KOMPENDIUM
I AGRONOMISK HYDROTEKNIK

TABELLER OCH KOMMENTARER

SIGVARD ANDERSSON

STENCILTRYCK NR 20

INSTITUTIONEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK
UPPSALA 1952

Institutionen för lantbrukets hydroteknik delger bl. a. i sin tidskrift *Grundförbättring* resultat från institutionens olika verksamhetsgrenar. Allt material blir emellertid inte föremål för tryckning. Undersökningsresultat av preliminär natur och annat material som av olika anledningar ej ges ut i tryck delges ofta i stencilerad form. Institutionen har ansett det lämpligt att redovisa dylikt material i form av en i fri följd utarbetad serie, benämnd stenciltryck. Serien finns endast tillgänglig på institutionen och kan i mån av tillgång erhållas därifrån.

Adress: Institutionen för lantbrukets hydroteknik, *Uppsala 7*

Stenciltryck

Nr	År	Författare och titel
1—12		Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson. Redogörelse för resultaten av täckdikningsförsöken åren 1951—1962.
13—15		Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson, Waldemar Johansson. Resultat av täckdikningsförsök och bevattningsförsök åren 1963—1965.
16	1940	Gunnar Hallgren. Dalgångarna Fyrisån-Östersjön; några hydrotekniska studier.
17	1942	Gunnar Hallgren. Om sambandet mellan grundvattenståndet och vattennivån i en recipient.
18	1943	Gunnar Hallgren. Om sambandet mellan nederbörd och skördeavkastning.
19	1952	Sigvard Andersson. Kompedium i agronomisk hydroteknik. Elementär hydromekanik.
20	1952	Sigvard Andersson. Kompendium i agronomisk hydroteknik. Tabeller och kommenarer.

Institutionen för agronomisk hydroteknik
Kungl. lantbrukshögskolan

KOMPENDIUM I AGRONOMISK HYDROTEKNIK

Tabeller med kommentarer och exempel

till

Kompendium i elementär hydromekanik

av

Sigvard Andersson

Uppsala 1952

INNEHÅLLSFÖRTECKNING.

Tabell I. Friktionsförluster i järnrörsledningar. Sambandet mellan rördiameter D, vattenhastighet v, vattenmängd q samt förlusthöjd h_f per 100 m rak ledning.

$$h_f = \left(0.02 + \frac{0.0018}{\sqrt{v \cdot D}}\right)\frac{100}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{0.1019}{D} \cdot v^2 + \frac{0.009174}{D\sqrt{D}} v\sqrt{v} \quad \text{(Langs formel).}$$

Vattnets hastighet i m/s	Diameter D i mm: 10	15	20	25	32	40	50	70	80	90	100	125	150	200	250
0.30	$\frac{2.42}{1.41}$	$\frac{1.43}{3.18}$	$\frac{0.99}{5.66}$	$\frac{0.75}{8.84}$	$\frac{0.55}{14.5}$	$\frac{0.42}{22.6}$	$\frac{0.32}{35.4}$	$\frac{0.21}{69.3}$	$\frac{0.18}{90.5}$	$\frac{0.16}{115}$	$\frac{0.15}{141}$	$\frac{0.11}{221}$	$\frac{0.07}{318}$	$\frac{0.06}{566}$	$\frac{0.05}{884}$
0.40	$\frac{3.95}{1.88}$	$\frac{2.35}{4.24}$	$\frac{1.64}{7.54}$	$\frac{1.33}{11.8}$	$\frac{0.91}{19.3}$	$\frac{0.70}{30.2}$	$\frac{0.53}{47.1}$	$\frac{0.36}{92.4}$	$\frac{0.31}{121}$	$\frac{0.27}{153}$	$\frac{0.24}{188}$	$\frac{0.18}{294}$	$\frac{0.15}{421}$	$\frac{0.11}{754}$	$\frac{0.08}{1178}$
0.50	$\frac{5.79}{2.36}$	$\frac{3.47}{5.30}$	$\frac{2.42}{9.43}$	$\frac{1.84}{14.7}$	$\frac{1.36}{24.1}$	$\frac{1.04}{37.7}$	$\frac{0.80}{58.9}$	$\frac{0.54}{115}$	$\frac{0.46}{151}$	$\frac{0.40}{191}$	$\frac{0.36}{236}$	$\frac{0.28}{368}$	$\frac{0.23}{530}$	$\frac{0.16}{943}$	$\frac{0.13}{1473}$
0.60	$\frac{7.93}{2.83}$	$\frac{4.77}{6.36}$	$\frac{3.34}{11.3}$	$\frac{2.55}{17.7}$	$\frac{1.89}{29.0}$	$\frac{1.45}{45.3}$	$\frac{1.12}{70.7}$	$\frac{0.75}{139}$	$\frac{0.65}{181}$	$\frac{0.57}{229}$	$\frac{0.50}{283}$	$\frac{0.39}{442}$	$\frac{0.31}{636}$	$\frac{0.23}{1131}$	$\frac{0.18}{1767}$
0.70	$\frac{10.4}{3.30}$	$\frac{6.25}{7.42}$	$\frac{4.40}{13.2}$	$\frac{3.36}{20.6}$	$\frac{2.50}{33.8}$	$\frac{1.92}{52.8}$	$\frac{1.48}{82.5}$	$\frac{1.00}{162}$	$\frac{0.86}{211}$	$\frac{0.74}{267}$	$\frac{0.67}{330}$	$\frac{0.52}{515}$	$\frac{0.43}{742}$	$\frac{0.31}{1320}$	$\frac{0.24}{2062}$
0.80	$\frac{13.1}{3.77}$	$\frac{7.92}{8.48}$	$\frac{5.58}{15.1}$	$\frac{4.27}{23.6}$	$\frac{3.18}{38.6}$	$\frac{2.45}{60.3}$	$\frac{1.89}{94.3}$	$\frac{1.29}{185}$	$\frac{1.11}{241}$	$\frac{0.97}{305}$	$\frac{0.86}{377}$	$\frac{0.67}{589}$	$\frac{0.55}{848}$	$\frac{0.40}{1508}$	$\frac{0.31}{2356}$
0.90	$\frac{16.1}{4.24}$	$\frac{9.77}{9.54}$	$\frac{6.90}{17.0}$	$\frac{5.28}{26.5}$	$\frac{3.94}{43.4}$	$\frac{3.04}{67.9}$	$\frac{2.35}{106}$	$\frac{1.60}{208}$	$\frac{1.38}{271}$	$\frac{1.21}{344}$	$\frac{1.07}{424}$	$\frac{0.84}{663}$	$\frac{0.68}{954}$	$\frac{0.50}{1697}$	$\frac{0.39}{2651}$
1.00	$\frac{19.4}{4.71}$	$\frac{11.8}{10.6}$	$\frac{8.34}{18.9}$	$\frac{6.40}{29.5}$	$\frac{4.78}{48.3}$	$\frac{3.70}{75.4}$	$\frac{2.86}{118}$	$\frac{1.95}{231}$	$\frac{1.68}{302}$	$\frac{1.47}{382}$	$\frac{1.31}{471}$	$\frac{1.02}{736}$	$\frac{0.84}{1060}$	$\frac{0.61}{1885}$	$\frac{0.48}{2945}$
1.25	$\frac{28.8}{5.89}$	$\frac{17.6}{13.3}$	$\frac{12.5}{23.6}$	$\frac{9.61}{36.8}$	$\frac{7.21}{60.3}$	$\frac{5.59}{94.3}$	$\frac{4.33}{147}$	$\frac{2.97}{289}$	$\frac{2.56}{377}$	$\frac{2.25}{477}$	$\frac{2.00}{589}$	$\frac{1.56}{920}$	$\frac{1.28}{1325}$	$\frac{0.94}{2357}$	$\frac{0.74}{3682}$
1.50	$\frac{39.8}{7.07}$	$\frac{24.5}{15.9}$	$\frac{17.4}{28.3}$	$\frac{13.4}{44.2}$	$\frac{11.1}{72.4}$	$\frac{7.84}{113}$	$\frac{6.09}{177}$	$\frac{4.19}{346}$	$\frac{3.63}{452}$	$\frac{3.17}{573}$	$\frac{2.83}{707}$	$\frac{2.22}{1104}$	$\frac{1.92}{1591}$	$\frac{1.34}{2828}$	$\frac{1.05}{4418}$

Forts. på tab. I.

Vattnets hastighet i m/s	Diameter D i mm														
	10	15	20	25	32	40	50	70	80	90	100	125	150	200	250
1.75	52.4 / 8.25	32.4 / 18.6	23.1 / 33.0	17.9 / 51.5	13.4 / 84.4	10.5 / 132	8.60 / 206	5.61 / 404	4.84 / 528	4.25 / 668	3.79 / 825	2.98 / 1288	2.45 / 1855	1.80 / 3299	1.42 / 5154
2.00	66.7 / 9.42	41.3 / 21.2	29.6 / 37.7	22.9 / 58.9	17.3 / 96.5	13.4 / 151	10.5 / 236	7.23 / 462	6.24 / 603	5.49 / 763	4.90 / 942	3.85 / 1472	3.17 / 2120	2.32 / 3770	1.84 / 5891
2.50	100 / 11.9	62.2 / 26.5	44.7 / 47.1	34.7 / 73.6	26.2 / 121	20.5 / 189	16.0 / 295	11.1 / 577	9.57 / 754	8.42 / 954	7.52 / 1178	5.92 / 1341	4.86 / 2651	3.59 / 4713	2.84 / 7364
3.00	139 / 14.1	87.1 / 31.8	62.7 / 56.6	48.7 / 88.4	36.9 / 145	28.9 / 226	22.6 / 354	15.7 / 693	13.6 / 905	12.0 / 1145	10.7 / 1414	8.42 / 2209	6.94 / 3181	5.12 / 5656	4.05 / 8836
För	Tryckförluster angivna i ekvivalenta längder rakt rör (m)														
Språng 45°				0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3		0.4	0.5	0.6		
Knäröر				0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.6		0.8	0.9	1.2		
Vinkel				0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1		1.5	1.9	2.3		
Botten- eller mellanventil				16	17	18	21	23	25		29	33	37		

KOMMENTARER OCH EXEMPEL TILL TABELL I.

Tabellen är beräknad med hjälp av Langs formel, som för underlättandet av beräkningarna transformerats till formen

$$h_f = \frac{0.1019}{D} v^2 + \frac{0.009174}{D\sqrt{D}} v\sqrt{v}$$

där v och D betraktats som oberoende variabler. För varje kombination av vattenhastighet och rördiameter finnas två tal angivna. Det övre anger förlusthöjden (h_f) i m vattenpelare (m.v.p.) per 100 m rak ledning och det undre anger vattenföringen i liter per minut. Tabellen har kompletterats med angivandet av tryckförlusten i några speciella rörelement. Dessa tryckförluster anges i ekvivalenta längder rakt rör, d.v.s. att motståndet i t.ex. en bottenventil svarande mot diametern 80 mm är lika med motståndet i 25 m rakt rör vid rådande hastighet. Tabellens uppställning och användning belyses med några exempel.

Ex. 1. Lös exempel 3.46 med hjälp av tabellen! Exemplet lyder: Beräkna med hjälp av Langs formel tryckförlusten i en 500 m lång 2" järnrörsledning, som skall föra 100 l vatten per minut!

Lösning: Vi erhålla följande tabellutdrag för 2" = 50 mm ledning

h_f	1.89	2.35
q	94.3	106

Om vi beteckna h_f per 100 m rak ledning vid en vattenföring av 100 l/min. med x, gäller tydligen (vid lineär interpolation) ekvationen

$$\frac{2.35-1.89}{106-94.3} = \frac{x-1.89}{100-94.3}$$

varav

$$x = 1.89 + \frac{0.46 \cdot 5.7}{11.7} = 1.89+0.224 = 2.114$$

eller per 500 m ledning

$$\frac{500 \cdot 2.114}{100} = 10.57$$

Svar: Tryckförlusten är 10.6 m v.p.

Ex. 2. En bevattningsanläggning består av två stycken regntuber vardera med en kapacitet på 320 l/min. Regntuberna äro inkopplade medelst var sin sidoledning, så att deras sammanlagda avstånd från huvudledningen är 250 m. Normalt är samtidigt ungefär 150 m huvudledning inkopplad. Beräkna friktionsförlusterna i ledningssystemet, om sidoledningarnas dimension är 75 mm och huvudledningens dimension är 100 mm.

Lösning: För h_f i sidoledningarna erhålla vi följande tabellutdrag, som kompletterats med dimensionen 75 mm medelst lineär interpolation

70	75	80
1.95	1.82	1.68
231	267	302
	h_f	
	320	
2.97	2.77	2.56
289	333	377

och således

$$\frac{2.77-1.82}{333-267} = \frac{h_f-1.82}{320-267}$$

$$h_f = 2.58$$

Totala tryckförlusten $H_{f,s}$ i sidoledningarna blir

$$H_{f,s} = \frac{250}{100} \cdot 2.58 = 6.45 \text{ m v.p.}$$

I huvudledningen, där hela vattenmängden 640 l/min. framgår, erhålla vi för h_f följande tabellutdrag

D = 100 mm

h_f	2.00	x	2.83
q	589	640	707

och således

$$x = 2.83 - \frac{0.83 \cdot 67}{118} = 2.36$$

Totala tryckförlusten $H_{f,h}$ i huvudledningen blir

$$H_{f,h} = \frac{150}{100} \cdot 2.36 = 3.54 \text{ m v.p.}$$

Sammanlagda tryckförlusten i ledningssystemet är summan av $H_{f,s}$ och $H_{f,h}$. Alltså

$$H_{f,s} + H_{f,h} = 6.45+3.54 = 10.0 \text{ m v.p.}$$

Svar: 10.0 m vattenpelare.

Ex. 3. Vid anläggandet av en självtrycksledning är avståndet mellan vattentäkten och förbrukningsstället 300 m, medan höjdskillnaden är 10.5 m. Huru grov ledning måste väljas, om man maximalt vill kunna tappa 125 l/min?

Lösning: Så stor rördiameter måste väljas, att tryckförlusten vid den uppkommande hastigheten ej blir större än 10.5 m v.p. Följande lättförstådda räkneschema erhålles, där siffrorna hämtats från tabellen eller äro givna.

Dimension	50	50	50
h_f	2.86	3.50	4.33
q	118	x_1	147

$$x_1 = 118 + \frac{0.64 \cdot 29}{1.47} = 118+12.6 = 130.6$$

Dimension	40	40	40
h_f	3.04	3.50	3.70
q	67.9	x_2	75.4

$$x_2 = 67.9 + \frac{0.46 \cdot 7.5}{0.66} = 67.9+5.23 = 73.1$$

Dimension	40	D	50
h_f	3.50	3.50	3.50
q	73.1	125	130.6

$$D = 40 + \frac{51.9 \cdot 10}{57.5} = 40+9.0 = 49.0$$

Svar: Dimensionen bör vara 49.0 mm.

Ex. 4. Beräkna tryckfallet i en bottenventil, som sitter i en 50 mm ledning, om vattenföringen är 100 l/min!

Lösning: Genom interpolation i tabellen erhålles tryckfallet x per 100 m ledning till

$$x = 1.89 + \frac{100-94.3}{106-94.3}(2.35-1.89) = 2.11$$

Enligt tabellen är en bottenventil av 50 mm dimension ekvivalent med 21 m rör. Tryckförlusten blir således

$$\frac{21}{100} \cdot 2.11 = 0.44$$

Svar: Tryckförlusten är 0.44 m v.p.

Ex. 5. En pumps sugförmåga uppgår till 7.5 m v.p. Om pumpen är placerad 4 m över vattenytan i den brunn, varifrån vattnet skall uppfordras, om sugledningen är 30 m lång och försedd med 1 bottenventil samt 4 knärör, huru många liter kan då uppfordras av pumpen per minut, om ledningens diameter är 40 mm.

Lösning: Ledningens totala längd blir

$$30+18+4 \cdot 0.3 = 49.2 \text{ m}$$

Tryckfallet i ledningen får maximalt bli

$$7.5-4.0 = 3.5 \text{ m v.p.}$$

För bestämning av q erhålles följande tabellutdrag

Dimension	40	40	40
h_f	3.04	3.50	3.70
q	67.9	x	75.4

och således

$$x = 67.9 + \frac{75.4-67.9}{3.70-3.04}(3.50-3.04) = 73.1$$

Svar: Pumpen kan maximalt uppfordra 73.1 l/min.

Tabell II. Tegel- och betongrörsledningars vattentransporterande förmåga i l/s.

Yarnell och Woodwards formel: $q = 93 \cdot A \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} = \frac{93\pi}{4\sqrt[3]{16}} \cdot D^2 \cdot \sqrt[3]{D^2} \cdot \sqrt{I} = 29.0 \cdot D^2 \sqrt[3]{D^2} \cdot \sqrt{I}$

I Fall o/oo	D = rördiameter i mm															
	40	50	60	75	100	125	150	175	200	225	250	300	375	450	525	600
2	0,24	0.44	0.72	1.30	2.78	5.07	8.25	12.4	17.7	25.2	32.1	52.2	91.6	154	232	332
3	0.30	0.54	0.88	1.59	3.42	6.20	10.0	15.2	21.8	30.8	39.3	64.0	116	199	285	407
4	0.34	0.62	1.01	1.84	3.94	7.17	11.6	17.6	25.1	35.6	45.3	73.9	134	218	329	470
5	0.38	0.69	1.13	2.05	4.40	8.02	13.0	19.6	28.1	39.8	50.8	82.5	150	244	368	526
6	0.42	0.76	1.24	2.24	4.84	8.77	14.3	21.4	30.8	43.6	55.5	90.5	164	267	404	575
7	0.46	0.82	1.34	2.43	5.23	9.50	15.4	23.2	33.3	47.1	60.0	97.7	178	288	435	622
8	0.49	0.88	1.43	2.60	5.59	10.1	16.5	24.8	35.6	50.4	64.1	104	189	308	465	665
9	0.52	0.93	1.52	2.75	5.92	10.7	17.5	26.3	37.7	53.4	68.0	111	201	327	494	705
10	0.54	0.98	1.60	2.90	6.24	11.3	18.4	27.8	39.8	56.3	71.7	117	212	346	520	744
12	0.59	1.07	1.76	3.18	6.83	12.4	20.2	30.4	43.6	61.6	78.5	128	232	373	571	813
14	0.64	1.16	1.91	3.43	7.40	13.4	21.8	33.0	47.1	66.6	84.9	138	251	409	618	880
16	0.69	1.24	2.02	3.67	7.90	14.5	23.3	35.2	50.3	71.1	90.7	148	263	437	660	940
18	0.73	1.31	2.15	3.90	8.40	15.3	24.8	37.4	53.5	75.6	96.4	157	284	465	700	998
20	0.77	1.38	2.26	4.10	8.85	16.1	26.0	39.4	56.3	79.6	101	166	300	489	738	1050

KOMMENTARER OCH EXEMPEL TILL TABELL II.

Tabellen är beräknad med hjälp av Yarnell och Woodwards formel såsom angivits i tabellrubriken. Formeln har för att underlätta de numeriska beräkningarna transformerats till det för cirkulära ledningar vid fullgång gällande uttrycket

$$\boxed{q = 29.0\, D^2 \sqrt[3]{D^2} \sqrt{I}}$$

Beräkningarna äro delvis gjorda med räknesticka och de med tre siffror angivna q-värdena torde få anses osäkra med 1 à 2 enheter i sista siffran. Som tidigare påpekats (jfr avdelning 3823!) ger formeln relativt höga värden på vattenhastigheten och därmed på vattenföringen. Vid praktiska dimensioneringsuppgifter i samband med torrläggningsföretag utgör dock bestämningen av den erforderliga dimensionen endast ett led i beräkningen, där framför allt uppskattningen av avrinningen är svår och behäftad med stor osäkerhet. Det torde därför icke spela någon större roll, vilken av de vanligen förekommande formlerna, som man använder. Tabellen är dock brukbar även för andra numeriska faktorer än 93. Vill man av någon anledning använda en annan faktor t.ex. k, så gäller tydligen

$$q_{sökt} = \frac{k}{93}\, q_{tab}$$

Tabellens användning belyses med några exempel.

Ex. 1. Huru stor vattenmängd per sekund passerar vid fullgång genom en 4" betongledning lagd i fallet 8:1000?

Lösning: 4" = 100 mm. Tabellen ger omedelbart q = 5.59 l/s.

Ex. 2. Huru stor vattenmängd passerar vid fullgång genom en 150 mm betongledning, om I = 6.3:1000?

Lösning: I detta fall kan man antingen interpolera lineärt eller också utnyttja den lätt härledda relationen

$$q_{sökt} = q_{tab}\sqrt{\frac{I_{sökt}}{I_{tab}}}\ .$$

a) Vi interpolera lineärt och erhålla

$$q = 14.3+(15.4-14.3)0.3 = 14.63$$

b) Vi utnyttja den ovan angivna relationen

$$q = 14.3\sqrt{\frac{6.3}{6.0}} = 14.3\cdot 1.025 = 14.68$$

Vid mindre intervall är lineär interpolation att föredraga såsom enklare. Vid extrapolation utanför tabellens värden är däremot den ovan angivna relationen den enda användbara (åtminstone när extrapolationen går längre och större noggrannhet erfordras).

Ex. 3. I vilket fall måste en 100 mm betongledning läggas, om den skall avleda 10 l vatten per sekund?

Lösning: Tabellen ger, att vid fallet 20:1000 kan en 100 mm ledning avleda 8.85 l/s. Vårt sökta fall måste alltså ligga utanför de i tabellen upptagna värdena. Vi antaga fallet I och erhålla

$$\frac{10}{8.85} = \sqrt{\frac{I}{20}}$$

eller

$$I = 20 \cdot \frac{100}{8.85^2} = \frac{2000}{78.32} = 25.6$$

Svar: I = 26:1000 (jfr ex. 3.53!)

Ex. 4. Beräkna vattenhastigheten i en 250 mm betongledning vid fullgång, om ledningens fall är 7.8:1000!

Lösning: Tabellen ger

$$q = 60.0+(64.1-60.0)0.8 = 63.3 \text{ l/s}$$

$$v = \frac{0.0633}{\frac{\pi \cdot 0.25^2}{4}} = \frac{0.0633}{0.0491} = 1.29 \text{ m/s}$$

Svar: Hastigheten blir 1.3 m/s.

Ex. 5. Vilken diameter erfordras på en betongledning, som skall avleda 15.5 l vatten per sekund, om I = 5.7:1000?

Lösning: Eftersom endast ett begränsat antal dimensioner finnas, är någon exakt uträkning ur praktisk synpunkt ej nödvändig. Ett studium av tabellen ger oss följande utdrag:

	D	
I	150	175
5	13.0	19.6
6	14.3	21.4

Av detta synes att vi måste välja diametern 175 mm.

Vi kunna erhålla ett exaktare värde, om vi lineärt interpolera i horisontell och vertikal led. Vårt tabellutdrag får då utseendet

I	D		
	150	x	175
5	13.0		19.6
5.7	13.91	15.5	20.86
6	14.3		21.4

Tabellen ger oss ekvationen

$$\frac{x-150}{1.59} = \frac{175-x}{5.36}$$

varav x = 156. En direkt insättning i formeln

$$q = 29 D^2 \sqrt[3]{D^2} \cdot \sqrt{I}$$

ger

$$0.0155 = 29\, D^2 \sqrt[3]{D^2} \cdot \sqrt{0.0057}$$

eller förenklat

$$\log D = \frac{3}{8} \log \frac{1.55}{29 \sqrt{57}} = \frac{3}{8}\left[0.8509-3\right] = \left[0.1941-1\right]$$

$$D = 0.1564 \text{ m} = 156.4 \text{ mm}$$

Tabell III. Dimensioneringstabell för öppna diken och kanaler. Tabellen är gjord av lantbruksingenjör Hallin med hjälp av Schewiors grafiska tabeller (Gamguillet och Kutters formel n = 0.030).

Vattenmängd m^3/s	Fall 0.3:1000			Fall 0.5:1000			Fall 1:1000			Fall 2:1000		
	Botten br. m	Vattendjup i m vid sl. 1:1	Vattendjup i m vid sl. 1:1.5	Botten br. m	Vattendjup i m vid sl. 1:1	Vattendjup i m vid sl. 1:1.5	Botten br. m	Vattendjup i m vid sl. 1:1	Vattendjup i m vid sl. 1:1.5	Botten br. m	Vattendjup i m vid sl. 1:1	Vattendjup i m vid sl. 1:1.5
0.02	0.30	0.27	0.24	0.30	0.24	0.22	0.30	0.20	0.18	0.30	0.20	0.20
0.04	"	0.38	0.33	"	0.34	0.30	"	0.26	0.23	"	0.24	0.22
0.07	"	0.48	0.42	"	0.43	0.38	"	0.37	0.32	"	0.31	0.27
0.10	"	0.57	0.49	"	0.50	0.43	"	0.43	0.38	"	0.38	0.33
0.20	0.40	0.72	0.62	"	0.68	0.59	"	0.58	0.50	"	0.50	0.44
0.40	0.50	0.90	0.80	0.50	0.80	0.72	0.40	0.75	0.65	0.40	0.63	0.56
0.70	0.60	1.1	1.0	"	1.0	0.89	"	0.90	0.80	"	0.80	0.70
1.0	0.70	1.3	1.1	0.60	1.2	1.0	0.50	1.1	0.90	0.50	0.89	0.78
2.0	0.90	1.6	1.4	0.80	1.5	1.3	0.70	1.3	1.1	0.60	1.2	1.0
4.0	1.10	2.1	1.9	1.00	2.0	1.7	0.90	1.7	1.5	0.80	1.5	1.3
7.0	1.40	2.5	2.3	1.20	2.4	2.1	1.10	2.1	1.8	0.90	1.9	1.6
10.0	1.60	2.8	2.6	1.40	2.6	2.4	1.20	2.4	2.1	1.10	2.1	1.8
20.0	2.00	3.6	3.3	1.90	3.3	3.1	1.70	3.0	2.7	1.50	2.6	2.4
40.0	2.70	4.5	4.2	2.50	4.2	3.8	2.10	3.7	3.4	1.90	3.3	3.0
70.0	3.30	5.3	5.0	3.00	5.0	4.5	2.60	4.5	4.1	2.30	4.0	3.6
100	4.00	5.8	5.4	3.50	5.5	4.8	3.00	5.1	4.6	2.70	4.4	4.0

Tabell III. (forts. från föregående sida)

Vattenmängd m^3/s	Fall 4:1000 Botten br. m	Fall 4:1000 Vattendjup i m vid sl. 1:1	Fall 4:1000 Vattendjup i m vid sl. 1:1.5	Fall 6:1000 Botten br. m	Fall 6:1000 Vattendjup i m vid sl. 1:1	Fall 6:1000 Vattendjup i m vid sl. 1:1.5	Fall 8:1000 Botten br. m	Fall 8:1000 Vattendjup i m vid sl. 1:1	Fall 8:1000 Vattendjup i m vid sl. 1:1.5
0.02	0.30	0.20	0.20	0.30	0.20	0.20	0.30	0.20	0.20
0.04	"	0.20	0.20	"	0.20	0.20	"	0.20	0.20
0.07	"	0.27	0.24	"	0.24	0.22	"	0.22	0.20
0.10	"	0.32	0.28	"	0.28	0.26	"	0.27	0.24
0.20	"	0.43	0.38	"	0.39	0.34	"	0.37	0.33
0.40	"	0.58	0.51	"	0.53	0.47	"	0.50	0.44
0.70	0.40	0.70	0.61	"	0.68	0.58	"	0.64	0.54
1.0	"	0.80	0.70	0.40	0.73	0.64	0.40	0.69	0.62
2.0	0.50	1.0	0.90	0.50	0.96	0.83	0.50	0.89	0.78
4.0	0.70	1.3	1.2	0.60	1.2	1.1	0.60	1.2	1.0
7.0	0.80	1.6	1.4	0.80	1.5	1.3	0.70	1.4	1.3
10.0	1.00	1.8	1.6	0.90	1.7	1.5	0.80	1.6	1.4
20.0	1.20	2.4	2.1	1.20	2.2	2.0	1.00	2.1	1.9
40.0	1.70	2.9	2.7	1.50	2.7	2.5	1.50	2.6	2.4
70.0	2.10	3.5	3.2	1.90	3.3	3.0	1.70	3.2	2.8
100.0	2.30	4.0	3.6	2.20	3.7	3.4	2.10	3.5	3.2

KOMMENTARER OCH EXEMPEL TILL TABELL III.

Såsom angivits i rubriken är tabellen upprättad på grundval av Ganguillet och Kutters formel (3.80) med n = 0.030. Den kan naturligtvis endast i begränsad omfattning ersätta Schewiors grafiska tabeller, av vilka den är ett utdrag. Med hjälp av tabellen kunna dock många praktiskt viktiga problem snabbt lösas med tillräcklig noggrannhet. För numeriskt noggrannare och mera detaljerade beräkningar hänvisas till originaltabellerna. Tabellens användning belyses med några exempel. Vid angivandet av lösningarna äro de inom parentes satta siffrorna erhållna direkt ur Schewiors tabeller.

Ex. 1. Bestäm lämplig bottenbredd samt vattendjup i ett öppet avlopp, som skall grävas i fallet 1:1000 med släntlutningen 1:1.5, om vattenmängden är 1.25 m^3!

Lösning: Vi erhålla följande tabellutdrag kompletterat med i exemplet givna eller sökta data

m^3/s	Bottenbredd	Vattendjup
1.0	0.50	0.90
1.25	b	h
2.0	0.70	1.1

Lineär interpolation för bottenbredden ger ekvationen

$$\frac{2.0-1.0}{0.70-0.50} = \frac{1.25-1.0}{b-0.50}$$

eller

$$b = 0.55 \quad (0.55)$$

samt för vattendjupet ekvationen

$$\frac{2.0-1.0}{0.70-0.50} = \frac{1.1-0.9}{h-0.9}$$

eller

$$h = 0.94 \quad (0.98)$$

Ex. 2. Huru stor vattenmängd framrinner i ett dike med släntlutningen 1:1, om bottenbredden är 0.3 m, I = 0.8:1000 och vattendjupet 0.5 m (jfr ex. 3.64!)

Lösning: Vi erhålla följande tabellutdrag, i vilket dessutom i uppgiften givna eller sökta data införts. Siffrorna gälla vattendjup för bottenbredden 0.3 m.

q	Fall 0.5.1000	Fall 0.8.1000	Fall 1.0:1000
0.10	0.50	$h_1 = 0.46$	0.43
x=0.125		0.50	
0.20	0.68	$h_2 = 0.62$	0.58

h_1 och h_2 ha interpolerats lineärt mellan tabellvärdena för I = 0.5:1000 och I = 1.0:1000, varefter x = 0.125 m^3/s lätt kunnat erhållas.

Svar: Vattenmängden är 0.125 m^3/s (0.124).

Ex. 3. Uppskatta på lämpligt sätt med hjälp av tabellen (III) vilken vattenhastighet, som kan väntas uppkomma i ett öppet avlopp med släntlutningen 1.1.5, bottenbredden 0.3 och fallet 5.0:1000, om vattenföringen är 0.200 m^3/s!

Lösning: Tabellen ger oss omedelbart genom en enkel interpolering vattendjupet 0.36 m. Detta ger oss en våt area (A)

$$A = \frac{0.36}{2}(0.3+0.3+3\cdot 0.36) = 0.18\cdot 1.68 = 0.303 \text{ m}^2$$

samt

$$v = \frac{0.200}{0.303} = 0.66 \text{ m/s}$$

Svar: Vattenhastigheten blir 0.66 m/s (0.664).

Ex. 4. Ett öppet avlopp skall grävas med bottenbredden 0.50 m och släntlutningen 1:1.5. Fallet är 15:1000, Vid flödesperioder får vattendjupet bli högst 1.0 m. Huru stor är då a) vattenföringen och b) huru stor är vattenhastigheten?

Lösning: a) Olika lösningsmetoder kunna tänkas. Enklast och säkrast torde vara att förfara som här visas. Tabellen ger för vattendjupet 1.0 m och bottenbredden 0.60 m vid I = 2.0:1000, q = 2.0 m^3. Detta svarar mot $\frac{50}{60}\cdot 2 = 1.67 \text{ m}^3$ vid bottenbredden 0.50 m och I fortfarande = 2.0:1000. För I = 15:1000 erhålles

$$q = 1.67\cdot\sqrt{\frac{15}{2}} = 4.58$$

Avläses tabellens värde för I = 8.0:1000 erhålles (h = 1.0!)

$$q = \frac{50}{60}\cdot 4\sqrt{\frac{15}{8}} = \frac{5\sqrt{30}}{6} = 4.56$$

b) Vattenhastigheten blir

$$v = \frac{4.57}{\frac{1}{2}(0.5+0.5+3\cdot 1)} = \frac{4.57}{2} = 2.29$$

Svar: Vattenmängden blir 4.57 m^3/s (4.90) och vattenhastigheten blir 2.29 m/s (2.45).

Anm. Obs. den höga vattenhastigheten i det senaste exemplet, vilket leder till mycket stor erosionsrisk!

Tabell IV. Dimensioneringstabell för trummor. Tabellen är gjord efter Schewiors grafiska tabeller. Weisbachs formel.

	Dimension, diameter i m (D)														
	0.40			0.50			0.60			0.80			1.00		
	Trummans längd i m (l)														
	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50
0.01	0.039	0.031	0.028	0.063	0.052	0.046	0.091	0.077	0.070	0.165	0.145	0.134	0.260	0.235	0.220
0.03	0.067	0.054	0.048	0.108	0.090	0.080	0.157	0.135	0.122	0.285	0.250	0.230	0.450	0.405	0.380
0.05	0.086	0.070	0.062	0.140	0.116	0.102	0.200	0.174	0.155	0.365	0.320	0.295	0.580	0.525	0.490
0.10	0.122	0.100	0.087	0.195	0.165	0.147	0.288	0.250	0.210	0.520	0.460	0.420	0.825	0.750	0.700
0.20	0.171	0.140	0.123	0.275	0.230	0.202	0.405	0.345	0.310	0.740	0.645	0.590	1.150	1.050	0.975
0.30	0.210	0.170	0.150	0.340	0.280	0.250	0.495	0.425	0.380	0.900	0.800	0.725	1.410	1.300	1.200
0.40	0.242	0.196	0.170	0.390	0.320	0.288	0.570	0.490	0.440	1.040	0.910	0.840	1.610	1.500	1.400
0.50	0.271	0.220	0.191	0.440	0.360	0.320	0.640	0.540	0.492	1.170	1.005	0.940	1.800	1.660	1.550
0.60	0.300	0.240	0.210	0.480	0.395	0.350	0.700	0.600	0.530	1.280	1.100	1.010	2.000	1.800	1.675
0.70	0.321	0.260	0.230	0.520	0.430	0.380	0.760	0.650	0.580	1.400	1.210	1.110	2.200	2.000	1.850
0.80	0.342	0.280	0.245	0.552	0.460	0.410	0.810	0.700	0.620	1.500	1.300	1.200	2.350	2.120	2.000
0.90	0.364	0.299	0.260	0.581	0.490	0.435	0.860	0.745	0.660	1.580	1.390	1.280	2.500	2.250	2.100
1.00	0.386	0.315	0.275	0.615	0.517	0.460	0.900	0.780	0.700	1.660	1.460	1.330	2.600	2.380	2.200
1.20	0.422	0.341	0.300	0.675	0.560	0.500	1.000	0.850	0.770	1.810	1.600	1.460	2.850	2.600	2.450
1.40	0.460	0.368	0.325	0.730	0.603	0.540	1.075	0.920	0.825	1.980	1.700	1.580	3.030	2.810	2.600
1.60	0.498	0.400	0.350	0.780	0.650	0.580	1.150	1.000	0.885	2.110	1.850	1.700	3.300	3.000	2.800
1.80	0.520	0.424	0.370	0.825	0.700	0.615	1.220	1.050	0.940	2.250	1.990	1.800	3.500	3.200	3.000

KOMMENTARER OCH EXEMPEL TILL TABELL IV.

Tabellen består av ett utdrag av Schewiors grafiska tabeller. Till grund för beräkningen av tabellen ligger den tidigare i kompendiet diskuterade Weisbachs formel (3.85)

$$v = \sqrt{\frac{2g\ h_f}{1+e+\lambda \cdot \frac{\bar{l}}{D}}}$$

med $e = 0.505$ och

$$\lambda = 0.01989 + \frac{0.0005078}{D}$$

De i tabellen angivna siffrorna över vattenföringen äro behäftade med ett avläsningsfel på 2 à 3 %, varför större överensstämmelse ej kan fordras vid numeriska kontrollberäkningar. I övrigt påverkas dimensioneringen av trummor av så många praktiskt viktiga förhållanden, att beräkningen av den ur vattenföringssynpunkt nödvändiga dimensionen endast ger ett av de villkor, som trumman skall uppfylla. Till sådana förhållanden höra bl.a. frost- och snöförhållandena, tidpunkten för flödesperiodernas uppträdande etc. Tabellens användning belyses med några exempel.

Ex. 1. Lös exempel 3.55 med hjälp av tabellen! Exemplet har följande lydelse: Ett avloppsdike skall föras genom en 10 m lång trumma. Vattenytans skillnad vid in- och utlopp uppgår vid högvatten till 0.5 m, då q är 0.440 m^3/s. Beräkna erforderlig rördiameter, och huru stor blir vattenhastigheten?

Lösning: Tabellen ger omedelbart, att för $h_f = 0.50$ m och $q = 0.440$ m^3/s samt $\bar{l} = 10$ m erfordras en rördiameter av $D = 0.500$ m.

Hastigheten beräknas enligt formeln

$$v = \frac{4q}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 0.440}{\pi \cdot \overline{0.5}^2} = \frac{16 \cdot 0.440}{\pi} = 2.24 \text{ m/s}$$

Svar: Trummans diameter skall vara 0.50 m (0.50) och vattenhastigheten blir 2.24 m/s (2.24).

Ex. 2. Lös även exempel 3.56 med hjälp av tabellen! Exemplet lyder: En brotrumma består av 15" betongrör och dess längd är 20 m. Huru stor är dess avbördningsförmåga vid fullgång, om den ligger i fallet 15:1000?

Lösning: Vi beräkna h_f. Således

$$h_f = \frac{15 \cdot 20}{1000} = 0.30 \text{ m}$$

15" = 37.5 cm = 0.375 m. Ur tabellen erhålla vi för $\bar{I}$ = 20 m och h_f = 0.30 följande tabellutdrag (interpolerat)

$$D = \underline{0.30} \quad 0.375 \quad 0.40 \quad 0.50 \text{ m}$$
$$q = \underline{0.070} \quad q_x \quad 0.190 \quad 0.310 \text{ m}^3/\text{s}$$

vilket medelst lineär extrapolation kompletterats för diametern D = 0.30 m (understrukna siffror!) Tabellutdraget ger

$$q_x = 0.70 + \frac{0.190-0.070}{0.40-0.30}(0.375-0.300) = 0.160$$

Svar: Avbördningsförmågan är 0.160 m^3/s (0.163).

Ex. 3. Ett öppet avloppsdike skall föras under en järnväg. Vegetationstidens medelvattenmängd beräknas till 0.050 m^3/s och normala högvattenmängden beräknas till 0.500 m^3/s samt extrema högvattenmängden till 1.00 m^3/s. Trummans längd blir 30 m och fallet är 4:1000. Huru stor blir uppdämningen under extrema flöden, om trumman dimensioneras för normala högvattenmängden 0.500 m^3/s.

Lösning: Vi beräkna h_f. Således

$$h_f = \frac{4 \cdot 30}{1000} = 0.12 \text{ m}$$

och erhålla följande tabellutdrag för $\bar{I}$ = 30 m

h_f	D = 0.80	x	D = 1.00
0.10	0.460		0.750
0.12	<u>0.497</u>	0.500	<u>0.810</u>
0.20	0.645		1.050

där de medelst interpolation för h_f = 0.12 angivna siffrorna understrukits. Av detta synes, att den erforderliga dimensionen endast obetydligt överstiger D = 0.80 m. Denna dimension kan enligt tabellen vid h_f = 0.50 m avbörda 1.005 m^3/s, varför uppdämningen blir

$$0.50-0.12 = 0.38 \text{ m.}$$

Svar: Uppdämningen blir 0.38 m (0.34), då trummans diameter är 0.80 m (0.81).

Tabell V. Tabell för beräkning av dämningskurvor enligt Tolkmitt.

Formeln lyder:

$$\bar{l} = \frac{h_n}{I_1}\left[F\left(\frac{h_o}{h_n}\right) - F\left(\frac{x}{h_n}\right)\right]$$

$\frac{x}{h_n}$	$F(\frac{x}{h_n})$	$\frac{x}{h_n}$	$F(\frac{x}{h_n})$	$\frac{x}{h_n}$	$F(\frac{x}{h_n})$	$\frac{x}{h_n}$	$F(\frac{x}{h_n})$
1.000	$-\infty$	1.125	0.780	1.36	1.207	1.65	1.571
1.005	-0.102	1.130	0.793	1.37	1.221	1.70	1.628
1.010	+0.074	1.135	0.806	1.38	1.235	1.75	1.685
1.015	+0.179	1.140	0.818	1.39	1.249	1.80	1.740
1.020	0.254	1.150	0.842	1.40	1.262	1.85	1.795
1.025	0.313	1.160	0.865	1.41	1.276	1.90	1.850
1.030	0.362	1.170	0.887	1.42	1.289	2.00	1.957
1.035	0.403	1.180	0.908	1.43	1.302	2.10	2.063
1.040	0.440	1.190	0.928	1.44	1.315	2.20	2.168
1.045	0.473	1.200	0.948	1.45	1.328	2.30	2.272
1.050	0.502	1.210	0.967	1.46	1.341	2.40	2.376
1.055	0.529	1.220	0.985	1.47	1.354	2.50	2.478
1.060	0.554	1.230	1.003	1.48	1.367	2.60	2.581
1.065	0.578	1.240	1.021	1.49	1.379	2.70	2.683
1.070	0.599	1.250	1.038	1.50	1.392	2.80	2.785
1.075	0.620	1.260	1.055	1.51	1.404	2.90	2.886
1.080	0.639	1.270	1.071	1.52	1.417	3.00	2.988
1.085	0.657	1.280	1.087	1.53	1.429	3.50	3.492
1.090	0.675	1.290	1.103	1.54	1.441	4.00	3.995
1.095	0.692	1.300	1.119	1.55	1.453	4.50	4.496
1.100	0.708	1.310	1.134	1.56	1.466	5.00	4.997
1.105	0.723	1.320	1.149	1.57	1.477	6.00	5.998
1.110	0.738	1.330	1.164	1.58	1.489	8.00	7.999
1.115	0.753	1.340	1.178	1.59	1.501	10.00	10.00
1.120	0.767	1.350	1.193	1.60	1.513	∞	∞

Tabell VI. Tabell för beräkning av sänkningskurvor enligt Tolkmitt.

Formeln lyder:

$$\bar{I} = \frac{h_n}{I_1}\left\{\left[F\left(\frac{x}{h_n}\right) - F\left(\frac{h_o}{h_n}\right)\right] - \frac{I_1 c^2}{g}\left[f\left(\frac{x}{h_n}\right) - f\left(\frac{h_o}{h_n}\right)\right]\right\}$$

$\frac{x}{h_n}$	$f(\frac{x}{h_n})$	$F(\frac{x}{h_n})$	$\frac{x}{h_n}$	$f(\frac{x}{h_n})$	$F(\frac{x}{h_n})$	$\frac{x}{h_n}$	$f(\frac{x}{h_n})$	$F(\frac{x}{h_n})$
1.000	∞	∞	0.875	1.037	0.162	0.64	0.664	0.024
0.995	1.889	0.894	0.870	1.025	0.155	0.63	0.652	0.022
0.990	1.714	0.724	0.865	1.013	0.148	0.62	0.640	0.020
0.985	1.610	0.625	0.860	1.002	0.142	0.61	0.628	0.018
0.980	1.536	0.556	0.85	0.980	0.130	0.60	0.617	0.017
0.975	1.479	0.504	0.84	0.960	0.120	0.59	0.606	0.016
0.970	1.431	0.461	0.83	0.940	0.110	0.58	0.594	0.014
0.965	1.391	0.426	0.82	0.922	0.102	0.57	0.583	0.013
0.960	1.355	0.395	0.81	0.904	0.094	0.56	0.572	0.012
0.955	1.324	0.369	0.80	0.887	0.087	0.55	0.561	0.011
0.950	1.296	0.325	0.79	0.870	0.080	0.54	0.550	0.010
0.945	1.270	0.306	0.78	0.854	0.074	0.53	0.539	0.009
0.940	1.246	0.289	0.77	0.838	0.068	0.52	0.528	0.008
0.935	1.224	0.274	0.76	0.823	0.063	0.51	0.517	0.007
0.930	1.204	0.260	0.75	0.808	0.058	0.50	0.506	0.006
0.925	1.185	0.246	0.74	0.794	0.054	0.475	0.480	0.005
0.920	1.166	0.233	0.73	0.780	0.050	0.450	0.454	0.004
0.915	1.149	0.223	0.72	0.766	0.046	0.425	0.428	0.003
0.910	1.139	0.213	0.71	0.752	0.042	0.400	0.402	0.002
0.905	1.118	0.203	0.70	0.739	0.039	0.350	0.351	0.001
0.900	1.103	0.194	0.69	0.726	0.036	0.300	0.300	0.0
0.895	1.089	0.185	0.68	0.713	0.033	0.200	0.200	
0.890	1.075	0.177	0.67	0.701	0.031	0.100	0.100	
0.885	1.062	0.169	0.66	0.688	0.028	0.0	0.0	
0.880	1.049	0.162	0.65	0.676	0.026			

KOMMENTARER OCH EXEMPEL TILL TABELLERNA V OCH VI.

Tabellerna äro beräknade med hjälp av Tolkmitts formler för dämning respektive sänkning. I formlerna betyda:

$\bar{I}$ = avståndet från den sektion, som efter dämningen (sänkningen) har vattendjupet h_o till den sektion, som har vattendjupet x.

h_n = det normala vattendjupet eller det vattendjup, som svarar mot likformig strömning vid rådande vattenföring. Om vattendraget (kanalen eller ledningen) ej kan anses ha parabelformad sektion, anpassas en parabel till den givna ledningens sektion (se kompendiet avd. 4721!) h_n beräknas då ur formeln

$$h_n = \frac{3}{2} \cdot \frac{A}{B}$$

där A är den givna sektionsarean och B dess dagbredd.

h_o = vattendjupet i den sektion, där dämningen (sänkningen) företagits.

I_1 = ledningens eller bottenlinjens lutning (fall).

C = konstanten i de Chezys formel.

Tabellen anger dels värden på kvoten $\frac{x}{h_n}$ (= oberoende variabel) och dels mot denna svarande funktionsvärden $f(\frac{x}{h_n})$ och $F(\frac{x}{h_n})$. Dessa symbolisera relativt invecklade funktionsuttryck av $\frac{x}{h_n}$, vilka innehålla en ln-funktion och en arc tg-funktion. Dämningen (sänkningen) u erhålles som differensen mellan det dämda (sänkta) vattendjupet och det normala vattendjupet. Således

$$u = x - h_n$$

Tabellernas användning belyses med några exempel.

Ex. 1. En grävd kanal har släntlutning 1:2. Bottenbredden är 3.0 m och bottenlutningen 3:1000. Om det normala vattendjupet är 1.5 m och kanalen i en viss punkt dämmes till djupet 2.0 m, huru stort blir då avståndet till den sektion, där dämningen blir 0.14 m.

Lösning: Kanalen är trapetsformad och dess tvärprofil tänkes approximerad till en parabel. Sektionens normala yta A är

$$A = \frac{1.5}{2}(3+3+2 \cdot 2 \cdot 1.5) = 9.0 \text{ m}^2$$

h_n blir således

$$h_n = \frac{3}{2} \cdot \frac{A}{B} = \frac{3}{2} \cdot \frac{9}{9} = 1.50 \text{ m}$$

Insättes givna data i formeln för dämning erhålles

$$\bar{I} = \frac{1.5}{0.003}\left[\quad \left(\frac{2.0}{1.5}\right) - F\left(\frac{1.64}{1.50}\right)\right]$$

Tabell V ger efter interpolation

$$F(\frac{2.0}{1.5}) = F(1.333) = 1.168$$

$$F(\frac{1.64}{1.50}) = F(1.09) = 0.675$$

och således

$$\bar{I} = \frac{1.5}{0.003}(1.168-0.675) = 246.5 \text{ m}$$

Svar: 247 m från uppdämningen.

Ex. 2. Huru stor blir i föregående exempel dämningen 247 m från dammen? Obs. frågeställningen omkastad!

Lösning: Givna uppgifter insättas i formeln för dämning. Således

$$247 = \frac{1.5}{0.003}\left[F(\frac{2.0}{1.5})-F(\frac{x}{1.5})\right]$$

som ger

$$\frac{247}{500} = 1.168 - F(\frac{x}{1.5})$$

eller

$$F(\frac{x}{1.5}) = 0.674$$

Tabeller ger

$$\frac{x}{1.5} = 1.09$$

och således

$$x = 1.635$$

vilket svara mot en dämning u av

$$u = 1.635-1.500 = 0.135$$

Svar: Dämningen är 0.14 cm.

Ex. 3. Huru stor är praktiska hydrodynamiska dämningslängden i föregående exempel?

Lösning: Den praktiska hydrodynamiska dämningsvidden har definierats (se avd. 4721!) såsom avståndet mellan den dämmande sektionen och den punkt i vattendraget, där dämningen endast utgör 1 % av det normala vattendjupet. Här måste således gälla

$$\frac{x}{h_n} = \frac{h_n+u}{h_n} = \frac{h_n+0.01h_n}{h_n} = 1.010$$

Givna data insättas i formeln

$$\bar{I}_d = \frac{1.5}{0.003}\left[F(\frac{2.0}{1.5}) - F(1.010)\right]$$

$$\bar{l}_d = 500(1.168 - 0.074) = 547 \text{ m}$$

Anm. Den hydrostatiska dämningslängden skulle i detta exempel bliva

$$\bar{l}_h = \frac{u_o}{I_1} = \frac{0.5}{0.003} = 167 \text{ m}$$

och enligt parabelapproximation ($I_o = 0$)

$$\bar{l} = \frac{2 \cdot u_o}{I_1} = \frac{1.0}{0.003} = 333 \text{ m}$$

Ex. 4. Ett vattendrag med bottenlutningen 0.2:1000 och med en våt area av 24 m^2 samt en bredd i vattenytan av 20 m utmynnar i en sjö. Om sjöns vattenyta sänkes 0.50 m under det normala vattendjupet i vattendraget, på vilket avstånd från utloppet är då sänkningen 20 cm? Ingen risk för genomskärning av det kritiska djupet föreligger. C = 46.3.

Lösning: Tabell VI med tillhörande formel användes. Givna värden insättas. Först beräknas dock h_n medelst parabelapproximation. Således

$$h_n = \frac{3}{2} \cdot \frac{A}{B} = \frac{3}{2} \cdot \frac{24}{20} = 1.80 \text{ m}$$

och

$$\bar{l} = \frac{1.80}{0.0002} \left\{ \left[F\left(\frac{1.6}{1.8}\right) - F\left(\frac{1.3}{1.8}\right) \right] - \frac{0.0002 \cdot \overline{46.3}^2}{9.81} \left[f\left(\frac{1.6}{1.8}\right) - f\left(\frac{1.3}{1.8}\right) \right] \right\}$$

$$\bar{l} = 9000 \cdot \left\{ [F(0.890) - F(0.723)] - 0.0438 [f(0.890) - f(0.723)] \right\}$$

$$\bar{l} = 9000 [(0.177 - 0.046) - 0.0438(1.075 - 0.766)]$$

$$\bar{l} = 9000 (0.131 - 0.0438 \cdot 0.309) = 9000 \cdot 0.1175$$

$$\bar{l} = 1057.5$$

Svar: C:a 1060 m ovanför utloppet.