

KLOAKLEDNINGERS MAXIMUMS- OG MINIMUMSFALD



TEKNISK FORLAG
KØBENHAVN 1955

Dan.

Det af *Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomité* i 1944 nedsatte *dimensioneringsudvalg* har i 1951—52 ladet foretage en undersøgelse af kommunernes erfaringer med hensyn til kloakledningers maximums- og minimumsfald og har på grundlag heraf udarbejdet nærværende betænkning, der er godkendt af udvalget den 26. november 1954 som

Spildevandskomiteens skrift nr. 8.

Udvalgets medlemmer er:

Overingeniør, cand. polyt. Kai Rehof (udvalgets formand),
professor, civilingeniør A. E. Bretting,
afdelingsingeniør, cand. polyt. Wilfred Christensen,
lektor, civilingeniør J. Emil E. Engel,
civilingeniør P. H. Eriksen,
amtsvejinspektør, civilingeniør A. P. Grimstrup,
inspektør A. Paludan,
civilingeniør P. H. Rendsvig,
stadsingeniør, cand. polyt. J. A. C. Rastrup
(spildevandskomiteens formand).

Kloakledningers maximums- og minimumsfald

Dansk Ingeniørforenings spildevandskomite besluttede den 15. marts 1950 at foretage en undersøgelse af kommunernes erfaringer med hensyn til kloakledningers maximums- og minimumsfald.

Komiteens dimensioneringsudvalg udsendte derefter i januar 1951 en skrivelse til landets stads- og kommuneingeniører med anmodning om at udfylde et vedlagt spørgeskema og returnere det til komiteens sekretær. Skemaets „hoved“ ser ud som vist på side 4 og 5.

I skrivelsen anføres, at man ved ledninger med stærkt fald vil forstå ledninger, hvor vandhastigheden ved største vandføring er større end ca. 3 m/sek., og at der ved ledninger med svagt fald skal forstås ledninger, hvor spildevandshastigheden er mindre end ca. 0,60 m/sek.

Der udsendtes spørgeskemaer til 72 kommuner. Da der i løbet af et års tid kun var kommet svar på ca. halvdelen, udsendtes i maj 1952 erindringsskrivelser til 33 kommuner, hvorefter der atter indkom en del besvarelser.

I alt har 49 kommuner svaret på henvendelsen, medens der mangler svar fra de resterende 23.

Af de 49 besvarelser er 12 dog uden konkrete oplysninger; de fleste angiver, at de ikke er i besiddelse af sådanne erfaringer på dette område, som vil kunne være af interesse.

Af de resterende 37 positive besvarelser omtaler 19 skemaer ledninger med *stærkt* fald og 36 skemaer ledninger med *svagt* fald. Medens således næsten alle kan nævne eksempler på ledninger med svagt fald, synes der ikke at være så mange eksempler på ledninger med stærkt fald. Muligvis kan årsagen dog også være en større interesse for ledningerne med svagt fald, hvor ulemperne viser sig ved

Er ledningen en				Ledningens materiale (ler- eller betonrør)	Ledningens		Antal år, ledningen har fungeret
fælleskloak	afskærende ledning	separat			dimension (cirk. eller spb.)	fald	
		spildevandsledning	regnvandsledning			‰	

aflejringer og tilstopning, end for ledningerne med stærkt fald, hvor ulemperne — slid i ledningerne — måske først viser sig den dag, da ledningerne skal tages op.

Ledninger med stærkt fald.

I de 19 positive besvarelser vedrørende ledninger med stærkt fald omtales i alt 85 ledningsstrækninger. Oplysningerne er samlet i et oversigtsskema (fig. 1).

Skemaet omfatter ledninger med diametre fra 10 til 100 cm, såvel lerrørs- som betonledninger, og faldet spænder fra ca. 10 ‰ til 300 ‰. Hastigheden ved fuldtløbende ledning, beregnet af formelen $v = 70 \cdot R^{0,6} \cdot I^{0,5}$, varierer fra 9,4 m/sek. til 1,9 m/sek., og ledningerne er i skemaet opstillet efter aftagende vandhastighed. Næsten alle de omtalte ledninger er fælleskloakker, men der findes dog også enkelte eksempler på afskærende ledninger og på separate regnvandsledninger.

Kun i 8 af de omtalte 85 ledningsstrækninger er der konstateret slid. I to, muligvis seks af disse tilfælde har rørkvaliteten ikke været god. I 7 af de 8 tilfælde er der tale om betonrør, og i det 8. tilfælde er sliddet kun konstateret i brøndene. Der er altså intet sted konstateret slid på lerrør.

Kun i eet af de nævnte tilfælde, hvor der er konstateret slid i bunden af en ledning, menes der at være tale om skadelige stoffer i afløbet, nemlig syre- og saltholdigt afløb fra et slagtehus.

Vandhastigheden ved fuldtløbende ledning ligger for de ledninger, hvor der er konstateret slid, mellem 3,4 m/sek. og 7,75 m/sek. Det er ikke fortrinsvis ledningerne med de største hastigheder, der viser slid.

Har tilløbet passeret hus-tanke?	Er der tærende stoffer i afløbet?	Ledninger med stærkt fald:	Ledninger med svagt fald:		Øvrige bemærkninger	
		Er der konstateret slid?	Er der konstateret			I bekræftende fald hvorledes holdes ledningen ren?
			aflejring?	for-stop-pelse?		

Den ovennævnte ledning, der fører slagtehus afløb, og som er tyndslidt i bunden, har ligget i 53 år. De øvrige ledninger med slid har ligget mellem 20 og 30 år.

Blandt de ledninger, hvor der ikke er konstateret slid, findes mange, både lerrørs- og betonledninger, som har ligget i 20—30, enkelte i op til 50 år, og med vandhastigheder helt op til 8—9 m/sek.

Resultatet af undersøgelsen af ledninger med stærkt fald giver, som det vil ses, ikke grundlag for fastsættelse af en bestemt maximal vandhastighed. I de enkelte tilfælde, hvor der er konstateret slid i betonrørsledningerne, må årsagen sandsynligvis være specielle forhold enten ved rørene (dårlig kvalitet) eller ved spildevandet (agressive stoffer).

Hvis man anvender glasserede lerrør eller kontinuerligt prøvede betonrør efter D.S.400, skulle der således ikke være nogen fare forbundet ved anvendelse af selv meget stærke fald svarende til vandhastigheder helt op til 8—9 m/sek.

Ledninger med svagt fald.

I de 36 skemaer, der omtaler ledninger med svagt fald, nævnes i alt 213 ledningsstrækninger. Oplysningerne er samlet i oversigts-skemaer, fig. 2—5.

Skemaerne omfatter ledninger med diameter fra 15 cm til 160 cm samt forskellige ledninger med specielle profiler. Ledningerne er opstillet dels efter dimension, dels efter fald (vandhastigheder). De fleste af de omtalte ledninger er fælleskloakker, men der findes dog også en del afskærende ledninger samt enkelte separate spildevandsledninger og separate regnvandsledninger. Den hastighed, der er beregnet i skemaerne, er hastigheden ved fuldtløbende ledning. Da

Fig. 1

Ledninger med stærkt fald.

Lednings nr.	Er ledningen en fuld- størrelse kloak	Er ledningen en afskæ- rende led- ning	Er ledningen en separat regn- vands- led- ning	Lednings- materi- ale (beton, el. ler- tegrer)	Lednings- dimen- sion (cirk. eller kvadr.)	Lednings- fald (‰)	Antal år, lednin- gen har funget ret	Har til- løbet posse- ret hus- tønde?	Er der terende stoffer i af- løbet?	Er der konst- tønde slid?	Hastighed ved fuld ledning m/sek.	Øvrige bemærkninger
78		x		beton	40 v	280	ca. 25	nej	nej	nej	9,4	
98	x			lerrør	30 ø	300	" 25	nej	nej	nej	8,15	
87	x			lerrør	30 ø	275	15	nej	nej	nej	7,8	
164	x			beton	50 v	143	ca. 25	nej	nej	nej	7,8	
286				lerrør	23 ø	150- 200	> 25	nej	nej	nej	7,8-5,85	
280				beton	15 ø	250- 150	> 20	ja	nej	ja	7,75-4,65	ikke normeret, slidt igennem i bund
246	x			beton	40 ø	168	12	nej	nej	?	7,25	
77	x			lerrør	20 ø	300	8	nej	nej	nej	6,4	
96	x			beton	45 v	100	ca. 22	nej	nej	nej	6,0	
139	x			beton	42 ø	91	15	nej	nej	nej	5,8	
79	x			beton	50 v	63	ca. 25	nej	nej	nej	5,75	
245	x			beton	30 ø	145	12	nej	nej	?	5,65	
152	x			beton	40 ø	100	ca. 25	nej	nej	nej	5,6	
83	x			lerrør	30 ø	140	21	nej	nej	nej	5,55	
91	x			lerrør	25 ø	170	ca. 30	nej	nej	nej	5,55	
94	x			beton	95 v	33	ca. 50	nej	lidt?	nej	5,5	
100	x			beton	70 v	50	ca. 18	nej	nej	nej	5,5	
105	x			beton	55 v	67	ca. 25	nej	nej	nej	5,5	
154	x			beton	50 ø	76	ca. 25	nej	nej	nej	5,5	
250	x			beton	80 v	42	ca. 20	nej	nej	nej	5,5	
90	x			beton	35 v	110	ca. 12	nej	nej	nej	5,4	
99	x			beton	60 v	94	ca. 30	nej	nej	nej	5,25	
248	x			lerrør	30 ø	110	60	nej	nej	nej	5,0	
249	x			beton	30 ø	110	20	nej	nej	nej	5,0	
103	x			lerrør	35 ø	90	ca. 25	nej	normalt	nej	4,9	
80	x			lerrør	25 ø	125	ca. 27	nej	ikke	nej	4,75	
88	x			beton	80 v	31	ca. 28	nej	nej	nej	4,7	
81	x			lerrør	30 ø	90	ca. 10	nej	nej	nej	4,45	
252	x	x		lerrør	40 ø	61	45	nej	nej	nej	4,35	
58	x			beton	85 v	24	?	60%	nej	nej	4,3	
92	x			beton	65 v	33	ca. 30	nej	nej	nej	4,3	
1	x			lerrør	30 ø	82	> 15	ja	nej	nej	4,25	
41	x			beton	60 v	36	ca. 30	nej	nej	ja, kun i bund- løb	4,25	rørkvalitet formentlig dårlig
85	x			beton	80 v	25	ca. 27	nej	nej	nej	4,25	
93	x			lerrør	30 ø	83	45	nej	nej	nej	4,25	
155	x			lerrør	45 ø	50	ca. 50	nej	nej	nej	4,25	
37	x			beton	40 ø	59	ca. 30	nej	nej	ja, kun i bund- løb	4,2	rørkvalitet formentlig dårlig
62	x			beton	25 ø	100	53	nej	se anm.	tynd i bunden	4,2	syre- og saltholdigt, afløb fra slagtehus
84	x			lerrør	30 ø	80	18	nej	nej	nej	4,2	
97	x			beton	55 v	38	ca. 10	nej	nej	nej	4,2	
102	x			lerrør	35 ø	68	ca. 10	nej	nej	nej	4,2	
251	x			lerrør	40 ø	56	45	nej	nej	nej	4,2	
253	x			lerrør	30 ø	80	40	nej	nej	nej	4,2	
86	x			lerrør	20 ø	125	17	nej	nej	nej	4,15	
89	x			beton	65 v	30	ca. 28	nej	nej	nej	4,15	
95	x			beton	40 v	54	ca. 23	nej	nej	nej	4,15	
182	x			lerrør	38 ø	60	ca. 30	nej	nej	nej	4,15	
183	x			lerrør	38 ø	60	ca. 15	nej	nej	nej	4,15	
42	x			beton	60 v	33	ca. 30	nej	nej	ja, kun i bund- løb	4,1	rørkvalitet formentlig dårlig
82	x			beton	100 v	18	ca. 22	nej	nej	nej	4,1	
101	x			lerrør	23 ø	110	> 60	nej	nej	nej	4,1	
149	x	x		beton	35 ø	64	ca. 25	nej	nej	nej	4,1	
153	x			lerrør	23 ø	103	ca. 25	nej	nej	nej	4,1	
6	x			lerrør	23 ø	98	> 50	nej	nej	nej	4,0	
63	x			lerrør	23 ø	100	54	nej	nej	nej	4,0	
151	x			lerrør	23 ø	100	ca. 25	nej	nej	nej	4,0	
180	x			lerrør	23 ø	100	ca. 25	nej	nej	nej	4,0	
94	x			beton	20 ø	106	20	nej	nej	nej	3,8	
94	x		x	?	38 ø	50	> 27	nej	?	ja	3,8	
165	x			beton	30 ø	67	ca. 50	nej	nej	nej	3,8	
7	x		x	lerrør	30 ø	63	> 55	nej	nej	nej	3,7	
38	x			beton	38 ø	48	ca. 30	nej	nej	ja	3,7	rørkvalitet dårlig
147	x			lerrør	31 ø	60	ca. 25	nej	nej	kun i brøndene	3,65	
39	x			beton	30 ø	59	ca. 30	nej	nej	nej	3,55	
65	x			lerrør	23 ø	80	44	nej	nej	nej	3,55	
40	x			beton	23 ø	75	ca. 30	nej	nej	ja, kun i bund- løb	3,4	rørkvalitet formentlig dårlig
64	x			lerrør	30 ø	53	> 60	nej	nej	nej	3,4	
179	x			lerrør	23 ø	70	ca. 25	nej	nej	nej	3,3	
19	x			lerrør	23 ø	68	ca. 15	nej	nej	nej	3,25	
43	x			beton	25 ø	60	ca. 30	nej	nej	nej	3,2	
247	x			beton	15 ø	106	12	nej	nej	?	3,15	
2	x			lerrør	20 ø	81	> 15	ja	nej	nej	3,1	
181	x			lerrør	38 ø	33	ca. 30	nej	nej	nej	3,1	
172	x			beton	30 ø	42	ca. 25	nej	nej	nej	3,0	
148	x		x	beton	20 ø	65	ca. 10	nej	nej	nej	2,95	
150	x			lerrør	23 ø	56	ca. 25	nej	nej	nej	2,95	
184	x			lerrør	31 ø	35	ca. 65	nej	nej	nej	2,85	
138	x			beton	40 ø	26	ca. 30	nej	nej	nej	2,8	
167	x			beton	25 ø	46	ca. 7	nej	nej	nej	2,8	
137	x			lerrør	23 ø	40	ca. 15	nej	nej	nej	2,55	
140	x			beton	63 ø	12,2	ca. 35	nej	nej	nej	2,55	
166	x			beton	25 ø	31	ca. 10	nej	nej	nej	2,3	
185	x			lerrør	23 ø	32	ca. 65	nej	nej	nej	2,25	
160	x			beton	55 ø	10	ca. 30	nej	nej	nej	2,15	
285	x			beton	10 ø	60	ca. 4	nej	nej	nej	1,9	

Ledninger med svagt fald.

Fig. 2.

Lednings lb.nr.	Er ledningen en fælles afskæ- rende ledning	separat regn- vands- ledning	Lednings- materia- la (ler eller betonrør)	Lednings- dimen- sion (cirk. eller spb.)	Lednings- fald a/oo	Antal år, led- ningen har funge- ret	Har til- slut- passeret hustav- ke?	Er der tørren- de stof- fer i afled- bet?	Er der kon- stateret efløj- ring?	I bekræftende fald hvorledes holdes ledning- en ren?	Hestig- hed ved fuld ledning m/sek.	Øvrige bemærkninger	
234	x		beton	15 ø	2,2- 5,5	14	nej	nej	ja	ja	trækkes 1 & 2 gange årlig	0,46- 0,73	tæres af udvæn- dig humus
298	x		?	15- 31 ø	2-3	30-40	ja	?	nej			0,60	
26	x		ler	15 ø	4,5	?	nej	nej	ja	trækkes	0,66		
50	x		beton	15 ø	5,0	5	nej	nej	ja	kugle og "nør"	0,70		
114	x	x	ler	15 ø	5	15	nej	nej	ja	skylles	0,70		
197	x		ler	15 ø	7,7	34	nej	nej	nej	nej		0,86	trærødder
239	x		beton	15 ø	10,0	12	nej	nej	nej	nej		0,98	
190	x		ler	15 ø	16,5	39	nej	nej	ja	ja	trækkes 1 gang årlig	1,22	
118	x		ler	15 ø		50	ja	nej	ja	nej	skylles 4 gan- ge årlig	?	
108		x	beton	20 ø	1,1		ja	nej	nej	nej		0,39	
258	x		ler	20 ø	1,85	25	nej	nej	ja	nej	skylles	0,50	
244	x		beton	20 ø	2,5	11	nej	nej	nej	nej		0,59	
76	x		ler	20 ø	2,7	gammel	ja	nej	ja	nej	1 1945 med "pindsvin"	0,61	
279		x	ler	20 ø	3	5	nej	nej	ja	nej	1945 skylles 2 g trækkes	0,64	topatrækning fædt fra mæ- gerinefabrik
51		x	beton	20 ø	3,1	4	nej	nej	ja	ja	kugle og "nør"	0,65	
53			beton	20 ø	3,3	4	nej	nej	nej	nej		0,68	
192	x	x	ler	20 ø	3,8	34	nej	nej	ja	ja	trækkes 1 gang årlig	0,73	
281	x		beton	20 ø	4	4	nej	nej	nej	nej		0,74	
202	x		ler	20 ø	4,2	34	nej	nej	nej	nej		0,77	
200	x		ler	20 ø	4,5	34	nej	nej	nej	nej		0,78	
199	x		ler	20 ø	4,8	34	nej	nej	nej	nej		0,80	
198	x		ler	20 ø	5,0	34	nej	nej	nej	nej		0,82	
259	x		beton	20 ø	5		nej	nej	nej	nej		0,82	
174	x		ler	20 ø	5	15	ja	nej	nej	nej		0,82	
231	x		beton	20 ø	5,0	17	nej	nej	ja	nej	trækkes 1 gang årlig	0,82	
194	x		ler	20 ø	5,2	34	nej	nej	ja	ja	" "	0,84	
238	x		beton	20 ø	6,7	12	nej	nej	nej	nej		0,94	
195	x		ler	20 ø	8,8	34	nej	nej	nej	nej		1,10	
117		x	ler	23 ø	0,2	ca. 40	nej	nej	ja	ja	skylles	0,18	
168	x		beton	23 ø	0,5	50	nej	nej	ja	ja	skylles og trækkes	0,28	
161	x		beton	23 ø	1	12	ja	nej	ja	nej	skylles 1 gang årlig	0,40	
275	x		beton	23 ø	1,7	43	nej	nej	ja	nej		0,52	
11	x		beton	23 ø	1,8	ca. 30	ja	nej	lidt	nej		0,53	
119	x		ler	23 ø	2,3	30	nej	nej	ja	nej	skylles 4 gan- ge årlig	0,61	
292		x		23 ø	2,35	35	nej		grus		rensning af sandfang	0,62	
67	x		ler	23 ø	2,5	45	nej		ja	nej	skylles under regn	0,64	
163	x		beton	23 ø	3	5	ja	nej	nej	nej		0,68	
66			ler	23 ø	3,3	53	nej	ja	ja	ja	rensnes med kn- de og skylles	0,74	
186	x		ler	23 ø	3,3	40	nej	nej	afkølet	nej	skylles	0,74	
121		x	beton	23 ø	3,5	15	nej	nej	ja	nej	skylles 12 gan- ge årlig	0,76	
189	x		ler	23 ø	3,8	39	nej	nej	ja	ja	trækkes 1 gang årlig	0,79	
164	x		beton	23 ø	4	15	nej	nej	nej	nej		0,80	
171	x		ler	23 ø	4,0	15	ja	ja			skylles 1 gang ugentlig	0,80	
295	x		beton	23 ø	4,0	17	nej	nej	nej	ja		0,80	
287	x		ler	23 ø	4,5	14	ja	nej	ja	ja	trækkes	0,83	
120	x		ler	23 ø	4,7	60	nej	nej	ja	nej	skylles 4 gan- ge årlig	0,84	
30		x	ler	23 ø	4,8	18	nej	nej	ja	nej	trækkes	0,84	
175	x		ler	23 ø	5,0	20	ja	nej	nej	nej		0,90	
27	x		ler	23 ø	5,7	?	nej	nej	ja	nej	trækkes	0,95	
201	x		ler	23 ø	5,8	34	nej	nej	nej	nej		0,96	
191	x		ler	23 ø	5,9	36	nej	nej	ja	ja	trækkes 1 & 2 gange årlig	0,96	
170	x		beton	23 ø	6,5	20	ja	nej			skylles 1 gang ugentlig	1,01	
156	x		beton	23 ø	6,7	ca. 32	nej	nej	nej	nej		1,03	
31	x		ler	23 ø	6,7	25	nej	nej	ja	nej	trækkes	1,03	
169	x		beton	23 ø	9,0	14	nej	nej	ja		skylles 1 gang ugentlig	1,20	
196	x		ler	23 ø	9,0	34	nej	nej	nej	nej		1,20	
157	x		beton	23 ø	11,6	ca. 35	delvis	nej	ja	ja	trækkes	1,30	garveriafløb + husspildevand

LEDNINGER MED SVAGT FALD.

Fig. 3

Lednings lb. nr.	Er fælles kloak	Er ledningen en af-skrænings- ledn.	Er separat regnvands- ledn.	Ledningsmateriale (ler eller beton- rørr)	Ledningsdimen- sion (cirk. eller apb.)	Lednings fald q/20	Antal år, ledningen har fungeret	Har tilslutning bet passeret hus- tanks?	Er der tærende stof- aflejringer?	Er der kon- stateret for- stop- pel- se?	I bekræftende fald hvorledes holdes led- ningen ren?	Hastig- hed ved fuld ledning m/ssek.	Øvrige bemærk- ninger
5	x			ler	25 ø	1,7	> 15	ja	nej	ja	ja	0,55	
47	x			beton	25 ø	1,8	ca. 15	nej	nej	ja	ja	0,57	
237	x			beton	25 ø	2,5	12	nej	nej	ja	nej	0,67	
61	x			beton	25 ø	2,6	17	delvis	nej	ja	ja	0,68	
59	x			beton	25 ø	2,8	7	ja	nej	ja	ja	0,71	
49	x			beton	25 ø	3,5	7	nej	nej	ja	ja	0,79	
230	x			beton	25 ø	4,0	17	nej	nej	ja	nej	0,84	
294	x			beton	25 ø	4	20	nej	nej	ja	nej	0,84	
260	x			beton	25 ø	4		nej	nej	ja	nej	0,84	
290	x	x		beton	25 ø	4,0	13	nej	nej	nej	nej	0,84	
193	x			ler	25 ø	4,8	34	nej	nej	ja	ja	0,90	
205	x	x		beton	25 ø	5,8	31	nej	nej	ja	ja	1,00	
203	x			beton	25 ø	6,8	12	nej	nej	ja	nej	1,09	
48	x			beton	25 ø	7,0	ca. 12	nej	nej	ja	nej	1,11	
256	x			ler	25 ø		25	nej	nej	ja	nej	1,11	
221	x			beton	25 ø	8,0	26	nej	nej	ja	ja	1,19	
12	x			beton	30 ø	0,3	ca. 30	ja	nej	ja	nej	0,26	
220	x			ler	30 ø	0,5	28	nej	nej	ja	nej	0,34	
73	x			ler	30 ø	0,6	40	nej	nej	ja	nej	0,36	
276	x			beton	30 ø	1,2	43	nej	nej	ja	ja	0,57	
60	x			beton	30 ø	1,24	19	ja	nej	ja	ja	0,51	
274	x	x		beton	30 ø	1,4	43	nej	nej	ja	nej	0,55	
106	x			beton	30 ø	1,5		ja	nej	nej	nej	0,57	
204	x			beton	30 ø	1,6	31	nej	nej	ja	nej	0,60	
9	x	x		beton	30 ø	1,8	40	nej	nej	ja	ja	0,62	
123	x			ler	30 ø	1,8	60	fedt- samler	nej	ja	nej	0,63	
70	x	x		beton	30-35 ø		12	nej	nej	ja	nej	0,70	
173	x			beton	30 ø	2,2	30		nej	ja	ja	0,70	
213	x	x		ler	31 ø	2,3	28	nej	nej	nej	nej	0,73	
236	x			beton	30 ø	2,5	12	nej	nej	ja	nej	0,74	
52	x	x		beton	30 ø	2,7	4	nej	nej	ja	ja	0,76	
293	x			beton	30-38 ø	3-2	8	garve- riaflejt	ja	ja	nej	0,80	
17	x			ler	31 ø	3,0	ca. 40	nej	nej	ja	ja	0,81	
71	x	x		beton	30 ø	3	14	nej	nej	ja	nej	0,81	
122	x			beton	30 ø	3,2	35	nej	nej	ja	nej	0,83	
261	x			beton	30 ø	3,3		nej	nej	ja	nej	0,86	
294	x			beton	30 ø	3,8	ca. 25	nej	nej	ja	nej	0,91	
188	x			ler	31 ø	4,0	43	nej	nej	ja	nej	0,95	
28	x			ler	31 ø	4,5	7	nej	nej	ja	ja	1,00	
177	x			ler	30 ø	4,7	15	nej	nej	nej	nej	1,00	
257	x			beton	30 ø	5,0	15	nej	nej	ja	nej	1,04	
217	x	x		ler	31 ø	5,1	28	nej	nej	nej	nej	1,07	
216	x	x		ler	31 ø	5,2	28	nej	nej	nej	nej	1,09	
212	x	x		ler	31 ø	5,7	28	nej	nej	nej	nej	1,12	
214	x	x		ler	31 ø	6,4	28	nej	nej	nej	nej	1,20	
211	x	x		ler	31 ø	6,6	28	nej	nej	nej	nej	1,21	
32	x			ler	31 ø	6,7	7	nej	nej	ja	nej	1,22	
144	x			ler	31 ø	7,0	ca. 25	nej	nej	ja	nej	1,25	
145	x			ler	31 ø	7,5	ca. 25	nej	nej	ja	nej	1,30	
229	x			beton	35 ø	1,4	17	nej	nej	ja	nej	0,61	
255	x			ler	35 ø	1,95	40	nej	nej	nej	nej	0,72	
235	x			beton	35 ø	2,0	12	nej	nej	ja	nej	0,73	
262	x			beton	35 ø	2,9		nej	nej	ja	nej	0,87	
222	x	x		beton	35 ø	3,5	18	nej	nej	ja	nej	0,96	
124	x			beton	35-40 ø	3,3	15	nej	nej	ja	nej	0,98	
243	x			beton	35 ø	4,5	12	nej	nej	nej	nej	1,80	
68	x		x	ler	37 ø	1,25	45	nej	nej	ja	nej	0,60	
128	x			beton	38 ø	1,2	35	nej	nej	ja	nej	0,60	
36	x	x		ler	38 ø	1,7		nej	nej	ja	nej	0,71	
46	x			beton	38 ø	2	ca. 30	nej	nej	ja	nej	0,77	
29	x			ler	38 ø	2,1	7	nej	nej	ja	nej	0,78	
178	x			ler	38 ø	3,0	15	nej	nej	nej	nej	0,93	
145	x			beton	38 ø	4	ca. 30	nej	nej	lidt	nej	1,10	
159	x			beton	38 ø	4	ca. 30	nej	nej	ja	nej	1,10	
158	x			ler	38 ø	8,3	ca. 50	delvis	nej	ja	ja	1,55	

Fig. 4

LEDNINGER MED SVAGT FALD.

Lednings- nr.	Er ledningen en afsluk- kloak	afsluk- rende led- ning	spil- de- vands- led- ning	regn- vands- led- ning	Lednings- materi- ale (beton- eller spb.)	Lednings- dimen- sion (cirk. eller spb.)	Antal år, led- ningen har funge- ret	Har tillig- bet pas- set hus- tanken?	Er der tæren- do stof- fer i afslu- bet?	Er der kon- stateret aflejt- for- ring?	Er der kon- stateret stop- pel- se?	I bekræftende fald hvordan holdes ledningen ren?	Ha- stigt- hed ved fuld led- ning m/sek.	Øvrige bemærk- ninger	
278 3 218	x	x			beton beton ler	40 # 40 v 39 #	1,25 1,4 2,0	nej ja nej	nej nej nej	lidt ja ja	nej nej nej	trækkes 1 gang årlig	0,63 0,66 0,78	trærødder	
263 219 72 217 57	x x x x	x x			beton ler beton ler beton	40 # 39 # 40-50 # 39 # 40 v	2,5 2,7 2,5 3,1 4,8	nej nej nej nej delvis	nej nej nej nej nej	nej ja nej nej lidt	nej nej nej nej nej	" " " " aldrig renset	0,89 0,90 0,95 0,96 1,20	trærødder trærødder trærødder	
75 264 176 44	x x x x				beton beton beton beton	45-75 v 45 v 46 # 45 #	2 2,2 2,5 4	29 nej ja ca. 30	7 nej nej nej	ja nej ja nej	nej nej ja nej	trækkes 1 g. årl. med stålband	0,85- 1,15 0,89 0,96 1,20		
33 34 162 296	x x x x				beton beton beton beton	47 # 47 v 47 # 47 #	0,5- 2,7 0,8- 2,7 1,4 1,9	nej nej nej 12 30	nej nej nej ja ja	nej nej ja nej nej	ja ja nej nej nej	trækkes " " slambrønd renses	0,44- 1,01 0,55- 1,00 0,73 0,85		
115 297 4 56 209 265 126 207 208 242 125 206 210	x x x x x x x x x x x x	x x x			beton beton beton beton beton beton beton beton beton beton beton beton	50 # 50 # 50 v 50-65 v 50 v 50 # 50 v 50 v 50 # 50 v 50 v 50 v	1 1,0 1,4 1,53 2,0 2,0 2,5 3,1 3,4 4,5 6,0 9,9 11,3	20 7 15 6-7 28 35 28 28 12 15 28 28	ja ja ja delvis nej nej nej nej nej nej nej nej	nej nej ja ja ja ja ja ja nej nej ja ja	nej nej nej nej nej ja ja ja ja nej nej ja ja	trækkes trækkes 1 g. årl. trækkes trækkes 1 g. årl. " " trækkes trækkes 1 g. årl.	0,64 0,64 0,75 0,80 0,90 0,90 1,00 1,11 1,17 1,33 1,55 2,00 ?	trærødder trærødder	
107 277 112 143 266 13 232 223 233	x x x x x x x x x	x x		x	beton ler beton beton beton beton beton beton beton	55 v 55 # 55 # 55 v 55 v 55 # 55 # 55 # 55 #	0,8 1,0 1,4 1,5 1,8 1,05 3,1 4,0 11,0	12 ca. 25 43 17 19 16	ja ja nej nej nej nej nej nej nej	nej ja nej nej nej ja ja ja ja	nej nej nej ja nej nej nej nej nej	trukket i 1950 trækkes regnskyl trækkes 1 g. årl. " "	0,60 0,67 0,80 0,81 0,90 0,90 1,18 1,34 2,22	trærødder	
8 20 129 284 267	x x x x x	x			beton beton beton beton beton	60 v 62 v 60 # 60 # 60 v	0,76 0,95 1,2 1,6 1,7	11 48 35 4 nej	nej nej nej nej nej	nej ja nej ja ja	nej nej nej nej nej	nej nej nej nej nej	aldrig renset trækkes skylles aldrig renset	0,61 0,70 0,78 0,90 0,93	{ 1/3 belastet, v = 0,32 m/s
55 130 109 127 227 224 225 226 228	x x x x x x x x x	x x			beton beton beton beton beton beton beton beton beton	65 v 63 # 65 v 65 v 63x66 65 # 65 # 65 # 65 # 65 #	0,9 1,0 1,7 2,3 2,4 2,4 3,3 3,4 3,6	3 35 40 18 18 18 18 18 18	delvis nej ja nej nej nej nej nej nej	nej nej nej nej ja ja ja ja ja	lidt nej nej nej ja nej nej nej nej	nej nej nej nej ja nej nej nej nej	endnu ikke renses skylles trækkes trækkes 1 g. årl. " " " " "	0,71 0,73 0,97 1,16 1,16 1,37 1,38 1,40	trærødder trærødder trærødder trærødder trærødder
141 10 282 187 260 288 241	x x x x x x x	x x			beton beton beton beton beton beton beton	70 v 70 v 70-80 # 70 # 70 v 70 v 70 #	0,58 0,8 1,1- 1,3 1,32 1,4 1,5 2,0	ca. 25 40 7 10 15 15 12	nej nej nej nej nej nej nej	ja ja ja nej nej nej nej	ja ja nej nej nej nej nej	trækkes trækkes 1 g. årl.	0,59 0,70 0,86 0,90 0,93 0,95 1,10		
110		x			beton	75 v	1,5	ja	nej	nej	nej		1,00		

LEDNINIER NED SVAGT P A L D.

[illegible]

der ikke i besvarelsene er opgivet noget tal for spildevandsmængden, kan hastigheden svarende til denne vandmængde ikke beregnes. Men da spildevandsmængden ved fælleskloakker kun udgør en lille brøkdel af vandmængden ved fuld ledning, vil f. eks. hastigheden svarende til spildevandsmaksimum være betydelig mindre end hastigheden ved fuldtløbende ledning.

Hensigten med undersøgelsen af ledningerne med svagt fald var naturligvis først og fremmest — hvis det var muligt — at finde frem til et minimumsfald for ledningerne. En betragtning af skemaerne fig. 2—5 giver et meget broget billede af forholdene. Det fremgår ikke umiddelbart, at større fald og dermed større hastigheder giver mindre anledning til aflejring i ledningerne eller færre forstoppelser. Og heller ikke en nøjere gennemgang af materialet giver noget tydeligt tegn herpå. Beregner man f. eks. gennemsnitshastigheden for alle fælleskloakker, hvor der har været aflejringer, faas $v = \text{ca. } 0,89 \text{ m/sek.}$, medens man for alle de opførte fælleskloakker, hvor der *ikke* har været nogen aflejringer, får gennemsnitshastigheden $v = 0,94 \text{ m/sek.}$ Forskellen er jo ikke stor. På tilsvarende måde fås for alle fælleskloakker uden forstoppelse $v = 0,84 \text{ m/sek.}$ og for alle fælleskloakker *med* forstoppelse $v = 0,90 \text{ m/sek.}$ De afskærende ledninger giver lignende resultater.

Selv om specielle forhold som f. eks. trærodde, der vokser ind i ledningerne, sætninger eller særlige stoffer i spildevandet kan gribe forstyrrende ind i billedet, kan man ikke sige, at materialet giver grundlag for at fastsætte et bestemt minimumsfald for en ledning med en bestemt dimension, således at man er sikret mod aflejringer, hvis man holder faldet over denne minimumsværdi. Man må snarere sige, at inden for det område, som undersøgelsesresultaterne omfatter, kan man altid risikere at få aflejringer. På den anden side må man vel gå ud fra, at de kommuner, der har svaret, har bestræbt sig for at nævne alle de ledninger, der har givet ulemper, således at der ikke skulle findes mange ledninger med større fald end de anførte, som har givet anledning til aflejringer. Man skulle altså kunne få en vis rettesnor for minimumsfaldet (en slags øvre grænse) ved

for hver ledningsdimension at tage den ledning med *størst* fald, som har givet aflejringer. Dette er gjort for fælleskloakker i fig. 6 og for afskærende ledninger i fig. 7. Faldet er afsat som ordinat efter logaritmisk skala, ledningsdimensionen som abscisse efter alm. skala.

Det ses, at punkternes beliggenhed er meget uregelmæssig. Når f. eks. en 50 cm spb. ledning med 10 ‰ fald giver aflejring, må der være en speciel årsag hertil, og der er derfor ikke anledning til at lægge sådanne tilfælde til grund for fastsættelse af minimumsfaldet i almindelighed.

I „Kloakteknik“ 1950 under afsnittet „Kloaknettets beregning“ er på side 61 anført, at minimumsfaldet for fælleskloakledninger med diameter 20—30 cm kan sættes til 12,5 — 8 ‰ (tabel 12) afhængig af største vandføring. For større ledninger er minimumsfaldet angivet som funktion af spildevandsmængden (se fig. 7 side 63). Da der imidlertid i beregningerne for spidsbundede ledninger er forudsat en vanddybde på $\frac{1}{8}$ af diameteren svarende til en spildevandsmængde på 1,5 ‰ af vandmængden ved fuldtløbende ledning, kan man *under denne forudsætning* omregne kurverne fra „Kloakteknik“ fig. 7, således at minimumsfaldet bliver en funktion af ledningsdimensionen. Dette er gjort ved indtegnning på fig. 6 af linien $I = \frac{10}{\sqrt{q}}$. Kurvens punkter er fundet på den måde, at det f. eks. for en 50 cm spb. ledning gælder, at den med et vandspejlsfald på 4,9 ‰ har en vandføring på 285 l/sek. Hertil svarer en spildevandsmængde på $0,015 \cdot 285 = 4,3$ l/sek. Det hertil svarende minimumsfald findes af fig. 7 i „Kloakteknik“ netop til 4,9 ‰. For cirkulære ledninger med en vanddybde på $0,08 \times$ diameteren svarende til en spildevandsmængde på 1,5 ‰ af vandmængden ved fuldtløbende ledning fås under samme forudsætninger en kurve $I = \frac{12}{\sqrt{q}}$, som ligeledes er indtegnet på fig. 6.

Det skal fremhæves, at kurverne på fig. 6 kun er fremstillet til brug i dette specielle tilfælde, hvor man ikke kender spildevandsmængden, men at det i øvrigt, som fremhævet i „Kloakteknik“, er mere rigtigt at sætte ledningsfaldet i forhold til spildevandsmæng-

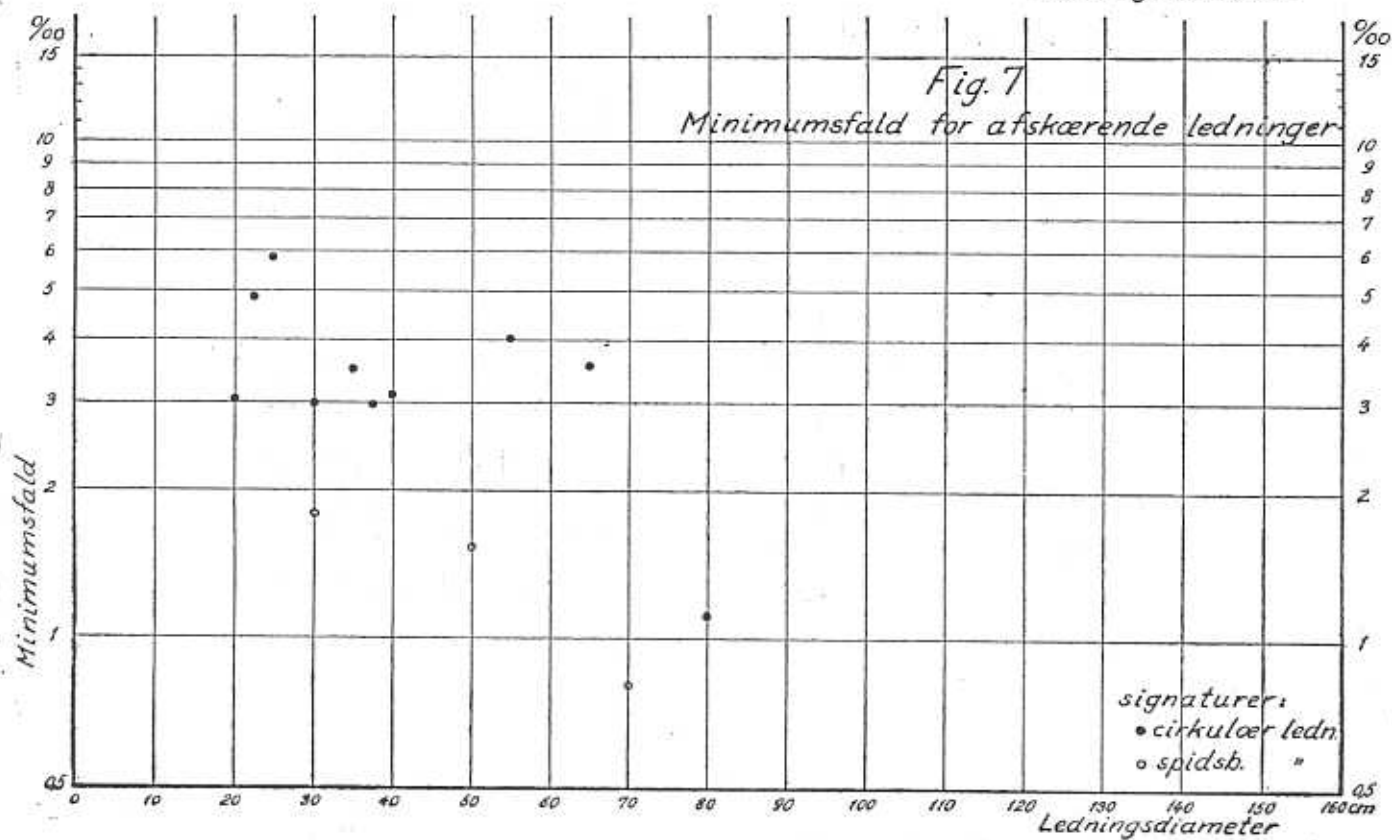
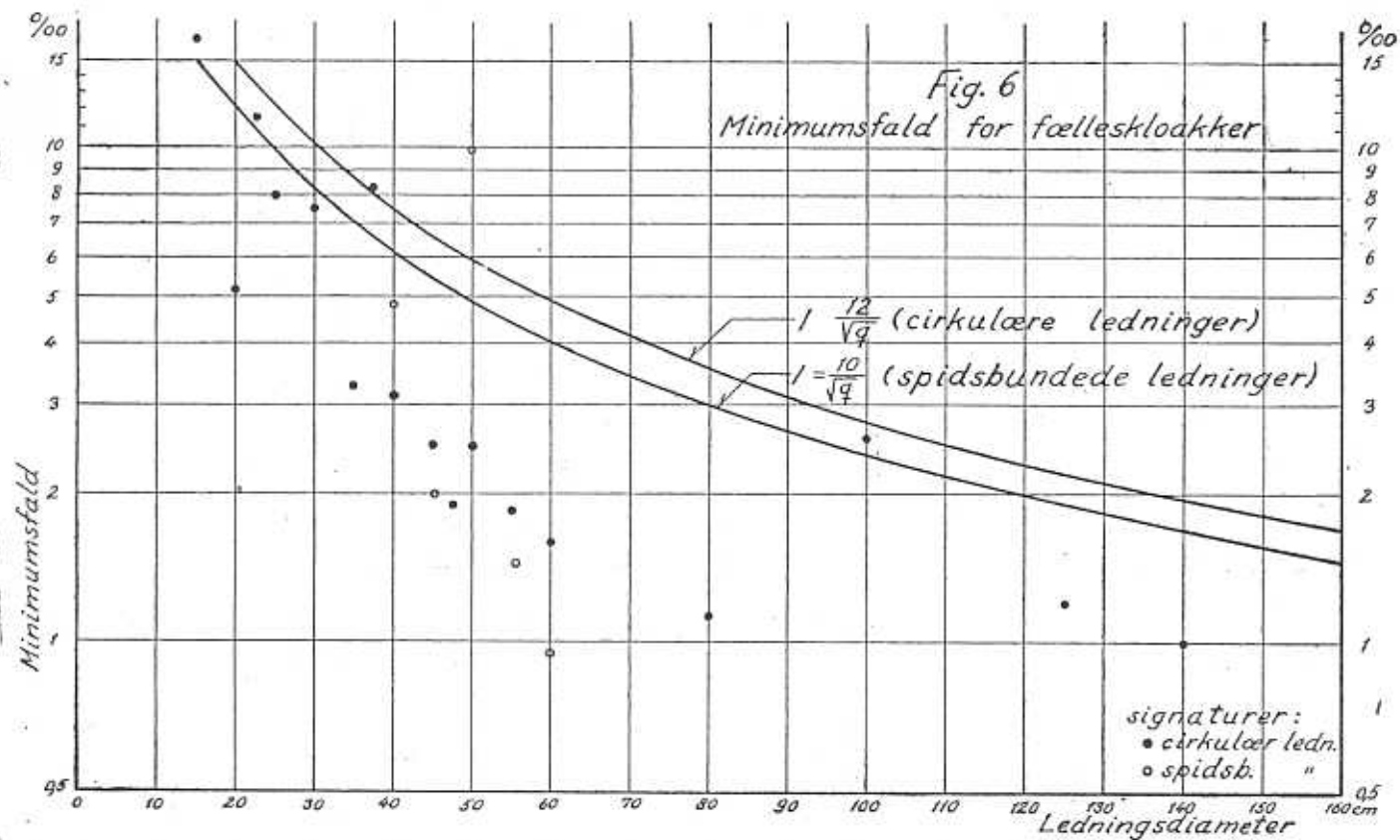
den, eventuelt største vandføring, end i forhold til ledningsdiamet-
teren.

Punkternes beliggenhed i forhold til kurverne på fig. 6 giver grund
til at formode, at et minimumsfald på $I = \frac{10}{\sqrt{q}}$, henholdsvis
 $I = \frac{12}{\sqrt{q}}$ i almindelighed vil være på den sikre side, navnlig for
større ledningsdimensioner, men undersøgelsens resultat er ikke så
klart, at det kan motivere nogen revision af de i „Kloakteknik“ givne
retningslinier for fastsættelse af fælleskloakkers minimumsfald. Be-
regningerne i „Kloakteknik“ er opstillet på grundlag af forudsæt-
ningen om en slæbekraft på $0,15 \text{ kg/m}^2$ og på grundlag af dimen-
sioneringsformlen $v = 70 \cdot R^{0,6} \cdot I^{0,5}$. Kurverne for minimumsfaldet
bliver dog praktisk talt de samme, selv om man regner med den
nye dimensioneringsformel $v = 72 \cdot R^{0,635} \cdot I^{0,5}$, der er angivet i
„Kloakteknik“ side 78.

Hvad angår afskærende kloakledninger, ses de tilsvarende resul-
tater på fig. 7. Punkterne ligger også her meget spredt, hvilket delvis
kan skyldes, at der er forskellige opspædningsgrader for de afskæ-
rende ledninger. På grund af punkternes spredning kan man ikke
angive et bestemt minimumsfald for en afskærende ledning som
funktion af ledningens dimension.

For separate spildevandsledninger og separate regnvandsledninger
er oplysningerne — desværre — så få, at de ikke kan benyttes til at
angive retningslinier for minimumsfaldet.

Af betydelig interesse er oplysningerne om, hvorledes ledningerne
holdes rene. De fleste steder, hvor der gives bestemte oplysninger,
renses ledningerne ved trækning eller skylning 1 eller 2 gange årlig.
Naturligvis betyder dette en stor forøgelse af driftsudgifterne for en
kloakledning, men på den anden side kan man i mange tilfælde
forsvare at tage denne merudgift, idet man ellers ville være tvunget
til at bygge en pumpestation.



ENGLISH SUMMARY

The Maximum and Minimum Slopes of Sewers.

„The „Committee of Sewage Disposal“ established by the Institution of Danish Civil Engineers has obtained information from several cities regarding sewers with steep or slight slopes in the hope that the results would make it possible to give a set of rules for the maximum and minimum slopes of sewers.

As to sewers with steep slopes, the investigation shows us that there are few cases where the bottom shows signs of being worn out, even though the investigation included sewers with water running at the rate of 8–9 meters per sec. when full. Thus the results of the investigation prove that no certain maximum slope or rate of speed can be determined.

Investigations of sewers with slight slopes include sewers with diameters from 15 cm. to 160 cm. and with water running at the rates of about 0.20 m. per sec. to 2 m. per sec. when full. Sedimentations and obstructions occur in many of the sewers, and they must be kept clean by being flushed and scraped. But the investigation does not make it possible to find any certain minimum slope or rate of speed to safeguard against accidents.