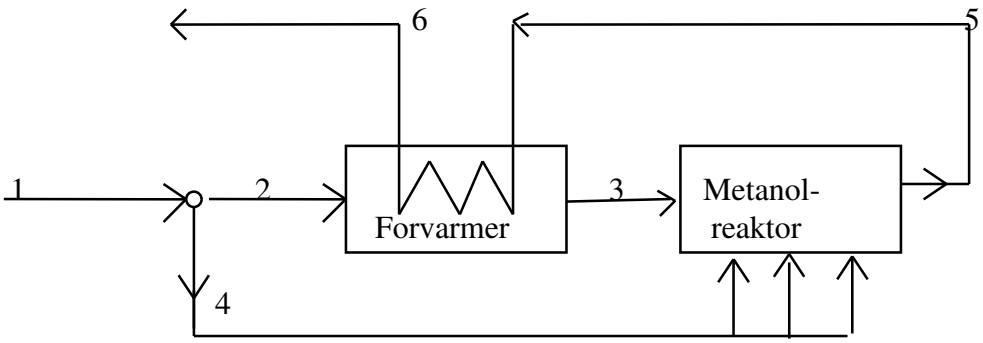
PROSESSTEKNIKK **ØVING 7**

Løsning



a) Velger basis strøm 1: $N_1 = 100$, dvs. $N_{H2,1}$ =55, $N_{CO,1} = 25$, $N_{CH4,1} = 15$ og $N_{N2,1} = 5$.
Merk at strøm 2, 3 og 4 har samme sammensetning som strøm 1.

Total omsetningsgrad for CO er gitt lik 0.2. Dette gir:

$N_{CO,5} = 25 - 0.2 \cdot 25 = 20$

dvs. reaksjonsomfanget for reaksjonen er 5 mol.

Massebalansen for de andre komponentene gir da:

$N_{CH3OH,5} = 0 + 1 \cdot 5 = 5$

$N_{H2,5} = 55 + (-2) \cdot 5 = 45$

N2 og CH4 er inertgasser og deltar ikke i reaksjonen, antall mol av disse vil derfor ikke endres gjennom prosessen, dvs. $N_{CH4,5} = 15$ og $N_{N2,5} = 5$. Totalt i strøm 5: $N_5 = 90$.

b) Midlere C_P for strøm j (i det aktuelle temperaturintervallet) er gitt ved $\frac{1}{T_j - 298} \sum_i x_{ij} \int_{298}^{T_j} c_{Pi} dT$,

hvor x_{ij} er molbrøken av komponent i, i strøm j og

$$\int_{298}^{T} c_P dT = A \cdot (T - 298) + B \cdot \frac{(T^2 - 298^2)}{2} + C \cdot \frac{(T^3 - 298^3)}{3} + D \cdot \frac{(T^4 - 298^4)}{4}$$

Her er A, B, C og D middelverdiene for hver strøm (se (2.31) i kompendiet). Vi får da etter en del regning: $C_{P3} = 31.01$ [J/mol·K] og $C_{P\,5} = 32{,}85$ [J/mol·K]

Som diskutert i forelesningene er ikke entalpi en absolutt størrelse, dvs. man kan kun evaluere entalpidifferenser. To metoder benyttes:

Metode 1: Man velger en felles basis for alle strømmene (her: elementene ved 298K). Her blir entalpien for hver strøm uavhengig av de andre.

Metode 2: Man evaluerer direkte entalpiforskjellen mellom inn- og utstrømmene, $H_{ut} - H_{inn}$, ved å betrakte entalpiendringene i en tenkt prosess der man går fra inn- til utstrøm(mer). I tilfeller med kjemisk reaksjon får man da et ledd fra "entalpi generert ved kjemisk reaksjon". Denne metoden er mye brukt ved håndberegninger.

Vi bruker her metode 2:

c) Setter at fraksjonen av str. 1 som går gjennom varmeveksleren (forvarmeren) er α (str. 2/3). Energibalansen rundt reaktoren (med Q=0, $W_f = 0$) gir $H_5 - H_3 + H_4 = 0$. Vi evaluerer entalpibidragene til tenkte prosesser som tar oss fra innstrømmer (strøm 3 og 4) til utstrømmer (strøm 5):

1. Ta strøm 3 fra 500K til 298K: $\alpha \cdot 100 \cdot 0.03101 \cdot (298-500)$ [kJ]
2. Blande med strøm 4 (som allerede er ved 298K) og reagere og danne strøm 5 ved 298 K (reaksjonsomfanget er 5 mol og reaksjonsentalpien ved 298 K er -90.63 kJ/mol): $5 \cdot (-90.63)$ [kJ]
3. Ta strøm 5 fra 298 K til 550 K: $90 \cdot 0.03285 \cdot (550-298)$ [kJ]

Summen av disse entalpibidragene er 0, dvs.

$$\alpha \cdot 100 \cdot 0.03101 \cdot (298-500) + 5 \cdot (-90.63) + 90 \cdot 0.03285 \cdot (550-298) = 0 \text{ [kJ]}$$

og vi finner at $\alpha = 0.466$.

Andel av fødingen som forvarmes = <u>0.47.</u>

a) En energibalanse over totalprosessen gir $H_6 - H_1 = 0$. Vi ser på entalpibidragene til en tenkt prosess som tar oss fra strøm 1 til strøm 6:

1) Reagerer strøm 1 og danner strøm 6 ved 298K: $5 \cdot (-90.63)$ [kJ]
2) Tar strøm 6 fra 298K til T_6: $90 \cdot 0.032 \cdot (T_6 - 298)$ [kJ]

Summen av disse entalpibidragene er 0og vi finner $T_6 = 455$ K.

<u>Temperaturen i strøm 6 er $T_6 = 455$ K</u>

La oss også prøve Metode 1: (som selvfølgelig gir samme svar).

c) Beregner de absolutte entalpiene:

$$H_j = \sum N_{i,j} \cdot (\Delta_f h_i + \int_{298}^{T} c_{P,i} dT) = \sum N_{ij} \cdot \Delta_f h_i + N_j \cdot c_{Pj} \cdot (\bar{T_j} - 298)$$

som gir

$H_3 = \alpha \cdot [25 \cdot (-110{,}54) + 15 \cdot (-74.85) + 100 \cdot 0{,}031 \cdot (500-298)] = -3260{,}05 \cdot \alpha$ [kJ]

Tilsvarende:

$H_4 = -3886{,}25 \cdot (1-\alpha)$ [kJ]

$H_5 = -3594{,}36$ [kJ]

Energibalansen over reaktoren $H_5 = H_3 + H_4$ gir da $\alpha = 0.47$.

d) Tilsvarende uttrykker vi $H_6 = H_1$ og vi finner igjen at temperaturen i strøm 6 er $T_6 = 455$ K.

Kommentar. Vi benyttet i delspørsmål d) en gitt verdi på midlere varmekapasitet, men hvis den ikke var gitt måtte vi finne entalpien ved å integere varmekapasiteten som funksjon av temperatur, og få en 4. gradsligning som vi måtte løse for å finne T_6.