne ( $\lambda$ -verdi):** Varmeledningsevnen angir hvor effektivt et materiale leder varme. Lavere  $\lambda$ -verdi betyr bedre isolasjonsevne. Dette brukes som et mål på varmetransport ved ledning og stråling i materialer.
- **Vanndamptrykk ( $p$ ):** Trykket som skyldes vanndamp til stede i luften. I byggefysikk handler det om vanndamptrykket inne i materialer eller sjikt.
- **Vanndampmotstand ( $\zeta p$ ):** Dette er en egenskap ved materialer som beskriver hvor motstandsdyktig et materiale er mot vanndampdiffusjon.
- **Forskjell i vanndamptrykk ( $\Delta p_i$ ):** Forskjellen i vanndamptrykk mellom det innvendige og utvendige sjiktet, som påvirker fukttransporten.
- **Trykk ( $P(x)$ ):** Trykket ved en gitt temperatur  $x$ , som kan brukes til å beregne relativ fuktighet ved forskjellige temperaturer.
- **Relativ fuktighet:** Prosentandelen vanndamp i luften i forhold til den maksimale mengden vanndamp som kan være til stede ved en gitt temperatur.

## Formler

### Formel 1: Beregning av U-verdi

$$U = \frac{1}{R_T} + \Delta U$$

- $U$ : Varmegjennomgangskoeffisient (U-verdi).
- $R_T$ : Total termisk motstand.
- $\Delta U$ : Endring eller tillegg i U-verdi.

### Formel 2: Temperaturforskjell innvendig

$$\Delta T_i = \frac{t_i - t_u}{R_T} \cdot R_i$$

- $\Delta T_i$ : Temperaturforskjell innvendig.
- $t_i$ : Innvendig temperatur.
- $t_u$ : Utvendig temperatur.
- $R_T$ : Total termisk motstand.
- $R_i$ : Termisk motstand på hvert sjikt.

### Formel 3: Beregning av varmeledningsevne

$$\lambda_F = \lambda_a \cdot A_a\% + \lambda_b \cdot A_b\%$$

- $\lambda_F$ : Total varmeledningsevne (lambda-verdi).
- $\lambda_a$ : Varmeledningsevne for materiale a.
- $A_a\%$ : Arealprosent for materiale a.
- $\lambda_b$ : Varmeledningsevne for materiale b.
- $A_b\%$ : Arealprosent for materiale b.

### Formel 4: Justert total termisk motstand

$$R'_T = R_{T\emptyset} = \frac{\Sigma A}{\frac{A_a\%}{R_{Ta}} + \frac{A_b\%}{R_{Tb}}}$$

- $R'_T$ : Justert total termisk motstand.
- $R_{T\emptyset}$ : Total termisk motstand for øvre verdi.
- $\Sigma A$ : Sum av arealene.
- $\frac{A_a\%}{R_{Ta}}$ : Andel av termisk motstand for materiale a.
- $\frac{A_b\%}{R_{Tb}}$ : Andel av termisk motstand for materiale b.

### Formel 5: Gjennomsnittlig termisk motstand

$$R_T = \frac{R_{TN} + R_{T\emptyset}}{2}$$

- $R_T$ : Gjennomsnittlig termisk motstand.
- $R_{TN}$ : Termisk motstand for nedre verdi.
- $R_{T\emptyset}$ : Termisk motstand for øvre verdi.

### Formel 6: Forskjell i vanndampstrykk

$$\Delta \rho_i = \frac{\rho_i - \rho_e}{\Sigma \zeta \rho} \cdot \zeta \rho_i$$

- $\Delta \rho_i$ : Forskjell i vanndampstrykk.
- $\rho_i$ : Vanndampstrykk i det innvendige sjiktet.
- $\rho_e$ : Vanndampstrykk i det utvendige sjiktet.
- $\Sigma \zeta \rho$ : Sum av vanndampmotstand.
- $\zeta \rho_i$ : Vanndampmotstand i hvert sjikt.

### Formel 7: Metningstrykk

$$P(x) = P_1 + \left( \frac{P_2 - P_1}{x_2 - x_1} \right) \cdot (x - x_1)$$

Hvor:

- $P(x)$  er trykket ved  $x$  grader Celsius.
- $P_1$  er trykket ved  $x_1$  grader Celsius (2195 ved 19 grader).
- $P_2$  er trykket ved  $x_2$  grader Celsius (2335 ved 20 grader).
- $x$  er den ønskede temperaturen (for eksempel 19.2 grader).