

EKSAMEN

Emnekode: IRB 34516	Emnenavn: Energi og Miljø i Bygg
Dato: 11.06.2019 Sensurfrist: 02.07.2019	Eksamenstid: 3 timer
Antall oppgavesider: 4 Antall vedleggsider: 2	Faglærer: Kjetil Gulbrandsen Oppgaven er kontrollert: Espen Hansen, Nordconsult
Hjelpemidler: Utdelt kalkulator og Egne Norske Standarder – NS 3031 og NS 3701 – uten tilleggsnotater	
Om eksamensoppgaven: <u>Veiledende vekting:</u> Vekting er kun orienterende for å planlegge egen arbeidstid på eksamen. <i>Dersom du mener det mangler opplysninger: <u>Gjør nødvendige antagelser og begrunn dette i besvarelsen.</u></i>	
Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig	



Oppgave 1: (ca 18%)

Ved beregning av energibruk i bygg må man hensynta internlaster.

- Ved beregning av energibruk i bygg må man ta hensyn til såkalte internlaster. Forklar hvilke energitilskudd som normalt inngår i disse internlastene.
- Vi behandler internlaster forskjellig når vi kontrollerer et bygg etter TEK 17, og når vi regner på et bygg sitt reelle energibudsjett. Forklar hvordan vi inkluderer internlaster ved disse to kontrollene.
- Du skal kontrollere effektlikevekt for et 20m² stort møterom, og kommer fram til at det er et effektoverskudd på 1 000W som må fjernes ved hjelp av ventilasjonskjøling. Beregn nødvendig tilluftstemperatur til møterommet dersom du antar at temperaturen i møterommet skal holdes på 24 grader, og luftmengden settes til 20 m³/m²h. (Tips: NS 3031 gir resten av nødvendig input.)
- Hvilke internlaster vil du legge inn ved kontroll av et slikt møterom? Begrunn svaret.
- Hva menes med romkjøling (slik det er brukt i NS 3031)?

Oppgave 2: (ca 18%)

I utgangspunktet skal ditt prosjekt kobles til fjernvarmesystemet i Fredrikstad. Du har fått i oppgave å vurdere 2 alternative valg av energikilde opp mot hverandre:

Alternativ A:

- 100% av varmebehovet dekke av fjernvarme
- Systemvirkningsgrad for fjernvarme er oppgitt til 0,85

Alternativ B:

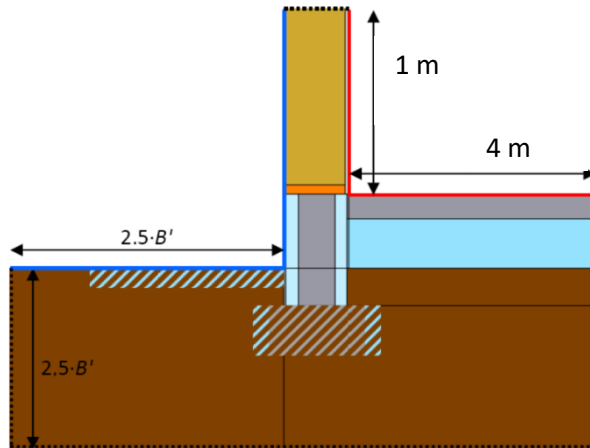
- 75% av varmebehovet dekkes av varmepumpe
- 25% av varmebehovet dekkes av el.kjel (strøm)
- Systemvirkningsgrad for varmepumpa er 3,0
- Systemvirkningsgrad for strøm er 1,0

- Hvilke energiposter inngår i begrepet «varmebehov»?
- Vis ved beregning hvor mange prosent lavere levert energi for varmebehovet blir ved overgang fra alternativ A til alternativ B. (Tips: Det er ikke nødvendig å vite varmebehovet.)
- Gjør en vurdering av CO₂-utslipp knyttet til disse 2 alternative energiforsyningene. (Du skal ikke regne i denne oppgaven. Du skal gi en kort redegjørelse.)

Oppgave 3: (18%)(kng)

En ringmursdetalj er beregnet i dataprogrammet "HEAT". Samlet varmestrøm gjennom detaljen vist under er beregnet til 15 W/m ($= L^{2D}$) gitt at:

- Innetemperaturen er 20 grader
 - Utetemperatur er 0 grader
- (Benevningen W/m er utfra at HEAT-modellen beregner pr meter langs rimmuren.)



Figur 1

- U-verdi for veggen på Figur 1 er beregnet til $0,165 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Høyden på varm veggflate er 1,0m. Se Figur 1.
- U-verdi for gulvet - eksklusive kuldebro - er beregnet til $0,100 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Varm flate for gulv på Figur 1 er 4,0m

a) Vis med figur hvor det legges adiabatisk snitt ved beregning av varmestrøm gjennom hele utsnittet vist i Figur 1. (Det vil si når varmestrømmen på 15 W ble beregnet). Tegn en enkel skisse av utsnittet i Figur 1 og angi på denne.

b) Hva blir kuldebroverdien - ψ -verdien - til denne detaljen?

c) Anta at beregnet normalisert kuldebro for hele bygget eksklusive detaljen beregnet i b) er lik $0,027 \text{ W/m}^2\text{K}$. Hva blir samlet normalisert kuldebro inklusive ringmursdetaljen dersom:

- Lengden av ringmursdetaljen i oppgave b) er 300m
- Oppvarmet BRA er $10\,000 \text{ m}^2$?

Oppgave 4: (ca 18%)

Et kontorlokale har 4 vinduer mot sør med utvendig karmmåål på $1200 \times 2100 \text{ mm}$. Beregn solinnstråling - effekten i $[\text{W}]$ - inn i lokalet en varm sommerdag i Juni i henhold til NS 3031 og med følgende forutsetninger:

- Solinnstråling antas å være 5 ganger høyere enn månedsgjennomsnittlig innstråling
- Vinduene er 3 lags glass
- Solskjerming er utvendig persienner med manuell styring
- Det er ingen skjerming fra horisont, takutstikk eller "sidevinger"

Vis beregningene.

Oppgave 5: (ca 18%)

a) Angi de 4 komponentene som inngår i et varmepumpesystem.

Kjølemedier har ulike egenskaper, og disse egenskapene bestemmer hvilken effekt det er mulig å hente ut av varmepumpa. Verktøyet for å fastlegge effekt fra varmepumpa, er et såkalt trykk/ entalpi – diagram.

- b) Hva er Entalpi et mål på, og hvilken benevning har denne størrelsen?
- c) Skisser en typisk varmepumpekrets i vedlagt trykk/ entalpi-diagram. Angi hjørnepunkt med tall, og forklar hvor i systemet de 4 delprosessene i varmepumpa foregår. (Prosessene foregår mellom hjørnepunkt.)
- d) Varmepumpen i oppgave c) benyttes som kjølemaskin om sommeren. Bruk diagram og vedlagte formler og forklar hvorfor virkningsgraden ved kjøling, $COP_{kjøling} = COP_{oppvarming} - 1,0$ under ellers identiske forhold. (Altså at COP for oppvarming på 3,5 vil gi COP for kjøling lik 2,5).

Oppgave 6: (ca 10%)

Sett opp likevektsbetingelsen som beskriver transient varmestrøm (ikke-stasjonær varmestrøm), og forklar leddene i formelen. (Beskriv med ord – ikke differensialer.)

Termodynamiske formler:

■ \dot{m}_R – massestrøm, arbeidsmedium [kg/s]

$$\dot{m}_R = \left(\frac{\dot{Q}_k}{q_k} \right) \begin{array}{l} \bullet \text{ Kjent verdi} \\ \bullet \text{ Avlest verdi} \end{array}$$

■ \dot{Q}_k – avgitt varmeeffekt, kondensator [kW]

$$\dot{Q}_k = q_k \cdot \dot{m}_R = (h_2 - h_3) \cdot \dot{m}_R$$

■ W – tilført elektrisk effekt, kompressor [kW]

$$W = w \cdot \dot{m}_R = (h_2 - h_1) \cdot \dot{m}_R$$

■ \dot{Q}_f – kjøleeffekt, fordampere [kW]

$$\dot{Q}_f = q_f \cdot \dot{m}_R = (h_1 - h_4) \cdot \dot{m}_R$$

■ Energibalanse for varmepumpen [kW]

$$\dot{Q}_k \approx \dot{Q}_f + W$$

$$COP_R = Q_L/W, \quad COP_{HP} = Q_H/W, \quad \eta_{isentropisk} = (H_{2s} - H_1)/(H_{2a} - H_1)$$

$$\dot{Q} = UA\Delta T, \quad \frac{1}{U} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{h_i} + \sum_{j=1}^M \frac{\Delta x_j}{k_j}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)}, \quad \Delta \tilde{H} = \tilde{C}_p \Delta T$$

Tabell 24

Varmeovergangsmotstander iht. NS-EN ISO 6946, (m²K/W)

Overflate	Varmestrømsretning		
	Oppover	Horisontalt ¹⁾	Nedover ²⁾
Innvendig (R _{si})	0,10	0,13	0,17
Utvendig (R _{se})	0,04	0,04	0,04

¹⁾ Horisontal gjelder varmestrømretninger ± 30° fra horisontalplanet

²⁾ Brukes også på undersiden av golvkonstruksjoner mot uoppvarmet/kald kjeller og uventilert kryperom

Vedlegg for Innlevering – Oppgave 5

