

JEN

Seksj.avd. N-div.	Tegning nr.	Vedr.
Datum 17.4.67	Sign. IS/GJ.	Løselighet av kullsyre i vann - trykkavhengighet. Utledning av ny formel (Se ber. 1F 1514)
Art.	Gruppe 5/61, 5/77	

1. Resymé

På basis av de oppgitte data fra Stahl og  $\lambda$ -verdiene (se ber. 1514), utledes en forenklet formel for kullsyrens løselighet som gir resultater identiske med oppgavene fra Stahl.

2. Utvikling av ny formel for løseligheten

.. Det er nærliggende å anta at  $\lambda$ -verdiene er utledet fra Bunsens absorpsjonskoeffisient,  $\alpha_B$ , eventuelt korrigert for målte avvik.  $\lambda$ -verdiene varierer nemlig med temperaturen på tilsvarende måte som  $\alpha_B$ . Kunne derfor  $\alpha_B$  elimineres i uttrykket for kullsvrens løselighet:

$$\alpha = \alpha_B + (20-t_1) \cdot 3 \cdot 10^{-4} - \lambda_{CO_2} \quad (2) \quad (\text{Ber. 1B 1514})$$

ville kun én tabellarisk størrelse inngå i uttrykket, og følgelig representere en ønsket forenkling.

Forholdet mellom  $\alpha_B$  og  $\lambda$  er svakt stigende med temperaturen, fra  $k_5 = \frac{\alpha_B}{\lambda} = 139,7$  ved 5°C til  $k_{20} = 161,9$  ved 20°C. Velges som et middeltall  $k_m = 150$ , fås følgende beregnede  $\lambda$ -verdier:

<u>k = 150</u>	5°C	10°C	15°C	20°C
$\lambda^{1.10^{-3}}$ :	9,49	7,96	6,79	5,84
<u>k=100</u>				
$\lambda^{1.10^{-3}}$ :	14,24	11,94	10,19	8,78
Stahl: $\lambda \cdot 10^{-3}$ :	10,19	8,19	6,67	5,42

k = 150 gir for lave verdier ved 5 og 10°C, for høve ved 15 og 20°C. Tilsvarende sees at k = 100 gjennomgående gir for høve verdier. I tabell 1 (bilag 1) er videre gjengitt beregnede  $\lambda$ -verdier for k-verdier mellom 100 og 150. Med unntak for k = 140 ved 5°C gir disse forholdene alle for høve verdier.

Det prøves derfor videre med å innføre en konstant

Seksj.avd. N-div.	Tegning nr.	Vedr.
Datum 17.4.67	Sign. IS:GJ	Gruppe
All.	Art.	

korreksjon på  $\alpha_B$ , nemlig  $\alpha_B - A$ . Vi får da følgende uttrykk for  $\lambda = \frac{\alpha_B - A}{k}$  eller uttrykt  $A = \alpha_B - k \cdot \lambda$ . Dersom nå  $\lambda$  er utledet fra  $\alpha_B$  på antatte måte, bør  $A$  være konstant ved en passende  $k$ -verdi. I tabell 2 (bilag 1) er  $A$  utregnet for  $k$ -verdier mellom 100 og 150,  $\lambda$ -verdiene er tatt fra tabell 2 beregning 1B 1514. For  $k = 120$  og større, er  $A$ -verdiene stigende med temperaturen, for  $k = 110$  og mindre fallende. Den søkte  $k$ -verdien skulle derfor ligge et sted mellom 110 og 120. Ved  $k = 115$  fås følgende  $A$ -verdier:

5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
A = 0,252	0,252	0,252	0,255	0,255	0,253

Ved  $k = 115$  er følgelig  $A$  konstant tilnærmet lik 0,252 og  $\lambda$ -verdiene er utledet fra  $\alpha_{\text{Bunsen}}$  som antatt.

Vi fører uttrykket for  $\alpha_B = k \cdot \lambda + A$  inn i formel (1) beregning 1B 1514:

$$\alpha = x_B - \lambda p_{\text{CO}_2} = k \lambda + A - \lambda p_{\text{CO}_2} = \lambda (k - p_{\text{CO}_2}) + A$$

som med de funne tallverdier for konstantene gir:

$$\alpha = \lambda (115 - p_{\text{CO}_2}) + 0,252 \quad (3)$$

Når denne formel brukes, finnes følgende verdier for løseligheten:

Part.trykk atm.	5°C	10°C	20°C
1	1.414	1.186	0.870
5	6.865	5.765	4.241
10	13.220	11.120	8.211
20	24.401	20.601	15.338

Sammenholdt med dataene i tabell I, Beregning 1B1514, ser vi at resultatene er temmelig identiske med formel I:  $\alpha = \alpha_B - \lambda p_{\text{CO}_2}$  ved 5 og 10°C, og overensstemmelsen med Stahls verdier dårligere enn formel II fra 1B 1514. Vi forsøker derfor med  $A = 0,255$  som i alle fall skulle forbedre overens-

Seksj. avd. N-div.	Tegning nr.	Vedr.
Datum IS:GJ 17.4.67	Sign. Gruppe	
All.	Art.	

stemmelsen ved høyere temperaturer. Vi får følgende resultater (Stahls verdier i parentes):

Part. trykk atm.	5°C	10°C	20°C	30°C
1	1.417 -	1.189 -	0.873 -	0.663 -
5	6.880(6.880)	5.780(5.780)	4.256(4.256)	3.244(3.244)
10	13.250(13.250)	11.150(11.150)	8.241(8.241)	6.309(6.309)
20	24.461(24.461)	20.661(20.661)	15.398(15.398)	11.902(11.902)
50	45.868(45.868)	39.368(39.368)	30.365(30.365)	24.385(24.385)

Resultatene er altså identiske med de av Stahl oppgitte verdier.

#### Konklusjon:

Følgende formel for kullsyrens løselighet gir identiske resultater med Stahls oppgitte tall og erstatter formel (2) i beregning 1B 1514:

$$\alpha = A (115 - p_{CO_2}) + 0,255 \text{ Nm}^3 \text{ CO}_2 / \text{m}^3 \text{ atm.} \quad (4)$$

Oslo, den 17. april 1967

I. Skogestad

Tabell 1  
-----

Beregnete  $\lambda$ -verdier,  $\lambda^1 = \frac{\alpha_B}{k}$

	5°C	10°C	15°C	20°C
k = 140 gir $\lambda^1 \cdot 10^{-3}$ :	10,17	8,53	7,28	6,27
k = 130 " " :	10,95	9,18	7,84	6,75
k = 120 " " :	11,87	9,95	8,49	7,31
k = 110 " " :	12,95	10,85	9,26	7,98

Tabell 2  
-----

A =  $\alpha_B - k \cdot$   
=====

	5°C	10°C	15°C	20°C
k = 150 gir A =	-0,105	-0,029	0,018	0,065
k = 140 " " =	-0,003	0,047	0,085	0,119
k = 130 " " =	0,102	0,129	0,152	0,173
k = 120 " " =	0,201	0,211	0,219	0,228
k = 110 " " =	0,303	0,293	0,285	0,282
k = 100 " " =	0,460	0,375	0,352	0,336