

EKSAMEN

Emnekode: IRB 34516	Emnenavn: Energi og Miljø i Bygg
Dato: 11.12.2018 Sensurfrist:	Eksamenstid: 3 timer
Antall oppgavesider: 5 Antall vedleggsider: 4, inkl. 1 s for innlevering	Faglærer: Kjetil Gulbrandsen Oppgaven er kontrollert: Espen Hansen, Norconsult AS Magnus Gevelt, Grønn Byggallianse
Hjelpemidler: Utdelt kalkulator og Kontrollerte egne Norske Standarder – NS 3031 og NS 3701	
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 10%)

Du er BREEAM AP i et prosjekt i tidligfase, og skal ha innledende møte med byggherren om ambisjoner og muligheter.

- a) Alle BREEAM-emner i manualen er delt inn på samme måte: Formål, Vurderingskriterier, Samsvarsnoter, Dokumentasjonskrav og Tilleggsinformasjon. Hvilken av disse vil du si er viktigst at du fokuserer på i dette møtet? Begrunn svaret.

Du har i forkant av møtet gjennomført første versjon av preanalysen. Resultatet er vist under:

Environmental Section	No. credits available	Initial target setting		Weighting	Initial target setting
		Credits Achieved	% credits achieved		
Management	20	18	90 %	12 %	11 %
Health & Wellbeing	19	16	84 %	15 %	13 %
Energy	27	21	78 %	19 %	15 %
Transport	9	7	78 %	10 %	8 %
Water	9	5	56 %	5 %	3 %
Materials	11	5	45 %	13,5 %	6 %
Waste	6	5	83 %	7,5 %	6 %
Land Use & Ecology	10	7	70 %	10 %	7 %
Pollution	13	11	85 %	8 %	7 %
Innovation	10	5	50 %	10 %	5 %

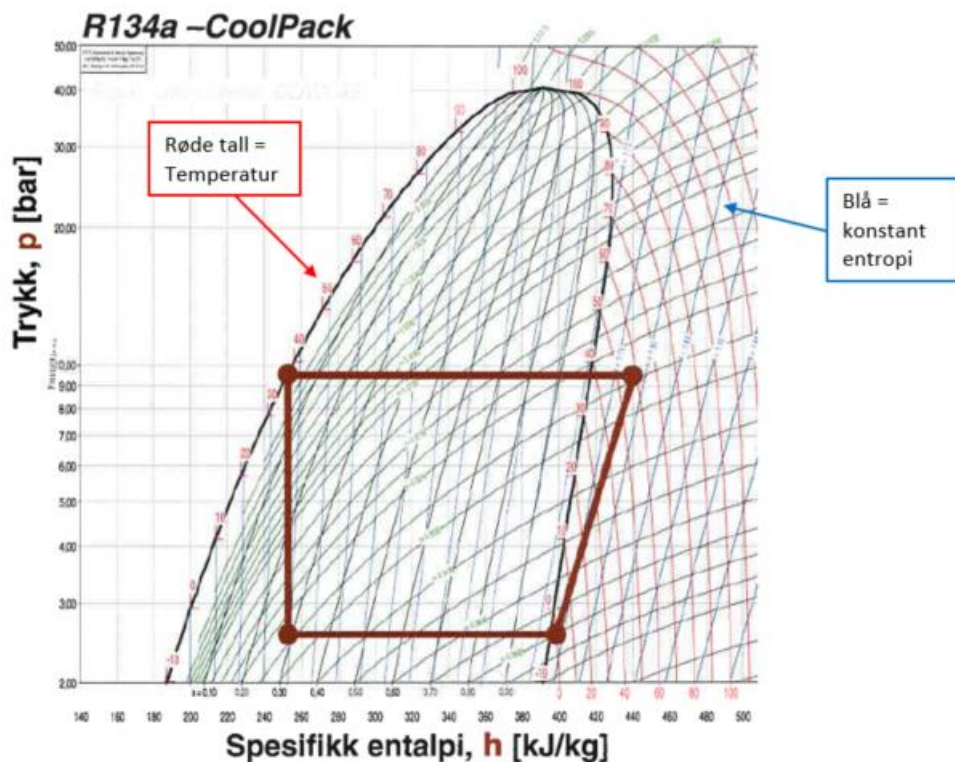
- b) Hvilket kapittel har størst betydning for total score?
- c) Hvilken klassifisering har prosjektet oppnådd i denne preanalysen? Forutsett at minstekrav er ivaretatt. Vis beregning og begrunn svaret.
- d) Prosjektet mister 2 poeng i Ene 23 fordi det viser seg at de ikke klarer pasivhuskravene. Hvor mye reduksjon i samlet %-score vil det medføre? Vis beregningen.

Oppgave 2: (ca 30%)

Ene 04 i BREEAM beskriver hvordan prosjektet kan sikre at de velger mest hensiktsmessig energiforsyning. Du skal gjennomføre en slik Ene 04-analyse og komme med anbefalinger.

Prosjektet ligger relativt nær sjøen, og både luft og sjø er aktuelle varmekilder for varmepumpe-alternativet. Under er vist trykk-entalpi kurve når energi hentes fra luft med utetemperatur på 0 grader: (Det er farger og hjelpetekst til liten skrift på vedleggene.)

- Hva er den drivende temperaturforskjellen ved varmevekslingen mellom arbeidsmediumet og luft i dette tilfellet?
- Bruk avleste entalpi-verdier gitt i vedlegg 2c) og beregn varmepumpas COP i den viste situasjonen. Vis beregningen.



- Bruk vedlegg merket 2c) og tegn inn på vedlagt figur ny trykk-entalpi prosess, og beregn COP dersom energikilden i stedet er sjøvann med $T=10$ grader.
Anta at:
 - Nødvendig temperaturdifferanse mellom energikilde og arbeidsmediumet er 5 grader.
 - Forholdene ved energiavgivelse inn til bygget er nøyaktig de samme som i oppgave 2b)
 - Kompressoren jobber med tilsvarende stigning i trykk-entalpi diagrammet som for luftalternativet (tilnærmet langs blå linjer for konstant entropi).Vis utregningen. (Alle avlesninger blir ca-tall.) Vedlegg 2c) skal leveres som en del av besvarelsen.
- SCOP er gjennomsnittlig COP for hele fyringssesongen. For sjøvannsalternativet er SCOP beregnet til 3,0 i det aktuelle temperaturområdet, mens luftbasert varmepumpe er beregnet til 2,2. Samlet varmebehov som forutsettes dekket av varmepumpe er 400 000 kWh for begge alternativene.
Hva blir forskjellen i levert energi for disse 2 alternativene? (Alle andre forhold er like.) Vis utregningen.
- Spisslast forutsettes dekket av fjernvarmetilknytning. Forklar begrepet spisslast?
- Byggeier spør deg hva som er miljøprofilen for fjernvarme. Hva vil du svare?

Oppgave 3: (ca 20%)

Massene (stein, sand, grus og leire) gir et bidrag til varmemotstand for bygningsdeler mot grunnen, og formuler i NS 3031 tar hensyn til dette.

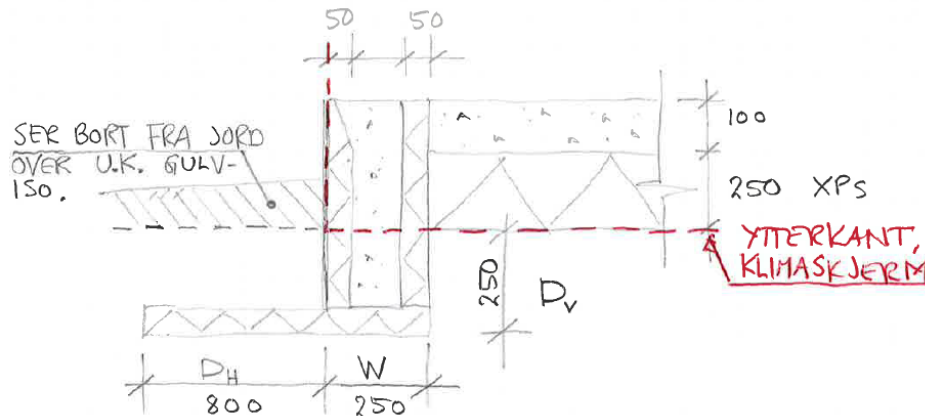
- a) Du kontrollerer beregning av U-verdi for gulv på grunn gjort av en kollega, og ser at han har brukt varmekonduktivitet for stein. Du ser imidlertid av dokumentasjonen at gulvet ligger på en 1m tykk steinfylling, mens grunnen videre nedover består av sand/ grus. Hva blir U-verdien dersom massene i stedet var bare sand/ grus?

Forutsetninger:

- U-verdi beregnet av din kollega er $0,120 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Gulvet er godt isolert, og følger ligning for $B' < d_t$

Vis utregningen. (Tips: Det er ikke behov for å anta noe om gulvets oppbygging.)

- b) Steinfyllingen i øvre sjikt vil ha betydning for varmetapet. Hva blir U-verdien dersom du antar at dybde som innvirker på varmetapet er 15m og du velger en modell med en gjennomsnittlig varmekonduktivitet?
- c) Riktig verdi vil være komplekst å bestemme. Hvilken U-verdi vil du anbefale at legges inn i Simien? Begrunn svaret.
- d) Under er vist et utdrag av eksempel regnet i timen:



Effekt av isolering utenfor ytterkant av ringmuren og under underkant av gulvisolasjonen, D_H og D_V , ivaretas av ligning (18) i NS 3031 - $\psi_{g,e}$. Hva blir fortegnet på denne kuldebroverdien? Begrunn svaret. (Du skal ikke regne i denne oppgaven.)

- e) Ligning (14) i NS3031 viser at varmetap gjennom grunnen består av et stasjonært og et dynamisk ledd. Forklar hvorfor det dynamiske leddet ikke har betydning for årlig varmetap gjennom gulvet.
- f) Under er gitt en liste over momenter som er viktig for varmetapet fra 1. etasje mot en underliggende parkeringskjeller. Hvilket viktig moment som påvirket varmetapet fra 1. etasje er det som mangler i denne lista?
- Bidrag fra grunnen under gulvet
 - Isolering av gulvet
 - Grunnen utenfor kjellerveggene
 - Isolering av kjellerveggene

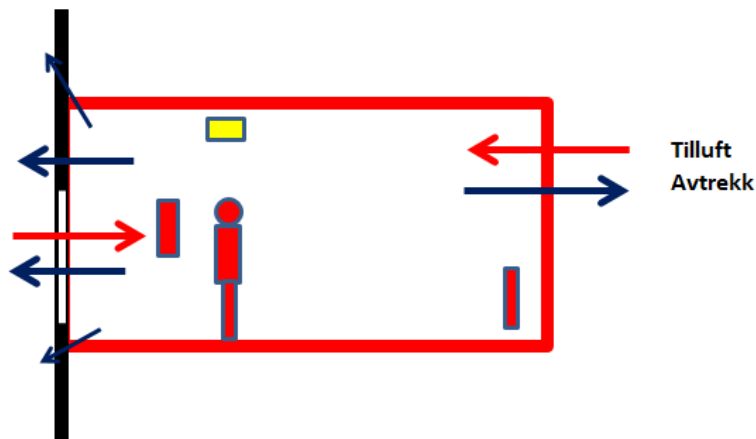
Begrunn svaret.

Oppgave 4: (ca 25%)

- a) Fukt gjennom bygningsdeler oppstår enten på grunn av vanndampdiffusjon eller fuktkonveksjon. Hva er drivkraften for disse 2 prosessene?
- b) Gi eksempel på når disse 2 drivkreftene kan bli spesielt store for en bygningsdel, og dermed øke risiko for fuktrelaterte skader. (Altså et eksempel for hver av de 2.)
- c) En stall har store problemer med kondens. Spesielt i forbindelse med overlys. Beregn RF i lufta i stallen [g/m^3] en typisk januardag gitt følgende opplysninger:
- 25 hester i stallen
 - Fuktilskudd: 260 g/time pr hest
 - Ventilasjonsvolum: 1 500 m^3/time
 - Gjennomsnittlige uteforhold: $T = -2$ og $\text{RF} = 90\%$
 - Gjennomsnittlige inneforhold: $T = 8$
- d) Beregn overflatetemperaturen i taket, på overlysets underside, og bestem hvor høy RF i lufta kan være før kondens oppstår. Legg til grunn at:
- U-verdi for overlys = 3,0 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
 - Overgangsmotstand, $R_{\text{si}} = 0,10 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Vis beregningen, og kommentér resultatet.

Oppgave 5: (ca 15%)



Figur: Energibalanse i rom

(Rom over, under og på siden holder samme temperatur som betraktet rom.)

- a) Hva er gjennomsnittlig solinnstråling (strålingsfluks W/m^2) på sørfasaden for et bygg i Oslo i juni?
- b) Figuren over viser poster som inngår i varmembalansen for et rom. For oppgave b) antar vi at rommet er i termisk likevekt når temperaturen for tilluften er lik romtemperaturen (ventilasjon påvirker altså ikke romlikevekten). NS 3701 – Passivhus standarden – setter krav til varmetapstall uten ventilasjonstap, $H_{tr,inf}$ [$\text{W}/\text{K}\cdot\text{m}^2$]. Beregn $H_{tr,inf}$ for dette rommet gitt at:

- Samlet varmetilskudd fra personer, lys og utstyr er beregnet til $15 \text{ W}/\text{m}^2$
- Solinnstrålingen er beregnet til 150 W
- Ingen varmetilskudd fra varmekilde i rommet
- Utetemperatur = 0 grader
- Romareal = 20 m^2

(Tips: Du trenger ingen andre opplysninger om bygningsdelers oppbygging. Likevekt er cluet.)

- c) Anta at rommet i stedet har mekanisk avtrekk, og at tilluften hentes direkte gjennom yttervegg. Hvor mye effekt må tilføres via varmekilde i rommet i denne situasjonen når luftskifte er $6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$? Anta at alle øvrige betingelser er som i oppgave b). (Tips: Varmekapasiteten til luft finner du i NS 3031.)

Termodynamikk:

■ \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]

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

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

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

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

BREEAM:

BREEAM-klassifisering	Poengsum i %
OUTSTANDING	≥ 85
EXCELLENT	≥ 70
VERY GOOD	≥ 55
GOOD	≥ 45
PASS	≥ 30
UKLASSIFISERT	< 30

Bygningsfysikk:

$$v_{inne} = v_{ute} + \frac{G}{n \cdot V} = v_{ute} + \Delta v \quad (\text{g/m}^3)$$

v_{inne} = resulterende fuktinnhold i inneluft

v_{ute} = fuktinnhold i uteluft

G = total fuktproduksjon (g/h) dvs tilført hele volumet

V = totalt luftvolum

n = antall luftvekslinger pr. time (h⁻¹) for betraktet volum (kan være f.eks. et bad)

$$R = d/\lambda$$

$$U\phi = U_a \cdot A_a + U_b \cdot A_b$$

$$R = 1/U$$

d	Tykkelse på sjikt
λ	Varmeledningsevne, materialkonstant
$R = d / \lambda$	Varmemotstand
$\Delta T = (T_i - T_e) \cdot R(\text{sjikt}) / R(\text{total})$	Temperaturforskjell over sjiktet
$T(\text{grensesnitt}) = T_i - \sum \Delta T(\text{innenfor})$	Temperatur i overgang mellom 2 sjikt
δ	Vanndamppermeabilitet, materialkonstant. Tb. Tabell 4.3.5.
$Z = d/\delta$	Vanndampmotstand. Tb. Tabell 4.3.6.
$\Delta p = (p_i - p_e) \cdot Z(\text{sjikt}) / Z(\text{total})$	Damtrykkforskjell over sjiktet
$p_v = p_i - \sum \Delta p(\text{innenfor})$	Damtrykk i overgang mellom 2 sjikt
p_m	Metningstrykk for vanndamp ved aktuell temperatur i overgang mellom 2 sjikt

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 varmestrømsretninger $\pm 30^\circ$ fra horisontalplanet

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

Metningstrykk, Mollier:

Temp (°C)	Metnings-trykk (N/m ²)	Fuktinnhold (g/m ³)	Temperatur (°C)	Metnings-trykk(N/m ²)	Fuktinnhold (g/m ³)	Temperatur (°C)	Metningstrykk (N/m ²)	Fuktinnhold (g/m ³)
30	4 245	30,36	10	1 228	9,40	-10	260	2,14
29	4 005	28,78	9	1 147	8,83	-11	238	1,97
28	3 780	27,24	8	1 072	8,28	-12	225	1,81
27	3 565	25,80	7	1 001	7,76	-13	199	1,66
26	3 360	24,40	6	935	7,27	-14	181	1,52
25	3 170	23,04	5	872	6,80	-15	166	1,39
24	2 985	21,80	4	813	6,37	-16	151	1,27
23	2 815	20,60	3	757	5,96	-17	137	1,16
22	2 640	19,45	2	705	5,57	-18	125	1,06
21	2 485	18,35	1	656	5,20	-19	114	0,97
20	2 335	17,29	0	611	4,84	-20	104	0,88
19	2 195	16,33	-1	563	4,48	-21	94	0,80
18	2 060	15,40	-2	517	4,13	-22	85	0,73
17	1 935	14,50	-3	475	3,82	-23	78	0,67
16	1 818	13,65	-4	437	3,52	-24	71	0,61
15	1 703	12,82	-5	402	3,24	-25	64	0,55
14	1 596	12,09	-6	368	2,99	-26	58	0,50
13	1 496	11,37	-7	338	2,75	-27	52	0,46
12	1 400	10,68	-8	310	2,53	-28	47	0,41
11	1 311	10,03	-9	284	2,33	-29	42	0,38
						-30	37	0,34