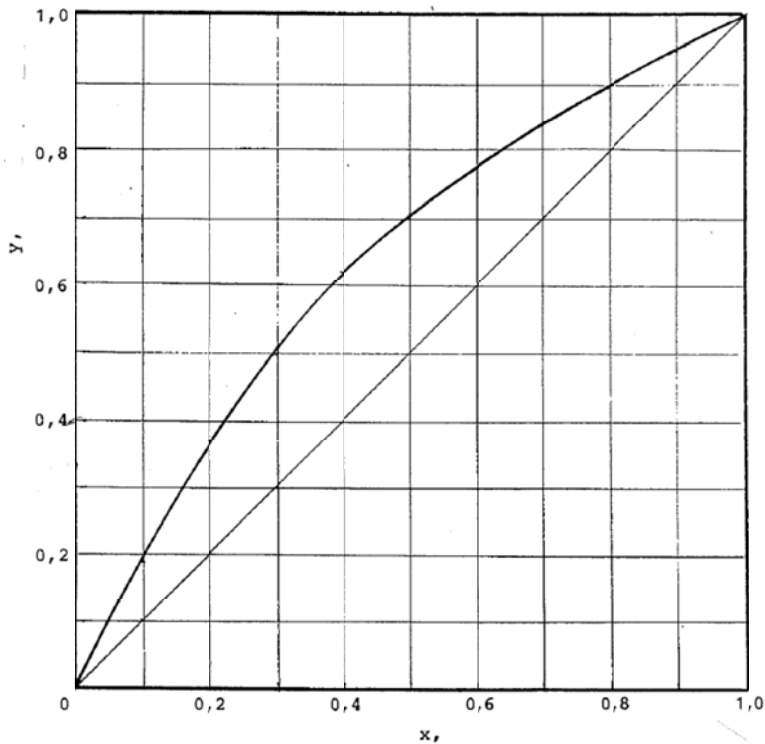


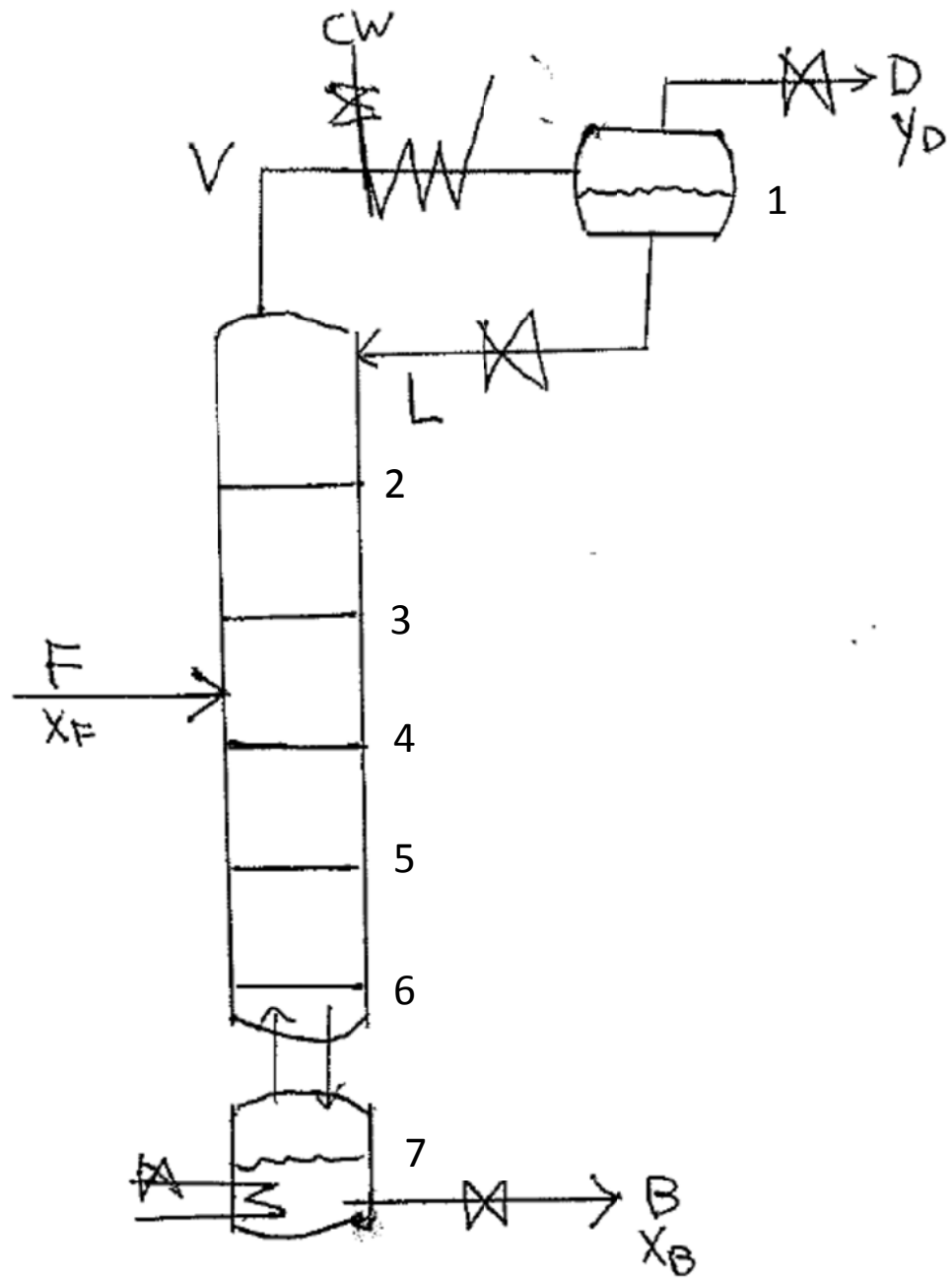
Oppgave 2. Destillasjon

En destillasjonskolonne har 7 teoretiske trinn (koker + 3 ideelle plater under føden + 2 ideelle plater over føden + partiell kondensator). Føden på 10 kmol/h er en binær mettet væske med $x_F=0.5$ (molfraksjon A). Kolonnen opererer ved 2 atm, og xy-likevektsdata ved 2 atm er gitt på figuren.

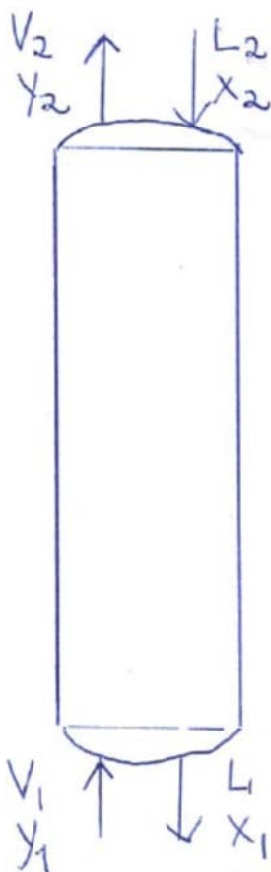
Driftspesifikasjoner: Det er gitt av topp-produktet (D) skal ha $y_D=0.90$ (molfraksjon A) og at det molare forholdet mellom væske og gass i øvre del av kolonnen skal være $L/V=0.86$.

- (a) (i) Bestem molfraksjonen x_B av komponent A i bunnproduktet og finn mengden destillat D og bunnprodukt B [kmol(h)].
- (ii) Hvordan endres svaret om føden flyttes ett trinn ned (slik at det er 3 ideelle plater over føden)?
- (b) Regulering (kan gjøres uavhengig): Foreslå en reguleringsstruktur som er i tråd med driftsspesifikasjonene (Hva er MV'er, CV'er og foreslåtte parring(er)?)





Oppgave 3. Absorpsjon



$$\frac{y_1 - y_1^*}{y_2 - y_2^*} = A^N \quad (1)$$

$$A = \frac{LN}{m} \quad (2)$$

$$A = \frac{y_1 - y_2}{y_1^* - y_2^*} \quad (3)$$

Forbrenningsgassen (V_1) fra et kullfyrt kraftverk er på 3000 mol/s (84 kg/s) ved 1 bar og inneholder 0.2 mol% SO_2 ($y_1=0.002$). Vi ønsker å fjerne minst 95% av SO_2 'en ($y_2 < 0.0001$) ved absorpsjon med 90000 mol/s (1600 kg/s) sjøvann ($x_2=0$) ved 25 C; se figur.

Likevektsdata (Henry's konstant for SO_2 i vann; $p_{\text{SO}_2} = Hx$ der x er molfraksjon SO_2): $H=115$ bar (50C), $H=46$ bar (25C), $H=22$ bar (5C).

- Selv med en stor kolonne (med et stort antall teoretiske trinn, N) oppnås ikke ønsket spesifisering på SO_2 . Kan du forklare hvorfor? Hva er fraksjonen SO_2 (y_2) i utgassen dersom du antar en meget stor kolonne ($N \rightarrow \infty$)?
- For å fjerne mer SO_2 foreslå det å bygge en kolonne til, dvs. utgassen (y_2) sendes til en annen identisk absorpsjonskolonne (som også har 90000 mol/s med sjøvann og mange trinn). Lag et flytskjema av den foreslåtte prosessen med to kolonner. Hjelper dette? Hva er fraksjonen SO_2 (y_2') etter den andre absorpsjonskolonnen når du antar en meget stor kolonne ($N \rightarrow \infty$)?

(c) Istedet for å bygge en kolonne til, er følgende modifikasjoner av den opprinnelige designen med en kolonne foreslått:

- a. Øke sjøvannsmengden med en faktor 2.
- b. Redusere temperaturen fra 25C til 5C.
- c. Øke trykket fra 1 bar til 2 bar.

Vil noen av disse endringen gi alseptabel SO₂-fjerning? Hvilken av endringene vil du anbefale?

(d) For beregningene i delspørsmål (c) kan du om ønskelig bruke Kremser-ligningen (1) gitt i figuren med N=10.

- a. Hvilke antagelser ligger bak ligning (1)?
- b. Hvordan er y_1^* og y_2^* definert?
- c. A is definert i (2), men er også gitt av (3). Bruk et y-diagram med inntegnet driftslinje og likevektskurve (McCabe-Thiele) til å bevise at (3) er riktig.

Problem 2. Distillation

A distillation column has 7 theoretical stages (reboiler + 3 ideal plates below the feed + 2 ideal plates over the feed + partial condenser). The feed is 10 kmol/h and is a binary saturated liquid with $x_F=0.5$ (mole fraction A). The column operates at 2 atm, and the xy equilibrium data at 2 atm is given in the figure.

Operation specifications: The top product (D) should have $y_D=0.90$ (mole fraction A) and the molar liquid to vapor ratio in the upper part of the column should be $L/V=0.86$.

- (a) (i) Find the mole fraction x_B of component A in the bottom product and find the amount of desitillate D and bottom product B [kmol(h)].
(ii) How does the answer change if the feed is moved one stage down (so that there are 3 ideal plates above the feed)?
- (b) Control (can be done independently): Suggest a control structure which satisfies the operation specifications. (What are the MVs, CVs and suggested pairings?)

Problem 3. Absorption

The flue gas (V_1) from a coal power plant is 3000 mol/s (84 kg/s) at 1bar and contains 0.2 mol% SO₂ ($y_1=0.002$). We want to remove at least 95% of the SO₂ ($y_2<0.0001$) by absorption with 90000 mol/s (1600 kg/s) of sea water ($x_2=0$) at 25 C (wet scrubbing); see the Figure.

Equilibrium data (Henry's constant for SO₂ in water; $p_{SO_2} = Hx$ where x is mole fraction of SO₂):
H=115 bar (50C), H=46 bar (25C), H=22 bar (5C).

- (a) Even with a large column (with a large number of equilibrium stages, N) one was not able to reach the specification. Can you explain why? What is the SO₂ contents (y_2) in the exit gas if you assume a very large column ($N \rightarrow \infty$)?
- (b) To remove more SO₂, it is suggested build an additional column, that is, the exit gas (y_2) is send to a second identical absorption column (which also has 90000 mol/s of sea water and a large number of stages). Make a flowsheet of the proposed process. Does this help? What is the SO₂ contents (y_2') after the second absorption column with a large column ($N \rightarrow \infty$)?
- (c) Instead of building a second column, the following modifications for the original design have been suggested:
 - a. Increase the sea water flow by a factor 2
 - b. Decrease the temperature from 25C to 5C.
 - c. Increase the pressure from 1 bar to 2 bar

Would any of these modifications give acceptable SO₂ removal? Which modification would you suggest?

- (d) For calculations in part (c) you may use the Kremser equation (1) given in the figure with $N=10$.
 - a. What are the assumptions behind equation (1)?
 - b. How are y_1^* and y_2^* defined?
 - c. A is defined by (2), but it is also given by (3). Use an xy-diagram with operation line and equilibrium line (McCabe-Thiele) to prove that (3) is correct.