

NEDBØRENS FORDELING EFTER INTENSITET

Bearbejdelse af regnmålerdiagrammer fra Odense
for årene 1936-41 med særligt henblik på den
samlede årlige nedbørs fordeling efter intensitet.



1. udgave 1953
Fotografisk optryk 1969

TEKNISK FORLAG
KØBENHAVN

Aalborg Universitetsbibliotek

530001807535



09373

Det af *Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomité* i 1944 nedsatte *dimensioneringsudvalg* har på komiteens opfordring i 1949 optaget spørgsmålet om nedbørens fordeling efter intensitet til undersøgelse og har derefter d. 23. april 1952 afgivet nærværende betænkning, der fremtræder som

Spildevandskomiteens skrift nr. 4.

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.
amtsvejnspektør, civilingeniør A. P. Grimstrup.
inspektør A. Paludan,
civilingeniør P. H. Rendsvig.
stadsingeniør, cand. polyt. J. A. C. Rastrup
(spildevandskomiteens formand).

Indhold:

	Side
Undersøgelsens formål	5
Tidligere undersøgelser med lignende formål	6
Beskrivelse af den foretagne bearbejdelse	6
Forhold af betydning for overfaldenes funktion	15
Beregning af fordelingen af regn- og spildevandsmængder ved et overfald	17
Bestemmelse af det antal dage, på hvilke et overfald træder i funktion	24
Sammenligning med tidligere offentliggjorte resultater af tilsvarende undersøgelser	26
Eksempler på anvendelse af de fundne resultater	31
Resumé	37
Summary	42
Bilag nr. 1—13.	

1.

Undersøgelsens formål.

I det af Dansk Ingeniørforenings spildevandskomité udgivne skrift nr. 2 „Bearbejdelse af diagrammer fra de af Stads- og Havneingeniørforeningen opstillede selvregistrerende regnmålere for årene 1933—1947“ var bearbejdelsen af diagrammerne fra byerne Gentofte og Odense, Ålborg og Århus sket med henblik på bestemmelse af regnrækker til brug for dimensionering af et kloakledningsnet.

Som omtalt i ovennævnte skrift var regnmåleren i Odense for 6 års vedkommende i funktion hele året, medens den i de resterende år og de øvrige regnmålere i samtlige år indenfor den pågældende årrække 1933—1947 kun var i funktion i sommerhalvåret.

Den helårige drift af regnmåleren i Odense er muliggjort ved en simpel opvarmningsanordning, bestående af 2 stk. 25 Watt elektriske pærer. Anordningen virkede upåklageligt med hensyn til frostsikring af svømmerbeholderen. I stærk frost har snesmeltningen formentlig medført nogen fortegnings af resultatet. Af forskellige grunde ophørte man med den helårige drift i 1942 og har først genoptaget den i efteråret 1951. Det må ønskes, at registreringen ved de øvrige eksisterende målere ligeledes, hvor det er muligt, vil blive udstrakt til hele året, når dette kan gøres ved så simple midler som nævnt.

Da der således forelå et diagrammateriale for hele året indenfor en periode af 6 år, vedtog spildevandskomiteen som en naturlig fortsættelse af ovennævnte arbejde at lade foretage en bearbejdelse af dette materiale med særligt henblik på den samlede årlige nedbørs fordeling efter intensitet, idet resultaterne af en sådan undersøgelse har særlig interesse ved bedømmelse af den for et kloakanlæg efter

fællessystemet fastsatte opspædningsgrads betydning såvel for tilledning af spildevand til recipienten (gennem overløbsledninger) som for den samlede årlige regnvandsmængde, der gennem de afskærende ledninger føres til pumpestationer eller renseanlæg. Denne vandmængde er af stor betydning for en skønsmæssig beregning af driftsudgifterne ved et projekteret anlæg.

Bearbejdelsen er ligesom ved skrift nr. 2 foretaget af civilingeniør P. H. Eriksen med bistand af civilingeniør Ejner Larsen og for enkelte afsnits vedkommende af civilingeniør P. H. Rendsvig.

2.

Tidligere undersøgelser med lignende formål.

Spørgsmålet om nedbørens fordeling efter intensitet har tidligere været behandlet herhjemme af fhv. kommuneingeniør H. C. Bache, Søllerød, i „Den tekniske Forenings tidsskrift“ nr. 10 og 11/1939, af stadsingeniør N. G. Høst-Madsen, Kerteminde, i „Stads- og Havneingeniøren“ nr. 7/1942, side 107, samt af civilingeniør P. H. Rendsvig, stadsingeniørens direktorat, København, i „Stads- og Havneingeniøren“ nr. 11/1947, side 137.

Fælles for alle disse undersøgelser er, at beregningerne kun bygger på observationer indenfor sommerhalvåret og for sidstnævntes vedkommende kun omfattende regnskyl med intensiteter større end 30 l/sek./ha. Da det netop ved den heromhandlede undersøgelse er de svagere regnskyl, der har størst interesse, og disse for en stor del falder i vinterhalvåret, er de nævnte undersøgelser behæftede med så store mangler, at man ikke har turdet lægge alt for megen vægt på resultaterne.

3.

Beskrivelse af den foretagne bearbejdelse.

På bilag 1 er anført de i det følgende anvendte bogstavsymboler. Som grundlag for bearbejdelsen forelå diagrammer for årene

1936—41 fra den på foranledning af Stads- og Havneingeniørforeningen i Danmark opstillede selvregistrerende regnmåler i Odense.

Ved bearbejdelsen anvendtes et på transparent papir tegnet liniebundt, hvis linier havde hældninger svarende til regnintensiteterne 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80, 100 og 130 l/sek./ha. Ved at bevæge dette liniebundt henover regndiagrammerne kunne det registrerede regnskyl deles i de til mellemrummene mellem linierne svarende intensitetsintervaller, idet der samtidig foretoges en aflæsning af nedbørsmængden indenfor de enkelte intervaller.

Når man valgte den direkte bestemmelse af nedbørsmængden (og ikke nedbørsvarigheden), skyldtes det hovedsagelig, at mængdens fordeling efter intensitet skønnedes at have større interesse end varighedens. Nedbørsvarighedens fordeling efter intensitet blev derfor bestemt ved beregning ud fra middelintensiteten i de enkelte intensitetsintervaller.

Der er dog for kontrollens skyld foretaget en direkte bestemmelse af den samlede årlige regnvarighed for regnskyl med intensiteter under, henholdsvis over 2 l/sek./ha. Ved denne undersøgelse viste det sig meget vanskeligt at foretage en nogenlunde nøjagtig bestemmelse af regnvarigheden for intensiteter under 2 l/sek./ha., hvilket også resulterede i en meget dårlig overensstemmelse med den ved beregning fundne samlede regnvarighed for regnskyl med disse intensiteter. Denne kontrolundersøgelse bekræftede derfor, at den valgte fremgangsmåde med den direkte bestemmelse af nedbørsmængden var den rigtige.

De ved bearbejdelsen fundne resultater blev indført i skemaer som vist på fig. 1 med kolonner svarende til de ovenfor nævnte intensitetsintervaller begyndende med intervallerne 0—2, 2—4 o. s. v. og endende med intensiteter over 130 l/sek./ha. I kolonner umiddelbart til venstre for de enkelte nedbørskolonner anførtes datoen for regnskyllet og foroven i skemaet året samt tidspunktet indenfor døgnet, idet dette blev inddelt i 8 tidsintervaller à 3 timer, således at der fandtes et skema for hvert interval. Disse intervaller var fra kl. 8—11, 11—14, 14—17, 17—20, 20—23, 23—2, 2—5 og 5—8.

Fig. 1.

Tidsinterval:

[illegible][illegible]

Fig. 2.

1/sek/hn

[illegible]

Årsagen til denne deling af døgnet var, at en eventuel ulige fordeling af nedbøren over døgnet på grund af spildevandsstrømmens variation indenfor dette ville have stor betydning for beregningen af den opspædningsgrad, for hvilken et overfald vil træde i funktion, og dermed for fordeling af regn- og spildevandsmængden mellem den afskærende ledning og overløbsledningen.

De i disse skemaer anførte nedbørsmængder blev for hvert intensitetsinterval og tidsinterval summeret for henholdsvis sommer- og vinterhalvåret og opført i skemaer som vist på fig. 2, indeholdende kolonner for de nævnte 8 tidsintervaller à 3 timer samt en kolonne for totalværdien for hele døgnet. Hver kolonne var delt i 3 dele for henholdsvis sommerhalvåret (april—september), vinterhalvåret (oktober—marts) og hele året. Foruden en vandret række for hvert år fra 1936 til 1941 fandtes en række for totalværdier og en for gennemsnitsværdier.

Disse gennemsnitsværdier er anført i skemaet bilag 2, som angiver nedbørens fordeling over døgnet efter intensitet indenfor henholdsvis sommerhalvåret, vinterhalvåret og hele året. I de 2 nederste rækker indenfor hvert af de 3 afsnit er for hvert intensitetsinterval anført henholdsvis den samlede registrerede nedbør og den samlede nedbør, korregeret som omtalt i det følgende (side 12). I kolonnerne yderst til højre er anført den totale nedbørsmængde indenfor døgnet 3-timers perioder.

Der er i skemaet bilag 2 anvendt fede typer til tallene for nedbøren i den halvdel af døgnet, hvor nedbøren indenfor det pågældende intensitetsinterval er størst. Dette er dog ikke gennemført for intensiteter > 40 l/sek./ha. for vinterhalvåret på grund af nedbørsmængdernes ringe størrelse og uensartede fordeling.

Ved betragtning af skemaet ses det for sommernedbørens og årsnedbørens vedkommende, at nedbøren fordeler sig på forskellig måde over døgnet i de tre intensitetsområder:

små intensiteter:	under 2—4 l/sek./ha.
middel intensiteter:	fra 2—4 til 30—40 l/sek./ha.
store intensiteter:	over 30—40 l/sek./ha.

Indenfor hvert af disse tre intensitetsområder må det erkendes, at der — trods enkelte afvigelser — i det store og hele optræder en ensartet fordeling af nedbøren over døgnet.

For vinternedbørens vedkommende kan der ikke af dette skema ses nogen tilsvarende lovmæssig fordeling. Det vil dog fremgå af det følgende, at nedbøren også her varierer på samme måde, blot ikke så udpræget.

Lovmæssigheden af nedbørens fordeling over døgnet kan også erkendes ved optegning af udjævnede kurver for nedbørsfordelingen. Disse konstrueres ved grafisk at bestemme gennemsnitsværdierne for nedbøren i på hinanden følgende tidsafsnit, idet nedbøren i disse tidsafsnit gives vægtene 1—2—1, — evt. 1—4—6—4—1 svarende til en gentagelse af den første operation. Et eksempel herpå er vist på bilag 3, der omfatter intervallet 0—2 l/sek./ha.

På bilag 4 er på grundlag af bilag 2 grafisk angivet nedbørens fordeling over døgnet for hvert af de tre intensitetsområder: 0—2 l/sek./ha., 2—40 l/sek./ha. og over 40 l/sek./ha. De herved fremkomne nedbørskurver kunne også udjævnes, hvorved forskellene ville træde tydeligere frem, men dette er ikke gjort, da det fælles træk, det sekundære maksimum ved 20-tiden — som sikkert ikke er tilfældigt — ville forsvinde ved udjævningen. For middelintensiteterne, som giver den største nedbør, ses det, at maksimum ligger fra kl. 2 nat til kl. 11 formiddag. For de små og de store intensiteter ligger maksimum i dagtimerne. Navnlig for de allerstørste intensiteter er der et udpræget maksimum fra kl. 11—14. Generelt kan siges, at undersøgelsen til en vis grad bekræfter den gamle vejrrregel: „Den regn, der begynder før 7, holder op inden 11. Den regn, der begynder efter 7, varer ved hele dagen“.

Da afvigelsen fra en jævn fordeling imidlertid ikke er så stor, og de her gengivne resultater kun er baseret på målinger gennem 6 år, er den videre bearbejdelse af materialet foretaget under den forudsætning, at nedbøren er jævnt fordelt over døgnet.

Den i skemaet bilag 2 beregnede gennemsnitlige nedbørsmængde

er for sommer- og vinterhalvåret angivet til henholdsvis 255,9 mm og 202,1 mm og for hele året til 458,0 mm.

Det fremgår dog af pluviogrammerne, at en gennemsnitlig årlig nedbørsmængde på ca. 27 mm, på grund af at måleren har været i uorden, ikke er blevet registreret og derfor ikke har kunnet medtages i de i bilag 2 anførte nedbørsmængder.

Endvidere fremgår det af enkelte pluviogrammer, at måleren har været i uorden, uden at den manglende registrerede nedbørsmængde er anført. Det skønnes ved sammenligning med de i Meteorologisk Instituts „Månedsoversigt“ anførte daglige nedbørsmængder for stationen i Odense (Blangstedgård), at den således ikke registrerede nedbør i gennemsnit andrager ca. 4 mm årlig.

Den samlede årlige nedbørsmængde bliver derefter ca. 490 mm, hvilket er en værdi, der ligger væsentligt under den gennemsnitsværdi på ca. 600 mm, som man sædvanligvis regner med for hele landet.

Ved en på grundlag af de i Meteorologisk Instituts „Månedsoversigt“ anførte månedlige nedbørsmængder foretagen beregning findes for den pågældende årrække 1936—41 for stationen i Odense, at gennemsnitsværdien for nedbøren i sommerhalvåret har været 285 mm, i vinterhalvåret 275 mm og for hele året 560 mm.

Denne værdi ligger betydeligt nærmere den ovenfor nævnte gennemsnitsværdi, 600 mm, end den ved nærværende bearbejdelse af diagrammerne fundne samlede nedbørsmængde på 490 mm.

Der er — bortset fra de perioder, hvor den pågældende måler har været i uorden, og for hvilke der er foretaget korrektion af nedbørsmængden — intet, der tyder på, at måleren ikke har registreret den nedbør, der er faldet, hvorfor man må antage, at den fundne værdi, 490 mm, er gældende for den omhandlede station i den pågældende årrække.

Selv om de absolutte nedbørsværdier er uden egentlig værdi for de ved nærværende undersøgelse fundne resultater, som udtrykkes i ‰ , har det dog en vis betydning, at de i tabellerne for udregning af ‰ -værdierne anførte absolutte værdier giver et så korrekt billede

af forholdene i almindelighed, som det er muligt på grundlag af det foreliggende materiale.

Der er derfor foretaget en korrektion af de i bilag 2 i næstnederste række anførte gennemsnitsværdier af den samlede årlige nedbørsmængde indenfor de forskellige intensitetsintervaller ved indenfor afsnittene for sommer, vinter og hele året at forhøje de enkelte tal i samme forhold, som de indenfor de 3 afsnit anførte totale nedbørsmængder skal forhøjes for at stemme med de efter Meteorologisk Instituts „Månedsoversigt“ beregnede nedbørsmængder for stationen i Odense 1936—41.

De i bilag 2 anførte korrigerede værdier for den samlede nedbørsmængde indenfor de forskellige intensitetsintervaller er anført i tabellerne bilag 5 i kolonnerne n_i (mm). I kolonnen til højre herfor er disse mængder angivet i ‰ af den samlede årlige nedbørsmængde N_a .

Ved successiv summation af tallene i ovennævnte kolonne fås den samlede årlige nedbørsmængde N_{hi} for regnskyl med intensiteter højere end i . Disse værdier er anført i kolonnen til højre for de før nævnte.

Ved hjælp af de i kolonnerne til venstre for nedbørsmængden anførte middelintensiteter i mm/min. og de til disse svarende nedbørsmængder i mm beregnes regnvarigheden t_{ri} (min.) for regnskyl af intensitet i og ved summation heraf den samlede regnvarighed T_{hi} for regnskyl med intensiteter højere end i .

Disse værdier tillige med de tilsvarende værdier udtrykt i ‰ af den samlede årlige regnvarighed T_a er anført yderst til højre i tabellerne.

I efterfølgende skema 1 er i øverste række for intensiteterne henholdsvis mindre og større end 2 l/sek./ha. samt for samtlige intensiteter fra bilag 5 anført de for disse intensiteter beregnede samlede regnvarigheder omregnet til timer. I nederste række er anført de tilsvarende værdier fundne ved den foran side 2 omtalte direkte bestemmelse ved måling på diagrammerne.

S k e m a 1.

	Varighed af regnskyl (timer)								
	Intensitet < 2 l/sek/ha			Intensitet > 2 l/sek/ha			Samtlige regnskyl		
	S	V	Å	S	V	Å	S	V	Å
Værdier fra bilag 5	123	245	368	75	97	172	198	342	540
Direkte målte værdier	69	174	243	72	90	162	141	264	405

*) S = sommerhalvåret, V = vinterhalvåret, Å = hele året.

Der er, som det var at vente efter den tidligere nævnte store usikkerhed ved den direkte bestemmelse af regnvarighederne for regnskyl med intensitet mindre end 2 l/sek./ha., meget stor uoverensstemmelse mellem de i de 2 rækker for denne intensitet anførte tal.

For regnskyl med intensitet større end 2 l/sek./ha. er overensstemmelsen derimod så god, at man må kunne antage, at den foretagne beregning af regnvarighederne har været rigtig.

De i tabellerne i bilag 5 fundne resultater er fremstillet grafisk i bilagene 6 og 7, der gengiver henholdsvis nedbørsmængdens og nedbørsvarighedens fordeling efter intensitet.

Ved forskellige beregninger er det bekvemt at kunne operere med formler for regnvarighed og nedbørsmængder som funktion af intensiteten — selv om dette givetvis må give mere usikre resultater end direkte anvendelse af de observerede værdier. Der skal foreslås følgende formelsæt:

$$t_{ri} = 25,2 \cdot 10^6 (i + 2,25)^{-3} \text{ sekunder}$$

$$n_i = 25,2 \cdot 10^2 (i + 2,25)^{-3} \cdot i \text{ mm}$$

$$T_{hi} = 12,6 \cdot 10^6 (i + 2,25)^{-2} \text{ sekunder}$$

$$= 2,1 \cdot 10^5 (i + 2,25)^{-2} \text{ minutter}$$

$$N_{hi} = 25,2 \cdot 10^2 (i + 2,25)^{-2} (i + 1,125) \text{ mm.}$$

Formlen for t_{ri} er opstillet i analogi med Rendsvigs formel i „Stads- og Havneingeniøren“ nr. 11/1947, side 139. Heraf fås formelen for n_i , idet

$$n_i = 10^{-4} \cdot i \cdot t_{ri}$$

Formlerne for T_{hi} og N_{hi} fås af formlerne for t_{ri} og n_i ved integration fra i til ∞ .

Sættes den årlige regnvarighed til 32389 minutter = ca. 540 timer, således som fundet i bilag 5, og den årlige nedbørmængde til 560 mm, fås tillige følgende udtryk:

$$T_{hi} = 6480 (i + 2,25)^{-2} \text{ 0/00 af } T_a$$

$$N_{hi} = 4500 (i + 2,25)^{-2} (i + 1,125) \text{ 0/00 af } N_a.$$

Disse kurver for N_{hi} og T_{hi} er vist på bilag 6 og bilag 7, og endvidere er de af formlerne beregnede værdier opført i bilag 5 til sammenligning med de observerede værdier.

Det ses, at kurven for N_{hi} er i meget god overensstemmelse med de observerede værdier med undtagelse af den del, der svarer til værdier af i større end ca. 100 l/sek./ha. Formlen for N_{hi} giver desuden den rigtige værdi for den samlede årlige nedbørmængde ($N_{hi} = 560$ mm eller 1000 0/00 for $i = 0$).

Medens kurven for T_{hi} giver meget god overensstemmelse for middelstore intensiteter (i beliggende mellem ca. 3 l/sek./ha. og ca. 30 l/sek./ha.), er overensstemmelsen ikke så god for $i < 3$ l/sek./ha. og for $i > 30$ l/sek./ha. Formlen for T_{hi} giver heller ikke den rigtige værdi for den samlede årlige regnvarighed ($i = 0$ giver $T_{hi} = 41500$ min. = 692 timer eller 1279 0/00 af den observerede værdi af T_a).

Som det fremgår af det foregående, må de observerede værdier af nedbørmængderne tillægges en større nøjagtighed end værdierne af varighederne, og man har derfor lagt hovedvægten på at få god overensstemmelse mellem kurven for N_{hi} og de observerede værdier af N_{hi} , medens overensstemmelsen for T_{hi} 's vedkommende så må komme i anden række.

Forhold af betydning for overfaldenes funktion.

Nærværende undersøgelse er hovedsagelig foretaget for at skabe mere klarhed over opspædningens betydning for

- 1) den forurening, der gennem overløbsvandet tilføres recipienten, og
- 2) den regnmængde, der gennem de afskærende ledninger føres til pumpestationer og renseanlæg.

En faktor af afgørende betydning i denne forbindelse er den regnintensitet, ved hvilken overfaldene træder i funktion.

Med et spildevandsafløb på q l/sek./ha. og en opspædningsgrad m i forhold hertil skal den afskærende ledning fra et opland af størrelse F ha. foruden spildevandsafstrømningen $q \cdot F$ l/sek. kunne føre et regnvandsafløb på $m q F$ l/sek. eller i alt $(1 + m) q F$ l/sek., og højden af overfaldskanten skal være bestemt således, at aflastningen først finder sted, når vandføringen overstiger denne værdi.

Regnvandsafstrømningen Q for en regn af intensitet i er $Q = \varphi i F$, hvor φ er afløbskoefficienten for arealet.

Aflastning sker følgelig, når

$$Q = \varphi i F = m q F \quad \Rightarrow \quad i = \frac{m q}{\varphi}$$

$$\text{d. v. s. for } i = \frac{m q}{\varphi}$$

$$\phi \cdot i = q \cdot m$$

Spildevandsafstrømningen er imidlertid langt fra konstant, hvorfor opspædningsgraden heller ikke er det. Det spildevandsafløb, i forhold til hvilket opspædningsgraden sædvanligvis beregnes, er det maximale spildevandsafløb $q_{\max}$. Denne størrelse kan imidlertid opfattes på flere måder, enten som det maximale spildevandsafløb i døgnet med det største afløb eller som gennemsnittet af alle årets dages $q_{\max}$ eller måske på andre måder.

Den årlige middelværdi af spildevandsafløbet i l/sek./ha. (q_m) er derimod eentydig bestemt for et givet opland. Man har derfor her valgt at fastsætte opspædningsgraden m i forhold til middel-

spildevandsmængden q_m , men man må gøre sig klart, at de anvendte værdier af m som følge heraf ikke svarer til de sædvanlige. Kaldes opspædningsgraden i forhold til $q_{\max}$ for m_1 , og defineres $q_{\max}$ som spildevandsafløbet svarende til en timemængde på $1/10$ af den gennemsnitlige døgnvandmængde, har man

$$m \cdot q_m = m_1 \cdot q_{\max}$$

eller

$$m = \frac{q_{\max}}{q_m} \cdot m_1 = \frac{24}{10} \cdot m_1$$

$$m = 2,4 \cdot m_1$$

$$m_1 = 0,42 \cdot m$$

Hvis man definerer $q_{\max}$ som gennemsnittet af alle årets dages $q_{\max}$, skal man snarere sætte

$$\frac{q_{\max}}{q_m} = \frac{24}{15}, \text{ hvorefter fås } \begin{matrix} m = 1,6 \cdot m_1 \\ m_1 = 0,62 \cdot m \end{matrix}$$

Med den ovenfor indførte definition af m som opspædningsgraden i forhold til q_m bliver den regnintensitet i_o , ved hvilken et overfald træder i funktion, bestemt af

$$i_o = \frac{m \cdot q_m}{\varphi_m}$$

hvor φ_m er oplandets middelafløbskoefficient.

Det ses altså, at foruden opspædningsgraden m spiller forholdet mellem middelspildevandsmængden pr. ha q_m og middelafløbskoefficienten φ_m , d. v. s. middelspildevandsmængden pr. ha reduceret areal, en stor rolle, når talen er om at foretage en beregning vedrørende aflastning ved et overfaldsbygværk.

Forholdet $q_m : \varphi_m$ er ikke konstant, men afhænger af bebyggelsens art og er i hovedtræk voksende med voksende beboelsestæthed. I bilag 8 er for forskellige værdier af beboelsestæthed, vandforbrug og afløbskoefficient fundet en variation af $q_m : \varphi_m$ fra ca. 0,20 til ca. 3,50. Endvidere er ved hjælp af ovenstående formel for i_o bereg-

net til de forskellige værdier af $q_m : \varphi_m$ og til opspædningsgrader fra $m = 1,5$ til $m = 25$ svarende værdier af i_0 , der ses at variere fra ca. 0,3 til ca. 90 l/sek./ha. Værdier under 2 l/sek./ha og over 30 l/sek./ha anvendes dog sædvanligvis ikke. Værdier af i_0 lavere end 2 l/sek./ha forekommer kun ved opspædningsgrader mindre end 4—5, målt i forhold til q_m , altså opspædningsgrader på mindre end ca. 2 i forhold til q_{max} , samtidig med, at forholdet mellem q_m og φ_m er lille svarende til udelukkende lav bebyggelse. Disse betingelser må antages kun at være til stede i undtagelsestilfælde, idet så hyppige aflastninger, som der her vil blive tale om, normalt ikke vil kunne tolereres. Det vil derfor være tilstrækkeligt at undersøge forholdene vedrørende aflastning fra et overfaldsbygværk for værdier af i_0 fra 2 til 30 l/sek./ha.

Tallene i bilag 8 er kun opstillet for at få et skøn over, hvilke værdier af i_0 der kan forventes at komme i betragtning. Værdierne af indbyggerantal pr. ha, vandforbrug og afløbskoefficient står ikke i noget bestemt afhængighedsforhold til hinanden, og i konkrete tilfælde bør foretages en beregning af $q_m : \varphi_m$ og i_0 ud fra de for det specielle opland gældende værdier.

En ting, der medfører en unøjagtighed i beregningerne, er, at man, så længe der ikke foreligger materiale til bestemmelse af afløbskoefficientens variation med regnvarigheden, har måttet regne med konstant afløbskoefficient.

5.

Beregning af fordelingen af regn- og spildevandsmængderne ved et overfald.

Ved beregning af nedbørsmængdens og spildevandsmængdens fordeling mellem afskærende ledning og overløbsledning må man gå ud fra visse forudsætninger.

For det første forudsættes, at den afskærende ledning i hele den

periode, der sker aflastning fra overfaldsbygværkerne, konstant fører den vandmængde, som ledningen er beregnet at skulle føre i det øjeblik, aflastning begynder, d. v. s. vandmængden $(1 + m) \cdot q_m \cdot F$. Denne forudsætning holder ikke altid stik, idet man kan tænke sig en afskærende ledning med flere overfaldsbygværker, og som mellem disse fungerer som almindelig kloakledning. På strækninger, der ikke ligger i nærheden af renseanlæg eller pumpestation, vil vandspejlet da, især hvis overfaldskanterne ligger i samme kote, kunne indstille sig med et højdepunkt mellem to overfaldsbygværker, hvorefter alt regn- og spildevand aflastes. Dette tilfælde er imidlertid meget simpelt, idet man med tilstrækkelig nøjagtighed må kunne sige, at alt spildevand og regnvand går i den afskærende ledning, sålænge regnintensiteten er mindre end i_0 , hvorefter alt spildevand og regnvand går gennem overløbsledningen til recipienten.

Ved den efterfølgende beregning forudsættes desuden, at spildevandet til enhver tid — i hvert fald efter aflastningens ikrafttræden — er fuldstændig blandet med regnvandet, samt at ledningssystemet er selvrensende, således at der ikke ved et regnskyls begyndelse i ledningerne er aflejret slam, som under regn rives med på grund af den større vandhastighed og gennem overløbsledningen føres direkte ud i recipienten. En beregning for dette tilfælde, som vel ikke kan siges at høre til undtagelserne, lader sig desværre ikke gennemføre, da der er for mange ukendte faktorer. Det kan dog siges, at jo længere det varer, inden aflastningen begynder, jo større sandsynlighed er der for, at det aflejrede slam eller i hvert fald en del deraf bliver ført bort gennem den afskærende ledning, hvorfor det vil være rimeligt ved ledningssystemer, hvor faldforholdene er så dårlige, at det må forventes, at ledningerne ikke er selvrensende, at fastsætte en højere opspædningsgrad end ellers.

Idet man betragter forholdene ved et overfaldsbygværk på et fællessystem og går ud fra, at de ovenfor anførte forudsætninger gælder, fås følgende:

Sålænge det regner med en intensitet mindre end den intensitet

i_0 , der svarer til den afskærende lednings gennemsnitlige maximale regnvandsføring, vil såvel alt spildevand som alt regnvand fortsætte gennem den afskærende ledning og intet tilføres recipienten gennem overløbsledningen.

Umiddelbart inden aflastningen begynder, løber i den afskærende ledning foruden alt spildevandet en regnmængde svarende til intensiteten i_0 (mm/min.).

Når man herefter som nævnt forudsætter, at vandføringen i den afskærende ledning er konstant, og foreløbig for at simplificere forklaringen forlader forudsætningen om spildevandets blanding med regnvandet og siger, at alt spildevandet stadig fortsætter i den afskærende ledning, vil det sige, at der til hver tid løber en konstant regnmængde i_0 (mm/min.) i den afskærende ledning.

Den samlede nedbørsmængde n_i^a , der indenfor en regns forskellige intensitetsintervaller fortsætter i den afskærende ledning, er da $i_0 \cdot t_{ri}$, hvor t_{ri} er varigheden for det pågældende interval. Den over overfaldet strømmende nedbørsmængde indenfor de enkelte intensitetsintervaller bliver da

$$n_i^o = n_i - n_i^a$$

hvor n_i er den samlede nedbørsmængde indenfor det givne interval og n_i^a som nævnt den nedbørsmængde, der fortsætter i den afskærende ledning.

Herefter forlades den midlertidig gjorte forudsætning om, at alt spildevandet fortsætter i den afskærende ledning, hvilket blot vil sige, at det fundne udtryk for n_i^o ikke betyder den over overfaldet strømmende samlede nedbørsmængde, men den samlede vandmængde, bestående af en blanding af spildevand og regnvand i det til regnintensiteten svarende blandingsforhold, d. v. s. til at begynde med stærkt opblandet med spildevand og efterhånden svagere med voksende regnintensitet.

Under den antagne forudsætning om fuldstændig blanding af

regn- og spildevand vil forholdet mellem spildevandsmængden og den totale vandmængde (regn- + spildevand) være

$$\frac{q_m}{\varphi_m \cdot i + q_m} = \frac{\frac{q_m}{\varphi_m}}{i + \frac{q_m}{\varphi_m}}$$

hvorefter den over overfaldet strømmende spildevandsmængde q_i^0 indenfor hvert intensitetsinterval med middelintensiteten i bliver

$$q_i^0 = n_i^0 \cdot \frac{\frac{q_m}{\varphi_m}}{i + \frac{q_m}{\varphi_m}}$$

Ved summation af de for de enkelte intensitetsintervaller således fundne værdier af q_i^0 fås den samlede over overfaldet strømmende spildevandsmængde $\sum q_i^0$ svarende til en given værdi af den intensitet i_0 , ved hvilken overfaldet træder i funktion.

Den på denne måde beregnede fordeling af den samlede vandmængde indenfor sommer- og vinterhalvåret mellem den afskærende ledning og overløbsledningen samt beregning af den samlede spildevandsmængde, der indenfor de to halvår strømmer over overfaldskanten, er foretaget i tabeller som figur 3, hvor der i kolonnen yderst til højre er angivet de samlede værdier af de søgte vandmængder udtrykt i $\%$ af den samlede årsnedbør N_a , som for den pågældende periode har været 560 mm.

På bilag 9 er resultaterne fra disse tabeller sammenfattet og de totale årsværdier beregnet. Desuden er angivet den samlede årlige tid t_0 , overfaldet er i funktion, fundet af bilag 5 som T_{hi} for $i = i_0$.

De på bilag 9 fundne resultater er grafisk fremstillet på bilagene 10 og 11.

Bestemmelsen af de vandmængder, der aflastes gennem et overfald, samt overfaldets funktionstid, er omtalt af afdelingsingeniør A. Skadhauge i en artikel i „Ingeniøren“ nr. 30 for 28. juli 1951, hvor der er opstillet formler for den aflastede spildevandsmængde, den aflastede regnmængde og overfaldets funktionstid. Da formlerne imidlertid er baseret på den ovenfor omtalte af civilingeniør P. H. Rendsvig opstillede formel for regnvarigheden, må resultaterne nødvendigvis afvige en del fra de her fundne.

Når de ovenfor i 3. afsnit angivne formler benyttes som udgangspunkt, og de af afdelingsingeniør Skadhauge benyttede betegnelser s og a erstattes med henholdsvis $q_m : \varphi_m$ og i_o , fås følgende formler:

$$\Sigma q_1^o = 4500 \cdot \frac{q_m}{\varphi_m} \left[\frac{i_o + \frac{q_m}{\varphi_m}}{\left(\frac{q_m}{\varphi_m} - 2,25\right)^3} \cdot l_n \frac{i_o + 2,25}{i_o + \frac{q_m}{\varphi_m}} + \right. \\ \left. \frac{2 i_o + \frac{q_m}{\varphi_m} + 2,25}{2 \left(\frac{q_m}{\varphi_m} - 2,25\right)^2 (i_o + 2,25)} \right] \quad \text{0/00 af } N_a$$

$$\Sigma n_1^o = \frac{2250}{i_o + 2,25} \quad \text{0/00 af } N_a$$

$$t_o = \frac{6500}{(i_o + 2,25)^2} \quad \text{0/00 af } T_a$$

Fordeleling af vandmængder mellem afsk. ledning og overløbsledning

Somme

Intensitet i		(l/sek/ha)	0—2	2—4	4—6	6—8	8—10	10—12	12—15	15—20	20—
Middel-intensitet		(l/sek/ha) (mm/min)	1	3	5	7	9	11	13,5	17,5	22
Regnvarighed		t_{ri} (min)	7383	1556	1087	564	394	232	177	150	11
Nedbør		n_i (mm)	44,3	28,0	32,6	23,7	21,3	15,3	14,3	15,7	15
i_0											
l/sek/ha	mm/min										
2	0,012	$n_i^a = i_0 \cdot t_{ri}$	(mm)	44,3	18,7	13,0	6,8	4,7	2,8	2,1	1,8
		$n_i^0 = n_i - n_i^a$	(mm)	0	9,3	19,6	16,9	16,6	12,5	12,2	13,9
		q_i^0 (mm)	$\frac{q_m}{\varphi_m} =$	0,2	0	0,58	0,76	0,47	0,36	0,22	0,18
				0,3	0	0,85	1,11	0,70	0,54	0,33	0,27
				0,5	0	1,33	1,78	1,13	0,87	0,54	0,44
				0,75	0	1,86	2,56	1,63	1,28	0,80	0,64
				1,0	0	2,32	3,27	2,11	1,66	1,04	0,84
				1,5	0	3,11	4,54	2,98	2,37	1,50	1,22
				2,5	0	4,22	6,54	4,45	3,61	2,32	1,90
				4,0	0	5,32	8,72	6,14	5,10	3,33	2,78
		n_i^a	(mm)	44,3	28,0	26,1	13,5	9,5	5,6	4,3	3,6
		n_i^0	(mm)	0	0	6,5	10,2	11,8	9,7	10,0	12,1
4	0,024	q_i^0 (mm)	$\frac{q_m}{\varphi_m} =$	0,2	0	0,25	0,28	0,26	0,17	0,15	0,14
				0,3	0	0,37	0,42	0,38	0,26	0,22	0,20
				0,5	0	0,59	0,68	0,62	0,42	0,36	0,34
				0,75	0	0,85	0,99	0,91	0,62	0,53	0,50
				1,0	0	1,08	1,27	1,18	0,81	0,69	0,65

Fig. 3.

ledning samt beregning af spildevandsmængde over overfald.

halvåret.

	20—25	25—30	30—40	40—50	50—65	65—80	80—100	100—130	>130	I alt	
20	22,5	27,5	35	45	57,5	72,5	90	115	150		% af N _a
7,5	0,135	0,165	0,210	0,270	0,344	0,433	0,540	0,690	0,900		
05	114	51	48	41	28	14	13	13	14	11879	
0	15,4	8,4	10,1	11,1	9,7	6,1	6,9	9,1	13,0	285,0	
7											
8	1,4	0,6	0,6	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	98,4	175,7
9	14,0	7,8	9,5	10,6	9,4	5,9	6,7	8,9	12,8	186,6	333,2
6	0,12	0,06	0,05	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	3,10	5,5
23	0,18	0,08	0,08	0,07	0,05	0,02	0,02	0,02	0,03	4,58	8,2
9	0,30	0,14	0,13	0,12	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	7,41	13,2
7	0,45	0,21	0,20	0,17	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	10,73	19,2
5	0,60	0,27	0,26	0,23	0,16	0,08	0,07	0,08	0,08	13,82	24,7
0	0,88	0,40	0,39	0,34	0,24	0,12	0,11	0,12	0,13	19,55	34,9
4	1,40	0,65	0,63	0,56	0,39	0,20	0,18	0,19	0,21	29,19	52,1
9	2,11	0,99	0,97	0,87	0,61	0,31	0,29	0,30	0,33	40,76	72,8
6	2,7	1,2	1,2	1,0	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	142,9	255,2
1	12,7	7,2	8,9	10,1	9,0	5,8	6,6	8,8	12,7	142,1	253,7
4	0,11	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	1,59	2,84
0	0,17	0,08	0,08	0,07	0,05	0,02	0,02	0,02	0,03	2,39	4,3
4	0,28	0,13	0,13	0,11	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	3,90	7,0
0	0,41	0,19	0,19	0,17	0,12	0,06	0,05	0,06	0,06	5,71	10,2
5	0,54	0,25	0,25	0,22	0,15	0,08	0,07	0,08	0,08	7,40	13,2

**Bestemmelse af det antal dage, på hvilke et overfald træder
i funktion.**

Foruden det i forrige afsnit behandlede forhold vedrørende de til recipienten fra et overfaldsbygværk gennem overløbsledningen tilledede spildevandsmængder er der et andet forhold, der også kan spille en stor rolle, når talen er om fastsættelse af en passende opspædningsgrad, nemlig antallet af dage, overfaldet træder i funktion i løbet af sommeren eller hele året.

I et ikke bilagt skema, i hvilket der for hver dag i de 6 år, hvorfra det undersøgte materiale stammer, forefindes rubrikker for alle de af undersøgelsen omfattede intensitetsintervaller, har man for at undersøge dette forhold, når der er forekommet nedbør med en vis intensitet, markeret dette ved et kryds i den til datoen og intensiteten svarende rubrik. Såfremt der for den pågældende dato ikke er indregistreret nedbør for intervaller af lavere intensitet, anbringes dog også kryds her, idet alle regnskyl af større intensitet end den, der netop får overfaldet til at træde i funktion, naturligvis også vil bevirke aflastning fra overfaldet. Endvidere er foretaget en korrektion svarende til den på bilag 2 foretagne korrektion af nedbørværdierne på den måde, at der i rubrikkerne for det laveste intensitetsinterval fra 0—2 l/sek./ha er anbragt et særligt mærke for datoer, på hvilke der ifølge Meteorologisk Institut har været nedbør, uden at dette fremgår af de undersøgte diagrammer. Sådanne dage med nedbør under 1 mm er ikke medregnet, såfremt diagrammerne har registreret nedbør den foregående eller efterfølgende dag, da den af instituttet opgivne nedbør kan være registreret på diagrammerne, men opført under den tilstødende dag på grund af, at instituttets aflæsninger foretages kl. 8, medens man ved angivelse af datoen for nedbør registreret på diagrammerne har regnet døgnet gående fra kl. 6 svarende til begyndelses- og sluttidspunktet for diagrammerne.

Andre dage med nedbør under 1 mm og alle dage med nedbør

over 1 mm medregnes ved korrektionen og for sidstnævntes vedkommende udstrakt over et vist antal intensitetsintervaller i forhold til nedbørsmængden. Der er her regnet med følgende maximumsintensiteter i forhold til nedbørsmængden:

nedbør mm	maksimumsintensitet l/sek/ha
1—5	6
5—10	15
10—15	30
15—20	80
over 20	over 130

Resultaterne af denne undersøgelse er gengivet i skemaet bilag 12, som for henholdsvis sommerhalvåret, vinterhalvåret og hele året angiver det gennemsnitlige årlige antal dage med regnskyl med intensitet over de ved undersøgelsen anvendte intensitetsgrænser 0, 2, 4, 6, 8, 10 o. s. v. indtil 130 l/sek./ha.

Rækkerne for nedbør større end 0 mm angiver samtlige regnskyl, medens de øvrige rækker angiver antallet af dage med regnskyl med en samlet nedbør større end de udfor rækkerne angivne værdier 1, 2, 4, 6 o. s. v. indtil 20 mm.

De i tabellen fundne resultater er grafisk fremstillet på diagrammerne bilag 13 a og 13 b.

Ved benyttelse af tabellerne eller diagrammerne til bestemmelse af det årlige antal dage, et overfald må forventes at ville træde i funktion, må man erindre, at disse alene giver et billede af nedbørsforholdene og således ikke tager hensyn til de særlige afstrømningsforhold, som frost- og tøbrudsperioder forårsager i vinterhalvåret. Resultaterne må derfor med hensyn til afstrømningsforholdene tages med et vist forbehold, navnlig for så vidt angår vinterhalvåret og dermed naturligvis også hele året, medens resultaterne for sommerhalvårets vedkommende skulle være noget pålideligere.

Det må dog understreges, at en nøjagtigere bestemmelse af det antal dage, et overfald træder i funktion, er en kompliceret opgave,

der kræver en mere indgående analyse af regnskyllenes optræden, end der er foretaget i denne bearbejdelse. De ovenfor anførte resultater kan derfor kun give en antydning af de virkelige forhold.

7.

Sammenligning med tidligere offentliggjorte resultater af tilsvarende undersøgelser.

Da det kan have interesse at se, hvorledes de ved nærværende bearbejdelse fundne resultater, såvidt sammenligning er mulig, stemmer med de i afsnit 2 omtalte tidligere foretagne undersøgelser, skal en sådan sammenligning her forsøges foretaget.

I efterfølgende skema 2 er foretaget en sammenligning mellem de ved de forskellige undersøgelser fundne regnvarigheder for regnskyl over en given intensitet.

I kolonnerne a er anført de i bilag 5 angivne værdier af T_{ri} for sommerhalvåret og hele året.

I kolonne b er gengivet de af fhv. kommuneingeniør H. C. Bache, Søllerød, fundne værdier efter fig. 2 i „Den tekniske Forenings Tidsskrift“ nr. 10/1939, side 206. De anførte værdier gælder for en 7 måneders periode fra april til oktober.

I kolonne c er anført de af stadsingeniør N. G. Høst-Madsen fundne værdier for sommerhalvåret efter skema I i „Stads- og Havneingeniøren“ nr. 7/1942, idet de i dette skema anførte værdier, som er beregnet for en 4-års periode, først er divideret med 4 for at give en årlig gennemsnitsværdi og derefter summeret.

I kolonne d er resultaterne beregnet udfra den af civilingeniør P. H. Rendsvig i „Stads- og Havneingeniøren“ nr. 11/1947 angivne formel for regnvarigheden t for regnskyl med intensiteten i . Formlen lyder $t = 18 \cdot 10^6 \cdot (i + 1,5)^{-3}$, hvor t fås i sek., når i angives i l/sek./ha. Ved integration af denne formel findes varigheden T_{hi} (min.) for regnskyl over intensitet i (l/sek./ha) som $T_{hi} = 15 \cdot 10^4 (i + 1,5)^{-2}$.

S k e m a 2.

Intensitet 1/sek/ha	Regnvarighed T_{hi} (min.)				
	sommerhalvåret			hele året	
	a	b	c	a	d
over 130	14	17	12	14	9
„ 100	27	35	22	28	15
„ 80	40	63	41	42	23
„ 65	54	100	49	59	34
„ 50	82	183	101	90	56
„ 40	123	275	126	137	87
„ 30	171	425	178	196	151
„ 20	336	605	332	424	325
„ 10	895	1600	1061	1346	1130
„ 5	2397		3159	4556	3540
„ 2	4496		5953	10273	12200
„ 0	11879	16000	10051	32389	67000

Rendsvigs formel er opstillet på grundlag af Westergaard og Poulsens observationer, som kun omfatter regnskyl indenfor sommerhalvåret med intensitet større end 30 l/sek./ha, men formelen er ved en ekstrapolation (der dog er styret af, at man også kender den samlede årlige nedbørsmængde) udstrakt til at gælde for alle intensiteter og for hele året.

Overensstemmelsen mellem de i kolonnerne a og c angivne resultater for sommerhalvåret er forbavsende god i betragtning af, at der til grund for resultaterne kun ligger diagrammer for henholdsvis 6 og 4 år og tilmed fra forskellige steder, samt i betragtning af, at de under a angivne resultater er fundet ved beregning ud fra den af diagrammerne fundne nedbørsmængde, medens stadsingeniør H-M er gået frem på den måde, at han af diagrammerne direkte har fundet regnvarigheden ved forskellige intensiteter, idet han omformede diagrammets kurver til rette linier, bestemte hvilke regnmængder, der faldt mellem knækkene, og heraf fandt intensiteten.

At der ikke er nogen større overensstemmelse mellem resulta-

terne i kolonnerne a og d gældende for hele året, kan ikke undre i betragtning af det til grund for d liggende materiale.

De endnu større uoverensstemmelser mellem resultaterne i kolonnerne a og b kan man ikke give nogen forklaring på.

En tilsvarende sammenligning mellem nedbørsmængderne N_{hi} er foretaget i skema 3, idet man dog ikke har foretaget nogen sammenligning med resultater fra b-undersøgelsen, da de offentliggjorte resultater ikke direkte angiver nedbørsmængdens afhængighed af regnintensiteten.

S k e m a 3.

Intensitet 1/sek/ha	Nedbør N_{hi} (mm)			
	sommerhalvåret		hele året	
	a	c	a	d
over 130	13,0	10,8	13,4	13,6
„ 100	22,1	17,6	22,9	17,6
„ 80	29,0	27,7	30,5	21,8
„ 65	35,1	31,4	38,0	26,7
„ 50	44,8	49,4	48,7	34,5
„ 40	55,9	56,1	61,4	42,5
„ 30	66,0	67,0	73,8	55,7
„ 20	89,8	90,3	106,6	80,1
„ 10	135,1	156,3	180,6	147,0
„ 5	196,4	250,5	309,2	244,0
„ 2	240,7	309,0	427,3	405,0
„ 0	285,0	335,1	560,0	600,0

Værdierne i kolonne c er fra skema II i „Stads- og Havneingeniøren“ nr. 7/1942, idet de i skema II angivne værdier i $m^3/ha/4$ år er divideret med 40 for at blive til mm/år.

Værdierne i kolonne d er beregnet fra den i „Stads- og Havneingeniøren“ nr. 11/1947 angivne formel for nedbørsmængden:

$$q \text{ (mm)} = 18 \cdot 10^2 \cdot (i + 1,5)^{-3} \cdot i$$

Heraf fås med de her anvendte betegnelser:

$$N_{hi} = 18 \cdot 10^2 \cdot \int_0^{\infty} i (i + 1,5)^{-3} di$$

$$N_{hi} = 18 \cdot 10^2 \left[-\frac{1}{i + 1,5} + \frac{1,5}{2} \cdot \frac{1}{(i + 1,5)^2} \right]_0^{\infty}$$

$$N_{hi} = 18 \cdot 10^2 \cdot \frac{i + 0,75}{(i + 1,5)^2}$$

I skema 3 er atter pæn overensstemmelse mellem a- og c-kolonernes værdier, navnlig for så vidt angår værdierne for intensiteter større end 20 l/sek./ha, medens overensstemmelsen mellem a- og d-kolonnerne, som det var at vente, ikke er særlig god.

I efterfølgende skemaer 4—6 er foretaget en sammenligning af samlet vandmængde og spildevandsmængde over overfald samt overfaldets funktionstid med stadsingeniør Høst-Madsens resultater.

S k e m a 4.

Σn_i^0 for sommerhalvåret i ‰ af N_a for i_0 (l/sek./ha).

	2,0	4,0	6,0	8,0
a 1)	333	254	202	169
c 2)	364	269	211	168

1) Værdierne af Σn_i^0 fra bilag 9.

2) I skema V i „S. & H.“ nr. 7/1942 svarer de af H.-M. anvendte betegnelser q/a til i_0 og Y/a til Σn_i^0 og de i skemaet angivne værdier for Y/a er udtrykt i ‰ af sommernedbøren, hvorfor tallene må multipliceres med forholdet mellem sommernedbør og årsnedbør 0,509, forinden sammenligning kan foretages.

S k e m a 5.

Σq_i^0 for sommerhalvåret i ‰ af N_a for i_0 (l/sek./ha).

	2,0	4,0	6,0	8,0
a 1)	5,5	2,84	1,66	1,07
c 2)	2,1	1,0	0,65	0,4

- 1) Værdierne af Σq_i^0 for $q_m : \varphi_m = 0,2$ i bilag 9.
- 2) Beregnet efter de i skema VI i „S. & H.“ nr. 7/1942 anførte værdier. Den af H-M anvendte betegnelse Z : i svarer her til $\Sigma q_i^0 : q_m$. Det under 1) nævnte forhold $q_m : \varphi_m = 0,2$ svarer til åben, lav bebyggelse, for hvilken q_m i bilag 8 er fundet til ca. 0,06 l/sek/ha, hvilken værdi er benyttet ved beregning udfra skema VI. De således fundne værdier multipliceres derefter som ovenfor med 0,509, hvorved fås de i skema 5 anførte værdier.

S k e m a 6.

t_0 for sommerhalvåret i ‰ af T_a for i_0 (l/sek./ha).

	2,0	4,0	6,0	8,0
a 1)	139	91	57	40
c 2)	226	150	101	70

- 1) Værdier af t_0 fra bilag 9.
- 2) Beregnet efter de i skema VII i „S. & H.“ nr. 7/1942 anførte værdier, idet disse er multipliceret med 0,367 for omsætning fra sommerhalvår til hele året.

Medens der er pæn overensstemmelse mellem værdierne i skema 4, stemmer resultaterne i skemaerne 5 og 6 ikke særlig godt overens.

Til slut skal anføres en sammenligning med de af afdelingsingeniør Skadhauge i „Ingeniøren“ nr. 30 for 28. juli 1951 fundne resultater. For et bestemt opland er her beregnet en spildevandsmængde over overfaldet på 9550 m³ pr. år, en samlet regnmængde over overfaldet på 220.000 m³ pr. år og en samlet funktionstid for overfaldet på 103 timer pr. år. For det samme opland giver kurverne på bilag 10 og 11, idet $q_m : \varphi_m = 0,58$ l/sek./ha, $i_0 = 3,42$ l/sek./ha og oplandets reducerede areal = 120 ha:

$$\Sigma q_i^0 = 0,017 \cdot 5600 \cdot 120 = 11400 \text{ m}^3/\text{år}$$

$$\Sigma n_i^0 = 0,41 \cdot 5600 \cdot 120 = 275000 \text{ m}^3/\text{år}$$

$$t_0 = 0,21 \cdot 540 = 113 \text{ timer.}$$

Eksempler på anvendelse af de fundne resultater.

Eksempel 1.

Givet: oplandsareal $F = 100$ ha fordelt med
 70 ha villabebyggelse med $\varphi = 0,25$ og 50 indb./ha
 20 „ rækkehusbebyggelse $\varphi = 0,35$ og 100 „
 10 „ industribebyggelse $\varphi = 0,50$
 vandforbrug $= 125$ l/indb./døgn
 industrispildevand $= 15$ l/sek. i 8 timer.

Heraf findes:

F	φ	φF
70 ha	0,25	17,5 ha
20 „	0,35	7,0 „
10 „	0,50	5,0 „
100 ha		29,5 ha = ca. 30 ha
$\varphi_m = \frac{30}{100} = 0,30.$		

Endvidere findes:

$$\begin{aligned} 70 \text{ ha} \text{ à } 50 \text{ indb./ha} &= 3500 \text{ indb.} \\ 20 \text{ „ „ } 100 \text{ „} &= 2000 \text{ „} \\ \hline \text{ialt} & 5500 \text{ indb.} \end{aligned}$$

hvilket med $\frac{125}{24 \cdot 3600} = 0,00145$ l/sek./indb. giver:

Husspildevandsmængde $q_m = 5500 \cdot 0,00145 = 8,0$ l/sek.

Industrispildevandsmængde $\frac{15 \cdot 8}{24} = 5,0$ „

samlet spildevandsmængde $13,0$ l/sek.

d. v. s. $q_m = \frac{13,0}{F} = \frac{13,0}{100} = 0,13$ l/sek./ha

$$\text{og } \frac{q_m}{\varphi_m} = \frac{0,13}{0,30} = 0,43,$$

heraf fås:

$$i_o = m \cdot \frac{q_m}{\varphi_m} = m \cdot 0,43$$

eller for $m = 6$: $i_o = 2,6$ l/sek./ha
og „ $m = 12$: $i_o = 5,2$ „

Ospædningsgraden m er regnet i forhold til middelspildevandsmængden (sml. side 16).

Med en samlet årlig nedbør på $560 \text{ mm} = 5600 \text{ m}^3/\text{ha}$ fås, idet det reducerede areal er 30 ha , $N_{\bar{a}} = 5600 \cdot 30 = 168.000 \text{ m}^3$. Endelig regnes den samlede årlige regnvarighed $T_{\bar{a}} = 32400 \text{ min.} = 540 \text{ timer}$.

Den samlede husspildevandsmængde:

$$365 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 8,0 \cdot \frac{1}{1000} = 252.000 \text{ m}^3/\text{år.}$$

Den samlede industrispildevandsmængde bliver for 300 arbejdsdage

$$300 \cdot 8 \cdot 3600 \cdot 15 \cdot \frac{1}{1000} \sim 130.000 \text{ m}^3/\text{år.}$$

$$\text{Spildevandsmængde ialt} \quad 382.000 \text{ m}^3/\text{år.}$$

- 1 a. Beregn den samlede årlige vandmængde, der skal pumpes fra ovennævnte opland for ospædningsgraderne $m = 6$ og $m = 12$.
 $m = 6$: $i_o = 2,6$ l/sek./ha.

Af diagrammet bilag 10 findes $\Sigma n_i^a = 520 \text{ ‰}$ af $N_{\bar{a}}$, d. v. s.

$$\Sigma n_i^a = 0,520 \cdot 168.000 = \text{ca. } 88.000 \text{ m}^3/\text{år.}$$

$$\text{Spildevandsmængde ialt} \quad 382.000 \quad \text{„}$$

$$\text{Vandmængde at pumpe ialt } 470.000 \text{ m}^3/\text{år.}$$

$$m = 12: i_o = 5,2 \text{ l/sek./ha.}$$

$$\Sigma n_i^a = 0,69 \cdot 168.000 = \text{ca. } 116.000 \text{ m}^3/\text{år.}$$

$$\text{Spildevandsmængde ialt} \quad 382.000 \quad \text{„}$$

$$\text{Vandmængde at pumpe ialt } 498.000 \text{ m}^3/\text{år.}$$

Det ses, at den årligt oppumpede vandmængde for det pågældende tilfælde forøges ca. 6 %, når opspædningsgraden forøges fra 6 til 12.

- 1 b. Beregn samlet årlig vandmængde over overfald.

Idet $\Sigma n_i^0 = N_a - \Sigma n_i^a$ fås for

$m = 6$:

$$\Sigma n_i^0 = 168.000 - 88.000 = 80.000 \text{ m}^3/\text{år}.$$

$m = 12$:

$$\Sigma n_i^0 = 168.000 - 116.000 = 52.000 \text{ m}^3/\text{år}.$$

- 1 c. Beregn spildevandsmængde over overfald i løbet af året.

Af samme diagram bilag 10 findes for

$m = 6$:

$$\Sigma q_i^0 = 18 \text{ ‰ af } N_a = 0,018 \cdot 168.000 = \text{ca. } 3030 \text{ m}^3/\text{år}.$$

$m = 12$:

$$\Sigma q_i^0 = 7,2 \text{ ‰ af } N_a = 0,0072 \cdot 168.000 = \text{ca. } 1210 \text{ m}^3/\text{år}.$$

5_{pv}. Vandmængden formindskes til ca. 40 % ved forøgelsen af opspædningsgraden til det dobbelte.

- 1 d. Beregn spildevandsmængden over overfaldet i løbet af sommerhalvåret.

$m = 6$:

$$\Sigma q_i^0 = 0,0095 \cdot 168.000 = \text{ca. } 1600 \text{ m}^3/\text{sommer}.$$

$m = 12$:

$$\Sigma q_i^0 = 0,0044 \cdot 168.000 = \text{ca. } 740 \text{ m}^3/\text{sommer}.$$

hvilket svarer til en nedsættelse til ca. 46 %.

- 1 e. Beregn overfaldets funktionstid for hele året.

Af bilag 11 findes for

$m = 6$:

$$t_0 = 0,27 \cdot 540 = \text{ca. } 146 \text{ timer}.$$

$m = 12$:

$$t_0 = 0,13 \cdot 540 = \text{ca. } 70 \text{ timer}.$$

1 f. Beregn overfaldets funktionstid for sommerhalvåret.

$m = 6$:

$$t_0 = 0,12 \cdot 540 = \text{ca. } 65 \text{ timer.}$$

$m = 12$:

$$t_0 = 0,070 \cdot 540 = \text{ca. } 38 \text{ timer.}$$

1 g. Beregn antal dage overfaldet træder i funktion.

Ved denne beregning må man tage hensyn til, at en del af nedbøren tilbageholdes af ujævnheder i vejbelægninger og lignende (befugtningstab) samt at en del kan rummes i ledningerne. Størrelsesordenen af ledningsrumfanget svarer for oplande med en afløbstid på ca. 1.000 sek. til omkring 5 mm nedbør, idet rumfanget vokser lidt med oplandet.

{ Da middelspildevandsmængden pr. sek. (q_m) i almindelighed kun udgør fra ca. 1:100 til ca. 1:500 af det maximale regnvandsafløb (sml. bilag 8), vil rumfanget svarende til den opspændingsgrad, ved hvilken overfaldet træder i funktion, normalt svare til en meget ringe nedbørsmængde. Der er dog tilfælde, hvor overfaldskanten af hensyn til vandspejlet i recipienten ligger så højt, at en del af ledningssystemet løber helt fuldt, forinden aflastningen finder sted. I dette tilfælde skal nedbørsmængden være noget større, forinden der kan blive tale om aflastning.

Idet man skønner, at man i hvert fald kan se bort fra regnskyl under 1 mm nedbør, findes af diagrammerne bilag 13 a og 13 b:

$m = 6$: 91 dage/år

$m = 12$: 73 „

$m = 6$: 45 dage/sommerhalvåret

$m = 12$: 41 „ „

Eksempel 2.

Givet: Den samlede årlige spildevandsmængde over overfaldet må være 10 ‰ af årsnedbøren.

Beregn: Opspændingsgraden for to oplande med q_m : φ_m lig henholdsvis 0,2 og 4,0.

Af bilag 10 findes for

$$\frac{q_m}{\varphi_m} = 0,2 : i_o = 2,3 \text{ l/sek./ha.}$$

Indsættes disse værdier i formlen

$$i_o = m \cdot \frac{q_m}{\varphi_m}$$

fås

$$m = 11,5$$

$$\frac{q_m}{\varphi_m} = 4,0 : i_o = 14,5 \text{ l/sek./ha, } m = 3,6.$$

Eksempel 3.

Givet: Den samlede spildevandsmængde over overfaldet i sommerhalvåret må være 5 ‰ af årsnedbøren.

Beregn: Opspædningsgraden for de samme oplande som i eksempel 2.

Af bilag 10 findes som i eksempel 2 for

$$\frac{q_m}{\varphi_m} = 0,2 : i_o = 2,3 \text{ l/sek./ha; } m = 11,5$$

$$\frac{q_m}{\varphi_m} = 4,0 : i_o = 20,5 \text{ l/sek./ha; } m = 5,1.$$

Eksempel 4.

Givet: To renseanlæg for to lige store oplande er beliggende ved samme recipient umiddelbart overfor hinanden, således at begge anlægs oplande er interesserede i samme strækning af recipienten. Der er fastsat samme opspædningsgrad for begge anlæg, f. eks. $m = 6$.

Derimod er bebyggelsen i de to oplande forskellig, idet opland 1 er et villakvarter med $\varphi = 0,25$, indbyggerantal 50 pr. ha og vandforbrug 150 l/indb./døgn, medens opland 2 er et kvarter med etagebebyggelse, $\varphi =$

0,60, indbyggerantal 400 pr. ha og vandforbrug 200 l/indb./døgn (sml. bilag 8).

Recipienten tænkes at skulle oprensnes og udgifterne her- til pålignes de to kloakoplande.

Beregn: Fordeling af udgifterne til oprensning af recipienten.

O p l a n d 1:

$$\text{af } q_m : \varphi_m = \frac{0,087}{0,25} = 0,35 \text{ og } m = 6 \text{ beregnes}$$

$$i_o = 6 \cdot 0,35 = 2,1 \text{ l/sek./ha.}$$

Af bilag 10 findes derefter for hele året

$$\Sigma q_i^o = 19 \text{ ‰ af } N_a.$$

O p l a n d 2:

$$\text{af } q_m : \varphi_m = \frac{0,926}{0,60} = 1,54 \text{ og } m = 6 \text{ beregnes}$$

$$i_o = 6 \cdot 1,54 = \text{ca. } 9,2 \text{ l/sek./ha.}$$

$$\Sigma q_i^o = 9,0 \text{ ‰ af } N_a.$$

Når udgifterne til oprensning af recipienten fordeles i forhold til de til denne tilførte spildevandsmængder, fås følgende forholdstal for fordeling af udgifterne, idet N_a er proportional med de reducerede arealer

$$\frac{19,0 \cdot 0,25}{9,0 \cdot 0,60} = \frac{4,75}{5,40} = \text{ca. } \frac{1}{1,14}$$

Hvis man derimod havde fordelt udgifterne efter maksimalt spildevandsafløb pr. sek., havde man fået følgende forhold

$$\frac{50 \cdot 150}{400 \cdot 200} = \frac{1}{10,7}$$

d. v. s. et forhold, der i meget høj grad favoriserer oplandet med den åbne bebyggelse.

RESUMÉ

I Dansk Ingeniørforenings spildevandskomités skrift nr. 2 „Bearbejdelse af diagrammer fra de af Stads- og Havneingeniørforeningen opstillede selvregistrerende regnmålere for årene 1933—47“ blev der gjort rede for bearbejdelsen af diagrammerne med henblik på bestemmelse af regnrækker til brug ved dimensionering af et kloakledningsnet.

Nærværende bearbejdelse er foretaget med særligt henblik på den samlede årlige nedbørsfordeling efter intensitet. Ved et kloaksystem efter fællessystemet har denne fordeling stor indflydelse på opspædningsgradens betydning for recipientens forurening gennem vandet fra overløbsledninger, for den samlede vandmængde, der gennem afskærende ledninger føres til kloakpumpestationer og renseanlæg, samt for flere andre forhold.

Fhv. kommuneingeniør H. C. Bache, stadsingeniør N. G. Høst-Madsen og civilingeniør P. H. Rendsvig har alle tidligere behandlet ovennævnte spørgsmål og afdelingsingeniør A. Skadhauge specielt spørgsmålet vedrørende recipientens forurening. Fælles for disse undersøgelser er imidlertid, at beregningerne kun bygger på observationer inden for sommerhalvåret, medens der til grund for nærværende bearbejdelse forelå regndiagrammer for 6 hele på hinanden følgende år fra regnmåleren i Odense.

På bilag 1 er anført de anvendte bogstavsymboler.

Resultatet af bearbejdelsen af diagrammerne er opført på bilag 2, på hvilket for henholdsvis sommer- og vinterhalvåret samt hele året er angivet de fundne gennemsnitsværdier af den samlede nedbør fordelt over døgnet efter intensitet.

For den halvdel af døgnet, i hvilket nedbøren inden for det pågældende intensitetsinterval er størst, er anvendt fede taltyper. Heraf samt af bilagene 3 og 4 fremgår, at nedbøren ikke fordeler sig helt jævnt over døgnet, men da afvigelserne ikke er store, er den videre bearbejdelse foretaget under forudsætning af en jævn fordeling.

De i bilag 2 i de med 1) mærkede rækker angivne samlede nedbørs-

værdier for hele døgnet er imidlertid korrigerede til de i rækken 2) anførte værdier (n_i) under hensyn til, at den samlede fundne registrerede nedbør på 458 mm/år er en usædvanlig lav værdi. Korrektionen er foretaget således, at den samlede værdi bliver 560 mm/år, hvilket svarer til den efter Meteorologisk Instituts „Månedsoversigt“ beregnede værdi, men er iøvrigt uden betydning for de fundne resultater, som alle angives som promille-værdier.

Udfra de nævnte på bilag 2 fundne nedbørsværdier n_i (mm) for nedbør med forskellig intensitet er på bilag 5 foretaget en beregning af den samlede nedbør N_{hi} for intensiteter større end i samt af regnvarigheden t_{ri} for regn med intensitet i og T_{hi} for regn med intensiteter større end i . Værdierne er anført dels i mm og minutter og dels i ‰ af henholdsvis den samlede årlige nedbør N_a og den samlede årlige regnvarighed T_a . På bilag 5 er endvidere til sammenligning opført værdier af N_{hi} og T_{hi} beregnet efter nogle opstillede formler:

$$N_{hi} = 4500 (i + 2,25)^{-2} \cdot (i + 1,125) \text{ ‰ af } N_a$$

$$T_{hi} = 6480 (i + 2,25)^{-2} \text{ ‰ af } T_a$$

N_{hi} er samlet nedbør i mm med intensitet større end i , og i er denne intensitet i l/sek./ha. N_a er den samlede årlige nedbørsmængde 560 mm.

T_{hi} er den samlede regnvarighed for regn med intensitet større end i , og $T_a = \text{ca. } 540$ timer er den samlede årlige regnvarighed.

De i tabellerne i bilag 5 fundne resultater er fremstillet grafisk i bilagene 6 og 7, der gengiver henholdsvis nedbørsmængdens og nedbørsvarighedens fordeling efter intensitet.

I afsnit 4 er omtalt forhold af betydning for overfaldenes funktion. Det nævnes, at den regnintensitet i_o , ved hvilken overfaldene træder i funktion, er bestemt ved

$$i_o = m \cdot \frac{q_m}{\varphi_m}$$

hvor m er opspædningsgraden, q_m middelspildevandsmængden i l/sek./ha og φ_m oplandets middelafløbskoefficient.

Det bemærkes, at opspædningsgraden m er bestemt i forhold til middelspildevandsmængden q_m . Kaldes opspædningsgraden i forhold til den maximale spildevandsmængde $q_{\max}$ for m_1 , hvilket er den værdi, man sædvanligvis hidtil har opereret med her i landet, fås:

$$m = 2,4 m_1 \text{ eller } m = 1,6 m_1$$

svarende til en maximal timemængde på $1/10$ eller $1/15$ af den gennemsnitlige døgnspildevandsmængde.

Det i ovennævnte udtryk for i_0 angivne forhold $q_m : \varphi_m$ er ikke konstant, men afhænger af bebyggelsens art.

I bilag 8 er for forskellige værdier af beboelsestæthed, vandforbrug og afløbskoefficient fundet en variation af $q_m : \varphi_m$ fra ca. 0,20 til ca. 3,50. Endvidere er for værdier af $q_m : \varphi_m$ mellem disse grænser og for opspædningsgrader m mellem 1,5 og 25 af ovenstående formel for i_0 beregnet værdier af i_0 , af hvilke de laveste og højeste udskydes som sædvanligvis ikke anvendte, således at man finder en variation af i_0 fra 2 til 30 l/sek./ha. Tallene i bilag 8 er kun opstillet for at finde grænseværdierne for i_0 og skal ikke opfattes som angivende noget afhængighedsforhold mellem de anførte værdier for indbyggertal, vandforbrug og afløbskoefficient. I konkrete tilfælde bør foretages en beregning af $q_m : \varphi_m$ og i_0 ud fra de for det specielle opland gældende værdier.

Den i afsnit 5 foretagne beregning af fordeling af regn- og spildevandsmængden over et overfald er foretaget under forudsætning af, at den afskærende ledning konstant fører den vandmængde, som ledningen er beregnet for at skulle føre i det øjeblik, aflastning begynder, samt at spildevand og regnvand til enhver tid er fuldstændig blandet og ledningssystemet selvrensende.

Med disse forudsætninger fås for de enkelte intensitetsintervaller:

$$\text{for } i < i_0 : n_i^a = n_i \text{ og } n_i^o = 0$$

$$\text{for } i > i_0 : n_i^a = i_0 \cdot t_{ri} \text{ og } n_i^o = n_i - n_i^a$$

i_0 er den intensitet, ved hvilken overfaldet træder i funktion, n_i den samlede nedbør med intensitet i , n_i^a den del af denne, der fortsætter i den afskærende ledning, n_i^o den del, der løber over overfaldet, og endelig t_{ri} varigheden af det pågældende interval.

Ovenstående udtryk angiver vandmængderne uden hensyn til fordelingen mellem regn- og spildevand, idet der til vandmængden i den afskærende ledning n_i^a skal lægges spildevandsmængden $q_m \cdot t_{ri}$.

Den over overfaldet strømmende spildevandsmængde q_i^o bliver under den nævnte forudsætning om fuldstændig blanding af spildevand og regnvand:

$$q_i^o = n_i^o \cdot \frac{\frac{q_m}{\varphi_m}}{i + \frac{q_m}{\varphi_m}}$$

Ved summation af de for de enkelte intensitetsintervaller af ovenstående udtryk for n_i^a , n_i^o og q_i^o fundne værdier fås de i bilag 9 for forskellige værdier af i_o angivne værdier af $\sum n_i^a$, $\sum n_i^o$ og $\sum q_i^o$ udtrykt i ‰ af den samlede årlige nedbør N_a . Endvidere er i bilag 9 nederst anført overfaldets funktionstid t_o , der fås af værdierne for T_{hi} i bilag 5 for $i = i_o$. De på bilag 9 fundne resultater er grafisk gengivet på bilagene 10 og 11.

På bilagene 12, 13 a og 13 b er henholdsvis tabellarisk og grafisk fremstillet resultaterne af den i afsnit 6 omtalte beregning af det antal dage, på hvilke et overfald kan forventes at træde i funktion. Da resultaterne dels bygger på det foreliggende diagrammateriale og dels er suppleret med oplysninger fra Meteorologisk Instituts „Månedsoversigt“, for hvilke sidste der måtte gøres en del antagelser, må det understreges, at resultaterne kun må betragtes som en antydning af de virkelige forhold, idet en nøjagtigere bestemmelse er en kompliceret opgave, der kræver en mere indgående analyse af regnskyllenes optræden, end der er foretaget i denne bearbejdelse.

I afsnit 7 er foretaget en sammenligning med de i indledningen omtalte tidligere undersøgelser. Overensstemmelserne er i nogle tilfælde forbavsende god og i andre særdeles ringe, hvilket sidste ikke kan forundre i betragtning af det til grund for de tidligere undersøgelser liggende materiale.

I afsnit 8 er vist nogle eksempler på anvendelsen af de udarbejdede skemaer og diagrammer.

Det skal til slut understreges, at de i bilagene anførte resultater kun bygger på observationer over en årrække på 6 år og kun for en enkelt station, hvilke observationer tilmed har været behæftede med så store mangler, at det har været nødvendigt at foretage et skøn over en manglende nedbørsmængde på ca. 20 % af den samlede mængde.

Endvidere må det erindres, at bearbejdelsen er foretaget ved hjælp af materiale, der alene gengiver nedbørsforholdene, medens det for resultaterne er afstrømningsforholdene, der er de afgørende. Dette betyder, at de resultater, der bygger på observationer for vinterhalvåret, på grund af de i dette halvår særlige afstrømningsforhold under frost- og tøbrudsperioder, er behæftede med større fejl end resultaterne for sommerhalvåret.

Endnu en ting, der medfører en unøjagtighed i beregningerne, er, at man, så længe der ikke foreligger materiale til bestemmelse af afløbskoefficientens variation med regnvarigheden, har måttet regne med konstant afløbskoefficient.

Endelig har man ved de foretagne beregninger måttet gøre visse forudsætninger, som ikke altid kan forventes opfyldt. Hvis ledningssystemet f. eks. ikke er selvrensende, gælder den foretagne beregning af den gennem overløbsledningerne til recipienten førte spildevandsmængde ikke, idet den slam, der aflejres i ledningerne under tørvejr eller svag regn, ved stærkere regn vil føres med overløbsvandet ud i recipienten og dermed forøge dennes forurening. Der kan derfor være grund til ved ledningssystemer, hvor faldforholdene er så dårlige, at det må forventes, at ledningerne ikke er selvrensende, at fastsætte en højere opspædningsgrad end ellers.

Resultaterne er derfor bedst egnede til sammenlignende beregninger; f. eks. vedrørende betydning af at ændre opspædningsgraden, medens konkrete beregninger med ovenstående in mente må tages med et vist forbehold.

} NB!

SUMMARY

"The Committee of Sewage Disposal", established by the Institution of Danish Civil Engineers had in its paper „Treatment of diagrams for the years 1933—47 from the automatically recording rain-gauges set up by the "Society of City and Harbour Engineers" given an account of the treatment of those diagrams as regarding the determination of series of rainfalls to be used by dimensioning of sewer-systems.

The present adaptation is made with special reference to the intensity distribution of the total yearly precipitation.

By a combined system of sewers, receiving both sewage and rain water, this distribution greatly influences the significance which the degree of dilution has on the pollution of the recipient caused by water from storm relief sewers, and is also important as regards the total quantity of water which through intercepting sewers is lead to sewage-pumping stations and treatment works as well as regards several other relations.

H. C. Bache, former municipal engineer,, N. G. Høst-Madsen, city engineer, and P. H. Rendsvig, C.E., have all previously treated the above-mentioned question, and A. Skadhauge, department engineer, has especially treated the question of the pollution of the recipient.

All these investigations are, however, based on observations in the summer halfyear only, while the present work is based on diagrams for 6 successive complete years from the rain-gauge in Odense.

On the enclosure 1 are shown the notations used.

The result of the treatment of the diagrams is shown on the enclosure 2, on which is indicated the variation during the day of the average values of the total rainfall (for the summer-halfyear, winter-halfyear and whole year resp.) taken for each intensity.

Heavy types are used to indicate the 12 consecutive hours in which the precipitation within the interval of intensity in question is the greatest. It appears from this and from the enclosures 3 and 4 that the pricipitation is not uniformly distributed over the 24

hours, but as the deviations are small a uniform distribution is assumed for the following computations.

The total precipitation for the day given in encl. 2 in the rows marked 1) are, however, corrected into the values in the row 2) (n_i), because the total recorded precipitation of 458 mm/year is unusually low. The correction is made to get the total value at 560 mm/year, which is the value computed from the "Månedsoversigt" (monthly review) of the Meteorological Institute. This correction does not affect the results, which are all given as promille-values.

From the precipitation-values n_i (mm) stated in encl. 2 for the precipitation with different intensity the encl. 5 is worked out. Here a computation of the total precipitation N_{hi} for intensities greater than i and for the rain-duration t_{ri} for rainfalls with the intensity i and T_{hi} for rain with intensity greater than i is worked out. The values are given as well in mm and minutes as in ‰ of the total yearly precipitation N_a and the total yearly rain-duration T_a resp. In encl. 5 is for comparison given the values of N_{hi} and T_{hi} computed after the formulae proposed in the text:

$$N_{hi} = 4500 (i + 2,25)^{-2} \cdot (i + 1,125) \text{ ‰ of } N_a$$

$$T_{hi} = 6480 (i + 2,25)^{-2} \text{ ‰ of } T_a.$$

N_{hi} is the total precipitation in mm with intensity greater than i , and i is this intensity in l/sec/ha. N_a is the total yearly precipitation 560 mm.

T_{hi} is the total rain-duration for rainfalls with intensity greater than i and $T_a = \text{ab. } 540$ hours is the total yearly rain-duration.

The results from the tables in encl. 5 are represented graphically in the encl. 6 and 7, which give the distribution of the precipitation and the rain-duration resp. according to intensity.

In section 4 are mentioned some questions of importance for the functioning of the storm overflow weirs. It is mentioned that the

rain-intensity i_0 , at which the weirs begin to discharge, is determined by

$$i_0 = m \cdot \frac{q_m}{\varphi_m}$$

where m is the degree of dilution, q_m the average quantity of sewage in l/sec/ha, and φ_m the average impermeability factor of the drainage area.

It deserves notice that the degree of dilution m is determined in relation to the daily dry weather flow q_m . Call the degree of dilution in relation to the maximal quantity of sewage ($q_{\max}$) m_1 , which is the value hitherto generally used in this country, and we get:

$$m = 2,4 m_1 \text{ or } m = 1,6 m_1,$$

corresponding to a maximal quantity per hour of $1/10$ or $1/15$ of the average quantity of sewage in a day.

The ratio q_m/φ_m given in the above-mentioned expression for i_0 is not a constant but dependent on the nature of the habitation of the area.

In encl. 8 is found a variation of q_m/φ_m from ab. 0,20 to ab. 3,50 for different values of the density of habitation, water consumption, and impermeability factor. From the above formula i_0 is computed corresponding to values of q_m/φ_m between 0,20 and 3,50 and to degrees of dilution between 1,5 and 25. The lowest and highest values of i_0 thus obtained are excluded as they are generally not used, so that we find a variation of i_0 from 2 to 30 l/sec/ha. The figures in encl. 8 are only set up in order to find the limiting values of i_0 and are not to be taken as giving any dependence between the values stated for number of inhabitants, water consumption, and impermeability factor. In each separate case a computation of q_m/φ_m and i_0 must be carried out from the values corresponding to the drainage area in question.

The computation in section 5 of the distribution of rain and sewage over a weir is carried out under the supposition that the intercepting sewer invariably carries that quantity of water which it

is supposed to carry when the weirs begin to discharge, and that rain and sewage always are mixed completely, and that the pipe-system is self-cleansing.

Under these suppositions we have for each interval of intensity:

for $i < i_0$: $n_i^a = n_i$ and $n_i^o = 0$

for $i > i_0$: $n_i^a = i_0 \cdot t_{ri}$ and $n_i^o = n_i - n_i^a$.

i_0 is the intensity when the weir begins to discharge, n_i the total precipitation with the intensity i , n_i^a that part of the precipitation which continues in the intercepting sewer, n_i^o the discharge over the weir, and finally t_{ri} the duration of the interval in question.

This expression gives the quantities of water without regard to the distribution of rain and sewage, as the quantity of sewage $q_m \cdot t_{ri}$ must be added to the quantity of water n_i^a in the intercepting sewer.

The quantity of sewage q_i^o flowing over the weir when rain and sewage are completely mixed is:

$$q_i^o = n_i^o \cdot \frac{\frac{q_m}{\varphi_m}}{i + \frac{q_m}{\varphi_m}}$$

By adding the values from all the intervals of intensity from the above expression for n_i^a , n_i^o and q_i^o we get the values $\sum n_i^a$, $\sum n_i^o$, and $\sum q_i^o$ stated in encl. 9 for different values of i_0 expressed in $0/00$ of the precipitation N_a of a year. Further encl. 9 gives the time t_0 in which overflow occurs, taken from the values for T_{bi} in encl. 5 for $i = i_0$. The results found on encl. 9 are expressed graphically on the encl. 10 and 11.

In the encl. 12, 13 a and 13 b are tabularly and graphically represented the results of the computation mentioned in section 6 of the number of days on which a weir can be expected to discharge. As the results are partly based on the diagrammaterial available, partly supplemented by information from the "Månedsoversigt" from the Meteorological Institute, for which some assumptions had to be made, it must be emphasized that the results can only be regarded

as a suggestion of the actual facts, an exact determination being a complicated task, which requires a more detailed analysis of the occurrence of the rain-falls than carried out in this work.

In section 7 a comparison with the earlier investigations mentioned in the preface is undertaken. The accordance is in some cases surprisingly good and in other cases very poor, which is no wonder considering the material on which the earlier investigations are based.

In section 8 some examples of the use of the tables and diagrams are worked out.

It shall finally be emphasized that the results stated in the enclosures are based only on observations during 6 years and for a single station only, and these observations have moreover shown such defects that it has been necessary to estimate ab. 20 % of the total precipitation.

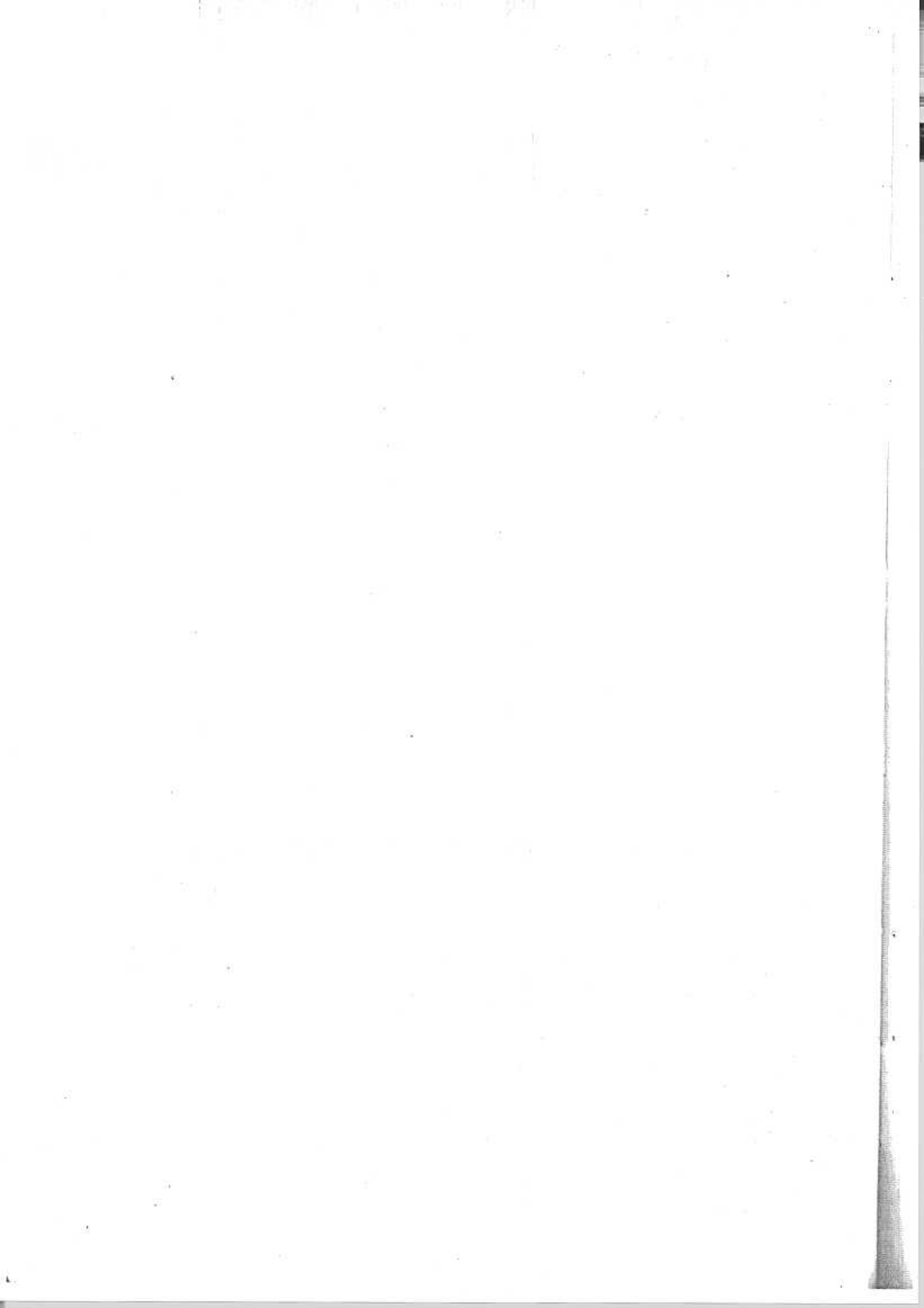
It must further be kept in mind that the computations are made by means of observations, which only give the conditions of the precipitation, while the conditions of the runoff are decisive for the results. This circumstance means that the results, which are based on observations in the winter-halfyear are more faulty than the results for the summer-halfyear on account of the special conditions of the runoff during frost and thaw periods.

Another circumstance which causes inaccuracies in the computations is that we have had to reckon with a constant impermeability factor, as no information to determine the variation of the impermeability factor with the duration of the rainfalls is available.

Finally it has been necessary by these computations to make certain suppositions, which may not always be correct. If f. inst. the sewer is not self-cleansing the computation of the sewage through the storm relief sewers to the recipient is faulty, as the silt which settles in the pipes by dry weather or light rain, by down-pours will be transported with the overflow-water into the recipient and thereby increase the pollution of the recipient. It therefore seems

reasonable to reckon with a higher degree of dilution than else by sewage-systems with so little slope that self-cleansing is unlikely.

The results therefore are best suitable for comparative computations, f. inst. regarding the importance of altering the degree of dilution, while the absolute results of the computations must be taken with a certain reservation.



Bogstavssymboler.
(Notations).

Bilag 1,
(Enclosure 1).

F	= oplandsareal (<i>drainage area</i>)	ha ha
φ_m	= middelafløbskoefficient (<i>average impermeability factor</i>)	
i	= regnintensitet (<i>rain-intensity</i>)	l/sek/ha eller mm/min l/sek/ha or mm/min
i_0	= regnintensitet, ved hvilken overfaldet træder i funktion (<i>the intensity, at which the weirs begin to discharge</i>)	l/sek/ha eller mm/min l/sek/ha or mm/min
m	= opspædningsgrad i forhold til q_m (<i>degree of dilution in proportion to q_m</i>)	
$q_{\max}$	= spildevandsmængde, for hvilken ledningerne beregnes (<i>the greatest quantity of sewage</i>)	l/sek/ha l/sek/ha
q_m	= middelspildevandsmængde for året (<i>the daily dry weather flow</i>)	l/sek/ha l/sek/ha
q_{i^0}	= spildevandsmængde over overfald ved regnintensitet i (<i>quantity of sewage flowing over the weir at a rain-intensity of i</i>)	mm mm
q^0	= samlet spildevandsmængde over overfald (<i>total quantity of sewage flowing over the weir</i>)	mm eller $\frac{0}{100}$ af N_a mm or $\frac{0}{100}$ of N_a
n_i	= nedbør med intensitet i (<i>precipitation with the intensity i</i>)	mm mm
N_{li}	= samlet nedbør med intensitet $\leq i$ (<i>total precipitation with an intensity $\leq i$</i>)	mm mm
N_{hi}	= samlet nedbør med intensitet $\geq i$ (<i>total precipitation with an intensity $\geq i$</i>)	mm mm
N_a	= samlet årlig nedbør (<i>total yearly precipitation</i>)	mm mm
n_i^a	= den del af n_i , der fortsætter i den afskærende ledning (<i>the part of n_i, which continues in the intercepting sewer</i>)	mm mm
n_i^0	= den del af n_i , der løber over overfald (<i>the part of n_i, which flows over the weir</i>)	mm mm
$\sum n_i^a$	= samlet regnmængde i afskærende ledning (<i>total precipitation in the intercepting sewer</i>)	mm eller $\frac{0}{100}$ af N_a mm or $\frac{0}{100}$ of N_a
$\sum n_i^0$	= samlet regnmængde over overfald (<i>total precipitation flowing over the weir</i>)	mm eller $\frac{0}{100}$ af N_a mm or $\frac{0}{100}$ of N_a
t_{ri}	= regnvarighed for regn med intensitet i (<i>duration of rain with an intensity of i</i>)	min eller $\frac{0}{100}$ af T_a min or $\frac{0}{100}$ of T_a
T_{hi}	= regnvarighed for regn med intensitet $\geq i$ (<i>duration of rain with an intensity $\geq i$</i>)	min eller $\frac{0}{100}$ af T_a min or $\frac{0}{100}$ of T_a
T_{li}	= regnvarighed for regn med intensitet $\leq i$ (<i>duration of rain with an intensity $\leq i$</i>)	min eller $\frac{0}{100}$ af T_a min or $\frac{0}{100}$ of T_a
T_a	= samlet årlig regnvarighed (<i>total yearly rain-duration</i>)	min min
t_0	= overfaldets funktionstid (<i>the time in which overflow occurs</i>)	min min

Gennemsnitsværdierne af den samlede nedbør (mm), fordelt over døgnnet efter intensitet.
(The variation during the day of the average values of the total rainfall taken for each intensity).

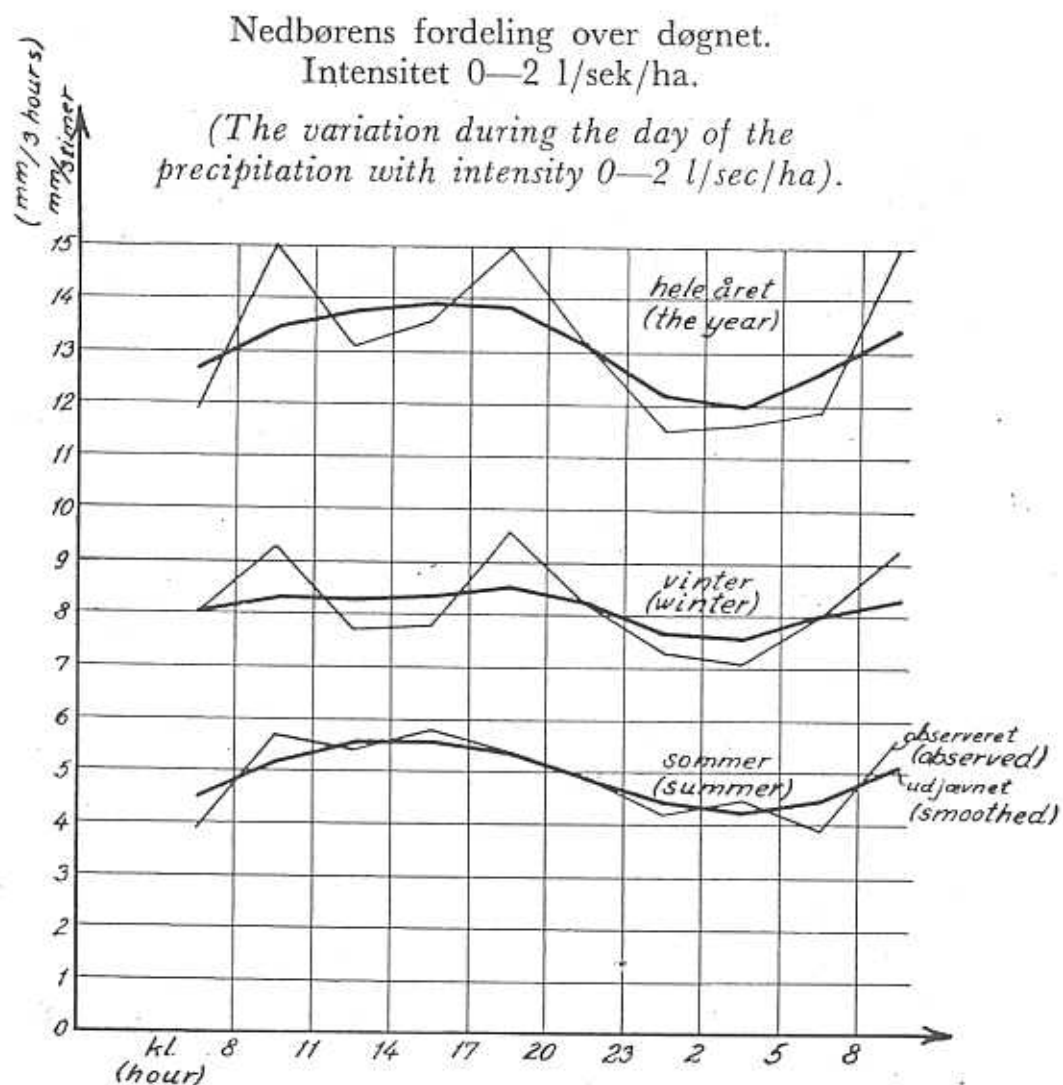
Bilag 2.
(Enclosure 2).

lsek/ha (lsec/ha)	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-65	65-80	80-100	100-130	>130	i alt
kl.																		
(hour)																		
8-11	5,7	3,3	3,2	2,2	3,5	2,4	2,2	2,4	2,3	1,5	2,8	1,9	1,4	1,1	0,4	1,2	0,7	38,2
11-14	5,4	3,3	3,5	3,2	1,9	1,5	1,3	1,0	1,4	0,6	0,9	1,2	0,7	0,8	0,9	2,0	4,2	33,8
14-17	5,8	3,6	3,5	1,7	2,2	1,1	1,3	1,3	0,7	0,6	1,1	1,5	2,1	0,6	1,7	1,1	1,3	31,2
17-20	5,4	3,8	2,9	2,3	1,2	0,6	1,2	1,6	1,0	0,8	0,8	0,8	1,4	0,5	0,5	1,2	2,3	28,3
20-23	4,9	2,2	3,6	3,2	1,8	1,7	2,0	2,1	1,3	1,0	0,9	1,5	1,0	0,9	1,1	1,3	1,6	32,1
23-2	4,2	2,6	4,9	2,5	1,8	1,8	0,9	1,2	1,7	0,5	0,9	1,2	0,3	0,7	0,4	0,1	0,1	25,8
2-5	4,5	3,3	4,2	2,8	2,2	2,8	2,0	2,8	2,8	1,3	0,7	1,0	0,8	0,2	0,2	0,5	0,6	32,7
5-8	3,9	3,0	3,5	3,4	4,5	1,8	1,9	1,7	2,6	1,2	1,0	0,9	1,0	0,7	1,0	0,8	0,9	33,8
1)	39,8	25,1	29,3	21,3	19,1	13,7	12,8	14,1	13,8	7,5	9,1	10,0	8,7	5,5	6,2	8,2	11,7	255,9
døgnnet (24 hours)																		
n ₁ 2)	44,3	28,0	32,6	23,7	21,3	15,3	14,3	15,7	15,4	8,4	10,1	11,1	9,7	6,1	6,9	9,1	13,0	285,0
Vinter (winter)																		
8-11	9,3	5,6	4,2	1,8	2,0	1,2	0,7	1,0	0,6	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	27,2
11-14	7,7	3,5	4,1	2,6	1,1	1,0	1,0	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	22,1
14-17	7,8	4,1	4,0	1,4	2,0	0,5	0,9	0,4	1,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	23,1
17-20	9,6	5,2	3,0	3,3	2,0	1,4	1,3	1,0	0,3	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	27,8
20-23	8,2	5,1	4,3	2,1	1,9	0,7	0,6	0,6	0,4	0,4	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,3	25,2
23-2	7,3	4,4	3,1	2,6	0,8	1,0	0,6	0,7	0,7	0,3	0,4	0,3	0,1	0,5	0,1	0,0	0,0	22,9
2-5	7,1	5,5	3,8	2,4	1,2	1,1	0,5	1,0	0,4	0,5	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	23,8
5-8	8,0	4,9	5,4	3,2	3,1	1,4	1,4	0,8	0,5	0,3	0,6	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	30,0
1)	65,0	38,3	31,9	19,4	14,1	8,3	7,0	5,8	4,3	2,3	1,7	1,2	0,7	1,0	0,5	0,3	0,3	202,1
døgnnet (24 hours)																		
n ₁ 2)	88,4	52,1	43,4	26,4	19,2	11,3	9,5	7,9	5,9	3,1	2,3	1,6	1,0	1,4	0,7	0,4	0,4	275,0
Hele året (the whole year)																		
8-11	15,0	8,9	7,4	4,0	5,5	3,6	2,9	3,4	2,9	1,8	2,9	2,0	1,5	1,2	0,4	1,3	0,7	65,4
11-14	13,1	6,8	7,6	5,8	3,0	2,5	2,3	1,3	1,6	0,7	1,0	1,3	0,8	0,8	1,1	2,0	4,2	55,9
14-17	13,6	7,7	7,5	3,1	4,2	1,6	2,2	1,7	1,9	0,9	1,2	1,7	2,2	0,7	1,7	1,1	1,3	54,3
17-20	15,0	9,0	5,9	5,6	3,2	2,0	2,5	2,6	1,3	0,9	0,9	1,0	1,4	0,7	0,6	1,2	2,3	56,1
20-23	13,1	7,3	7,9	5,3	3,7	2,4	2,6	2,7	1,7	1,4	1,0	1,7	1,1	0,9	1,1	1,5	1,9	57,3
23-2	11,5	7,0	8,0	5,1	2,6	2,8	1,5	1,9	2,4	0,8	1,3	1,5	0,4	1,2	0,5	0,1	0,1	48,7
2-5	11,6	8,8	8,0	5,2	3,4	3,9	2,5	3,8	3,2	1,8	0,9	1,0	0,8	0,3	0,2	0,5	0,6	56,5
5-8	11,9	7,9	8,9	6,6	7,6	3,2	3,5	2,5	3,1	1,5	1,6	1,0	1,2	0,7	1,1	0,8	0,9	63,8
1)	104,8	63,4	61,2	40,7	33,2	22,0	19,8	19,9	18,1	9,8	10,8	11,2	9,4	6,5	6,7	8,5	12,0	458,0
døgnnet (24 hours)																		
n ₁ 2)	132,7	80,1	76,0	50,1	40,5	26,6	23,8	23,6	21,3	11,5	12,4	12,7	10,7	7,5	7,6	9,5	13,4	560,0

1) samlet registreret nedbør (total recorded precipitation).

2) samlet korrigeret nedbør (total corrected precipitation).

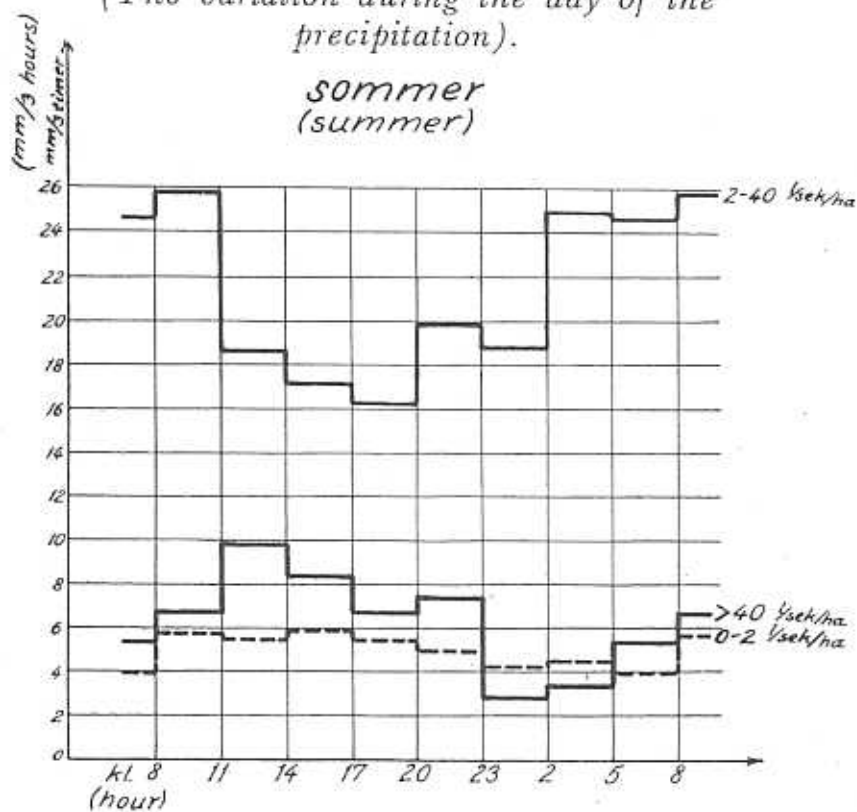
Bilag 3.
(Enclosure 3).



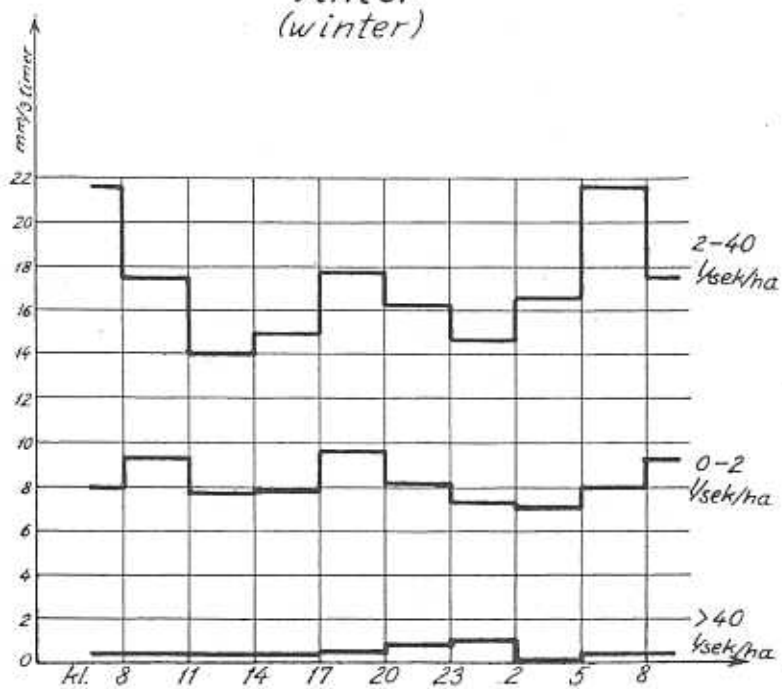
Nedbørens fordeling over døgnet.

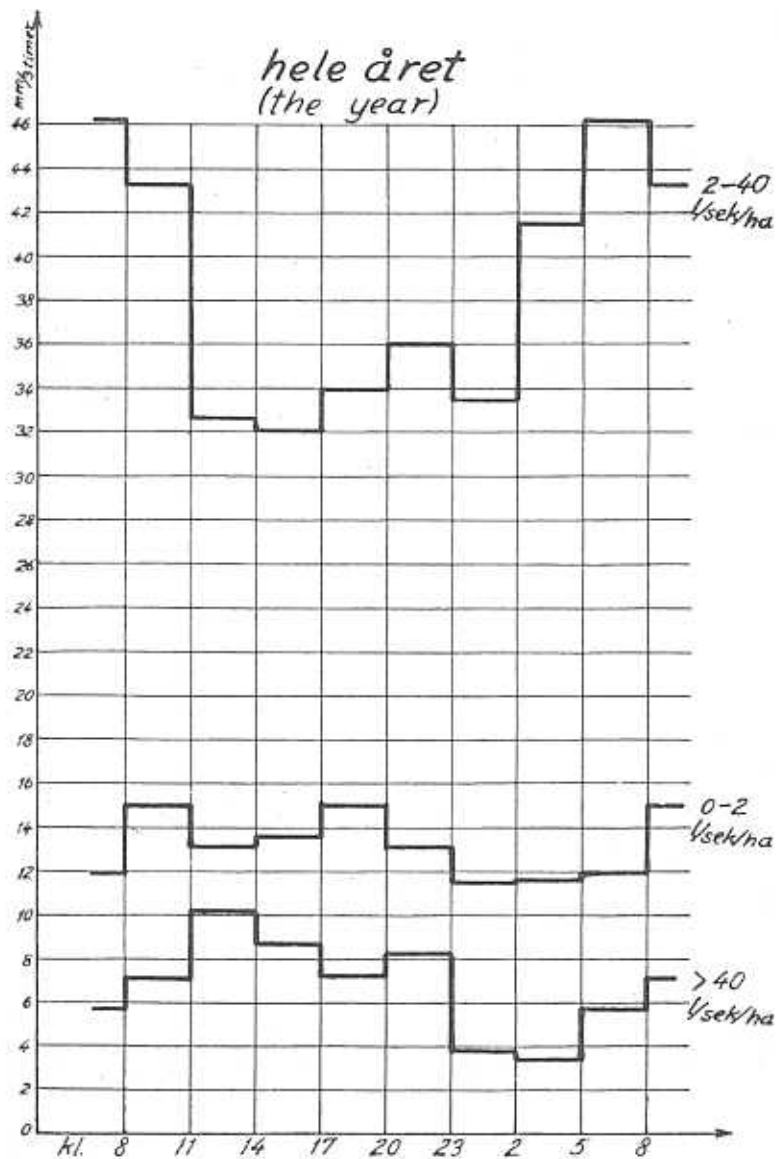
(The variation during the day of the precipitation).

sommer
(summer)



vinter
(winter)

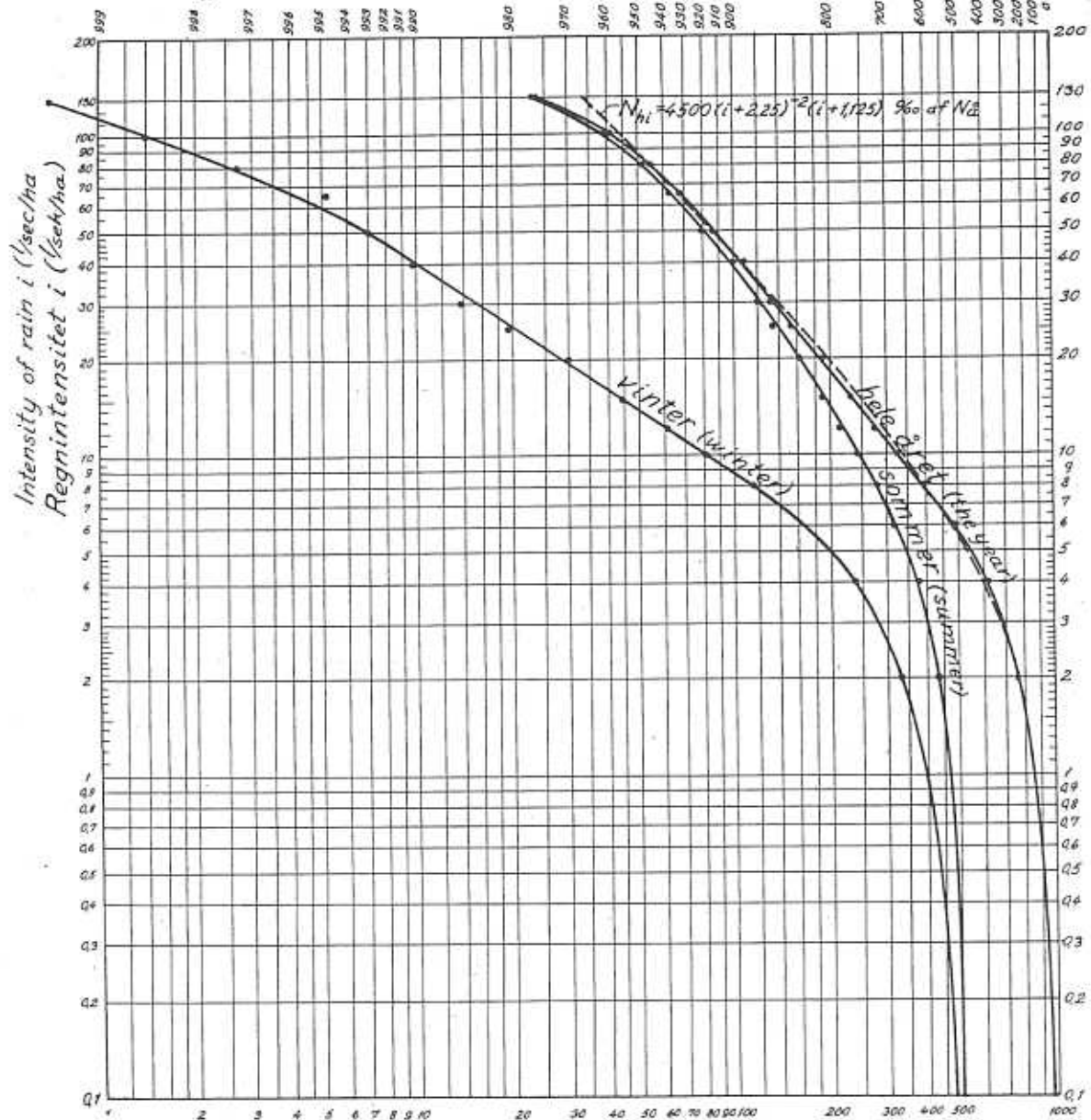




Den årlige nedbørsmængdes fordeling efter intensitet og varighed.
(The distribution of the yearly precipitation according to intensity and duration).

Regn- intensitet (intensity of rain) i			Middelintensitet (average intensity)		Nedbørsmængde (quantity of precipitation)				Regnvarighed (duration of rain)					
					n _i		N _{hi}		N _{hi} = 4500 (i+2,25) ⁻² (1+1,125) ⁻² 0/100 af N _a	t _{ri}		T _{hi}		T _{hi} = 6480 (i+2,25) ⁻² 0/100 af T _a
l/sek/ha	l/sek/ha	mm/min	mm	0/100 af N _a	mm	0/100 af N _a	0/100 af N _a	min		0/100 af T _a	min	0/100 af T _a		
Sommerhalvåret (april—september) (summer-half year).														
130	150	0.90	13.0	23.21	13.0	23.21		14	0.432	14	0.432			
100	115	0.69	9.1	16.25	22.1	39.46		13	0.401	27	0.833			
80	90	0.54	6.9	12.32	29.0	51.78		13	0.401	40	1.234			
65	72.5	0.433	6.1	10.89	35.1	62.67		14	0.432	54	1.666			
50	57.5	0.344	9.7	17.32	44.8	79.99		28	0.864	82	2.530			
40	45	0.27	11.1	19.82	55.9	99.81		41	1.266	123	3.796			
30	35	0.21	10.1	18.04	66.0	117.85		48	1.482	171	5.278			
25	27.5	0.165	8.4	15.00	74.4	132.85		51	1.575	222	6.853			
20	22.5	0.135	15.4	27.50	89.8	160.35		114	3.520	336	10.373			
15	17.5	0.105	15.7	28.04	105.5	188.39		150	4.631	486	15.004			
12	13.5	0.081	14.3	25.54	119.8	213.93		177	5.465	663	20.469			
10	11	0.066	15.3	27.32	135.1	241.25		232	7.163	895	27.632			
8	9	0.054	21.3	38.03	156.4	279.28		394	12.165	1289	39.797			
6	7	0.042	23.7	42.32	180.1	321.60		564	17.413	1853	57.210			
4	5	0.030	32.6	58.21	212.7	379.81		1087	33.561	2940	90.771			
2	3	0.018	28.0	50.00	240.7	429.81		1556	48.041	4496	138.812			
0	1	0.006	44.3	79.11	285.0	508.92		7383	227.948	11879	366.760			
			285.0	508.92				11879	366.760					
Vinterhalvåret (oktober—marts) (winter-half year).														
130	150	0.90	0.4	0.71	0.4	0.71		0.5	0.015	0.5	0.015			
100	115	0.69	0.4	0.71	0.8	1.42		0.6	0.019	1.1	0.034			
80	90	0.54	0.7	1.25	1.5	2.67		1.3	0.040	2.4	0.074			
65	72.5	0.433	1.4	2.50	2.9	5.17		3.2	0.099	5.6	0.173			
50	57.5	0.344	1.0	1.79	3.9	6.96		2.9	0.090	8.5	0.263			
40	45	0.27	1.6	2.86	5.5	9.82		5.9	0.182	14.4	0.445			
30	35	0.21	2.3	4.11	7.8	13.93		10.9	0.337	25.3	0.782			
25	27.5	0.165	3.1	5.54	10.9	19.47		18.7	0.577	44.0	1.359			
20	22.5	0.135	5.9	10.54	16.8	30.01		44	1.358	88	2.717			
15	17.5	0.105	7.9	14.11	24.7	44.12		75	2.316	163	5.033			
12	13.5	0.081	9.5	16.96	34.2	61.08		117	3.612	280	8.645			
10	11	0.066	11.3	20.18	45.5	81.26		171	5.280	451	13.925			
8	9	0.054	19.2	34.29	64.7	115.55		356	10.991	807	24.916			
6	7	0.042	26.4	47.14	91.1	162.69		629	19.420	1436	44.336			
4	5	0.030	43.4	77.50	134.5	240.19		1447	44.676	2883	89.012			
2	3	0.018	52.1	93.03	186.6	333.22		2894	89.351	5777	178.363			
0	1	0.006	88.4	157.86	275.0	491.08		14733	454.877	20510	633.240			
			275.0	491.08				20510	633.240					
Hele året (the whole year).														
130	150	0.90	13.4	23.92	13.4	23.92	33.7	14	0.447	14	0.447	0.370		
100	115	0.69	9.5	16.96	22.9	40.88	43.5	14	0.420	28	0.867	0.620		
80	90	0.54	7.6	13.57	30.5	54.45	54.0	14	0.441	42	1.308	0.957		
65	72.5	0.433	7.5	13.39	38.0	67.84	65.8	17	0.531	59	1.839	1.433		
50	57.5	0.344	10.7	19.11	48.7	86.95	84.3	31	0.954	90	2.793	2.37		
40	45	0.27	12.7	22.68	61.4	109.63	103.7	47	1.448	137	4.241	3.63		
30	35	0.21	12.4	22.15	73.8	131.78	134.5	59	1.819	196	6.060	6.22		
25	27.5	0.165	11.5	20.54	85.3	152.32	158	70	2.152	266	8.212	8.72		
20	22.5	0.135	21.3	38.04	106.6	190.36	192	158	4.878	424	13.090	13.1		
15	17.5	0.105	23.6	42.15	130.2	232.51	244	225	6.947	649	20.037	21.7		
12	13.5	0.081	23.8	42.50	154.0	275.01	291	294	9.077	943	29.114	31.9		
10	11	0.066	26.6	47.50	180.6	322.51	333	403	12.443	1346	41.557	43.2		
8	9	0.054	40.5	72.32	221.1	394.83	391	750	29.156	2096	64.713	61.7		
6	7	0.042	50.1	89.46	271.2	484.29	471	1193	36.833	3289	101.546	95.2		
4	5	0.030	76.0	135.71	347.2	620.00	590	2534	78.237	5823	179.783	165.8		
2	3	0.018	80.1	143.03	427.3	763.03	778	4450	137.392	10273	317.175	359		
0	1	0.006	132.7	236.97	560.0	1000.00	998	22116	682.825	32389	1000.000	1279		
			560.0	1000.00				32389	1000.000					

N_{li} = total precipitation with an intensity $\leq i$ (% of the total yearly precipitation N_a)
 N_{li} = samlet nedbør med intensitet $\leq i$ (% af den samlede årlige nedbør N_a)



N_{hi} = samlet nedbør med intensitet $\geq i$ (% af den samlede årlige nedbør N_a)

N_{hi} = total precipitation with an intensity $\geq i$ (% of the total yearly precipitation N_a)

Nedbørsmængdens fordeling efter intensitet.

(The distribution of the precipitation according to intensity).

forskellige bebyggelsesarter.

mer opspædningsgraden i forhold til middelspldevandsmængden q_m .
rain-intensities is, at which the weirs begin to discharge, corresponding
dilution m and to different sorts of habitation.

m is the degree of dilution in proportion to the daily weather flow g_m).

antal indbyggere pr. ha (number of inhabitants per ha)	50		100		200		400		600		= P
vandforbrug (l/indb./døgn) (water consumption (l/inhab./day))	100	200	100	200	100	200	100	200	100	200	= V
spildevandsafløb q _m (l/sec/ha) (quantity of sewage q _m (l/sec/ha))	0,058	0,115	0,115	0,231	0,231	0,462	0,462	0,926	0,694	1,389	= $\frac{P \cdot V}{24 \cdot 3600}$

q_m (l/sec/ha) (q_m (l/sec/ha))	0,058	0,115	0,115	0,231	0,231	0,462	0,462	0,462	0,462	0,694	0,694	0,926	0,926	1,389	1,389
middelafløbskoefficient q_m (impermeability factor q_m)	0,25	0,25	0,35	0,35	0,40	0,40	0,50	0,60	0,80	0,40	0,80	0,40	0,80	0,40	1,00
$\frac{q_m}{q_m}$	0,23	0,46	0,33	0,66	0,58	1,15	0,92	0,77	0,58	1,74	0,87	2,31	1,16	3,47	1,39

$\frac{q_m}{q_m}$	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	
$i_o = m \frac{q_m}{q_m}$ (l/sek/ha)	m = 1,5 (0,50)	(0,60)	(0,90)	(1,20)	(1,50)	2,25	3,00	3,75	4,50	5,25	De i parentes angivne vardier anvendes sædvanligvis ikke (The bracketed values are generally not used)
	m = 2 (0,40)	(0,80)	(1,20)	(1,60)	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	
	m = 3 (0,60)	(1,20)	(1,80)	2,40	3,00	4,50	6,00	7,50	9,00	10,50	
	m = 4 (0,80)	(1,60)	2,40	3,20	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	
	m = 5 (1,00)	2,00	3,00	4,00	5,00	7,50	10,00	12,50	15,00	17,50	
	m = 10 2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	(35,00)	
	m = 15 3,00	6,00	9,00	12,00	15,00	22,50	30,00	(37,50)	(45,00)	(52,50)	
	m = 20 4,00	8,00	12,00	16,00	20,00	30,00	(40,00)	(50,00)	(60,00)	(70,00)	
	m = 25 5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	(37,50)	(50,00)	(62,50)	(75,00)	(87,50)	

m = 20	4,00	8,00	12,00	16,00	20,00	30,00	(40,00)	(50,00)	(60,00)	(70,00)	not used
m = 25	5,00	10,00	15,00	20,00	25,00	(37,50)	(50,00)	(62,50)	(75,00)	(87,50)	

Bilag 9.
(Enclosure 9).

Fordeling af regnvand mellem afskærende ledning (Σn_i^a) og overløbsledning (Σn_i^o) for forskellige værdier af den regnintensitet i_o , ved hvilken overfaldet træder i funktion.

Vandmængderne er angivet i 0/_{100} af den samlede årlige nedbør N_A .

(Division of the rainwater between the intercepting sewer (Σn_i^a) and the storm relief sewer (Σn_i^o) for different values of the rain-intensity i_o , at which the weir begins to discharge.

The values are given in 0/_{100} of the total yearly precipitation N_A).

i_o (l/sek/ha)	2			4			6			8			10		
	s	v	å	s	v	å	s	v	å	s	v	å	s	v	å
Σn_i^a (0/_{100} af N_A)	176	281	457	255	374	629	307	421	728	340	445	785	364	458	822
Σn_i^o (0/_{100} af N_A)	333	210	543	254	117	371	202	70	272	169	46	215	145	33	178

i_o (l/sek/ha)	12			15			20			25			30		
	s	v	å	s	v	å	s	v	å	s	v	å	s	v	å
Σn_i^a (0/_{100} af N_A)	380	466	846	399	473	872	421	480	901	436	483	919	446	486	931
Σn_i^o (0/_{100} af N_A)	129	25	154	110	18	128	88	11	99	73	8	81	63	6	69

s = sommerhalvåret (summer-halfyear)

v = vinterhalvåret (winter-halfyear)

å = hele året (the year)

Spildevandsmængde (Σq_i^o) over overfald i $0/_{00}$ af den samlede årlige nedbør N_A for forskellige værdier af i_0 og af forholdet mellem middelspildevandsmængden q_m og middelfløbskoefficienten φ_m .

Overfaldets funktionstid t_0 i $0/_{00}$ af den samlede årlige regnvarighed T_A .

(Quantity of sewage (Σq_i^o) over the weir in $0/_{00}$ of the total yearly precipitation N_A for different values of i_0 and of the ratio between the daily dry weather flow q_m and the average value of the impermeability factor φ_m .

The time t_0 in which overflow occurs given in $0/_{00}$ of the total yearly rain-duration T_A).

i_0 (l/sck/ha)		2			4			6			8			10		
	$\frac{q_m}{\varphi_m}$	s	v	å	s	v	å	s	v	å	s	v	å	s	v	å
Σq_i^o ($0/_{00}$ af N_A)	0,2	5,5	6,1	11,6	2,84	2,25	5,09	1,66	1,00	2,66	1,07	0,52	1,59	0,79	0,282	1,07
	0,3	8,2	8,9	17,1	4,3	3,3	7,6	2,45	1,52	3,97	1,61	0,73	2,34	1,16	0,425	1,59
	0,5	13,2	14,3	27,5	7,0	5,5	12,5	4,12	2,39	6,51	2,71	1,21	3,92	1,91	0,68	2,59
	0,75	19,2	20,6	39,8	10,2	7,9	18,1	6,0	3,5	9,5	4,00	1,80	5,80	3,02	1,02	4,04
	1,0	24,7	26,3	51,0	13,2	10,3	23,5	7,9	4,6	12,5	5,23	2,39	7,62	3,69	1,34	5,03
	1,5	34,9	36,7	71,6	19,1	14,6	33,7	11,5	6,6	18,1	7,65	3,43	11,08	5,53	1,98	7,51
t_0 ($0/_{00}$ af T_A)	2,5	52,1	53,3	105,4	29,3	22,1	51,4	18,1	10,3	28,4	12,2	5,5	17,7	8,85	3,18	12,03
	4,0	72,8	72,0	144,8	42,3	31,1	73,4	26,9	14,8	41,7	18,3	8,0	26,3	13,4	4,72	18,1
		139	178	317	91	89	180	57	44	101	40	25	65	28	14	42

i_0 (l/sck/ha)		12			15			20			25			30		
	$\frac{q_m}{\varphi_m}$	s	v	å	s	v	å	s	v	å	s	v	å	s	v	å
Σq_i^o ($0/_{00}$ af N_A)	0,2	0,59	0,182	0,77	0,39	0,104	0,49	0,27	0,050	0,32	0,197	0,027	0,224	0,154	0,018	0,172
	0,3	0,86	0,268	1,13	0,66	0,161	0,82	0,41	0,079	0,49	0,297	0,045	0,34	0,232	0,029	0,261
	0,5	1,50	0,46	1,96	1,05	0,263	1,31	0,70	0,127	0,83	0,50	0,070	0,57	0,37	0,041	0,41
	0,75	2,16	0,68	2,84	1,59	0,388	1,98	1,04	0,189	1,23	0,73	0,107	0,84	0,59	0,064	0,65
	1,0	2,89	0,89	3,78	2,13	0,51	2,64	1,36	0,254	1,61	0,96	0,139	1,10	0,77	0,088	0,86
	1,5	4,28	1,29	5,57	3,14	0,75	3,89	2,07	0,372	2,44	1,46	0,207	1,67	1,14	0,129	1,27
t_0 ($0/_{00}$ af T_A)	2,5	6,88	2,10	8,98	5,08	1,25	6,33	3,36	0,63	3,99	2,37	0,339	2,71	1,86	0,213	2,07
	4,0	10,60	3,16	13,76	7,83	1,86	9,69	5,20	0,91	6,11	3,73	0,52	4,25	2,95	0,332	3,28
		25	9	34	15	5	20	10	3	13	7	1	8	5	1	6

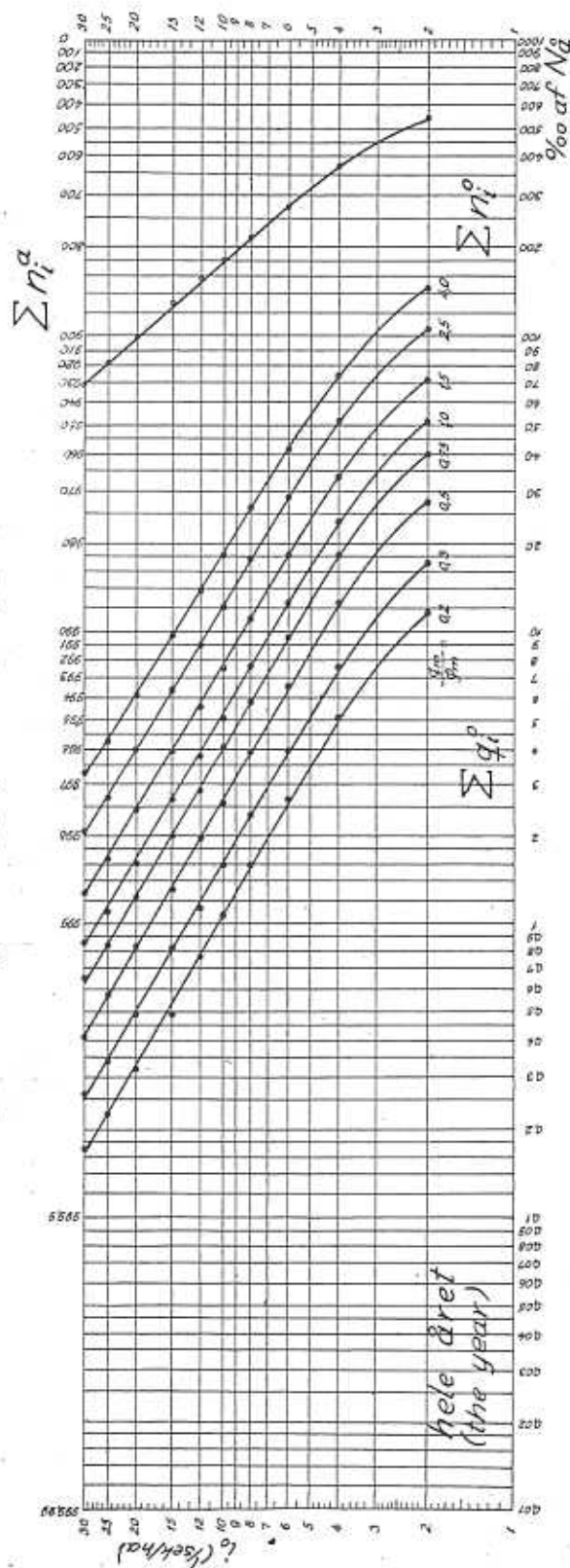
Bilag 10.
(Enclosure 10).

Diagram over spildevandsmængder Σq_i^0 og nedbørsmængder Σn_i^0 , der går over overfaldskanten, som funktion af den regntintensitet i_0 , ved hvilken overfaldet træder i funktion.

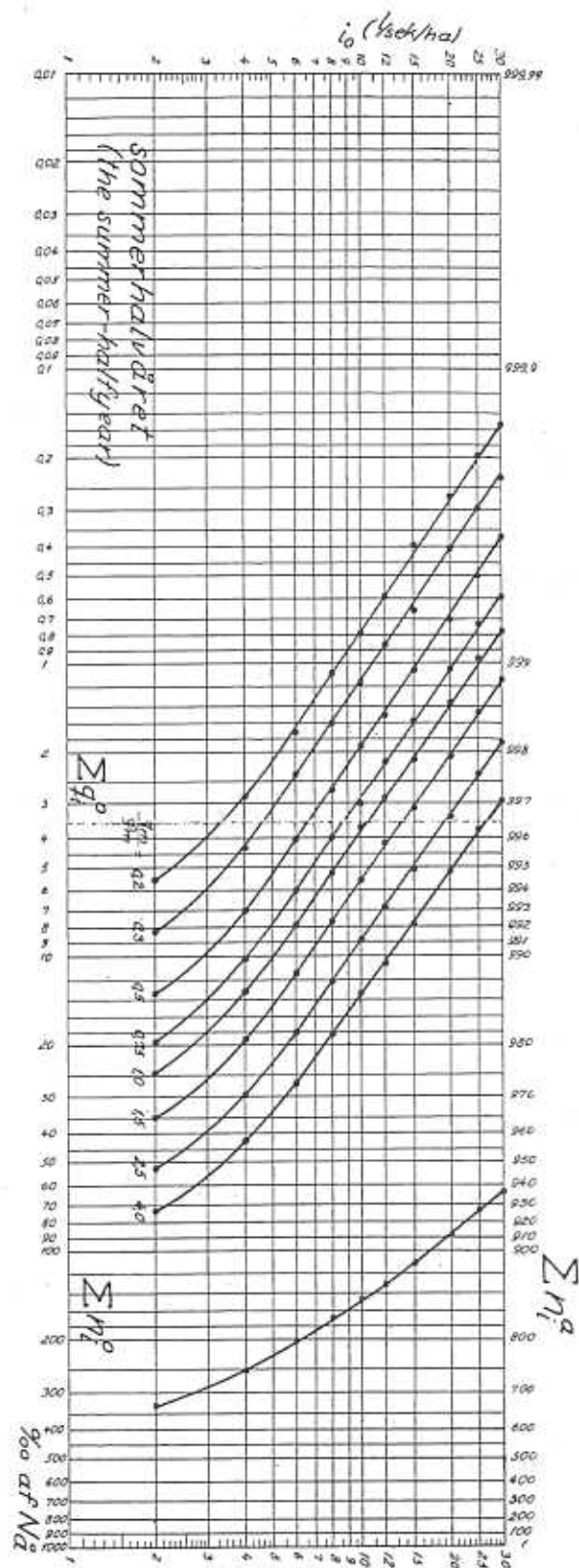
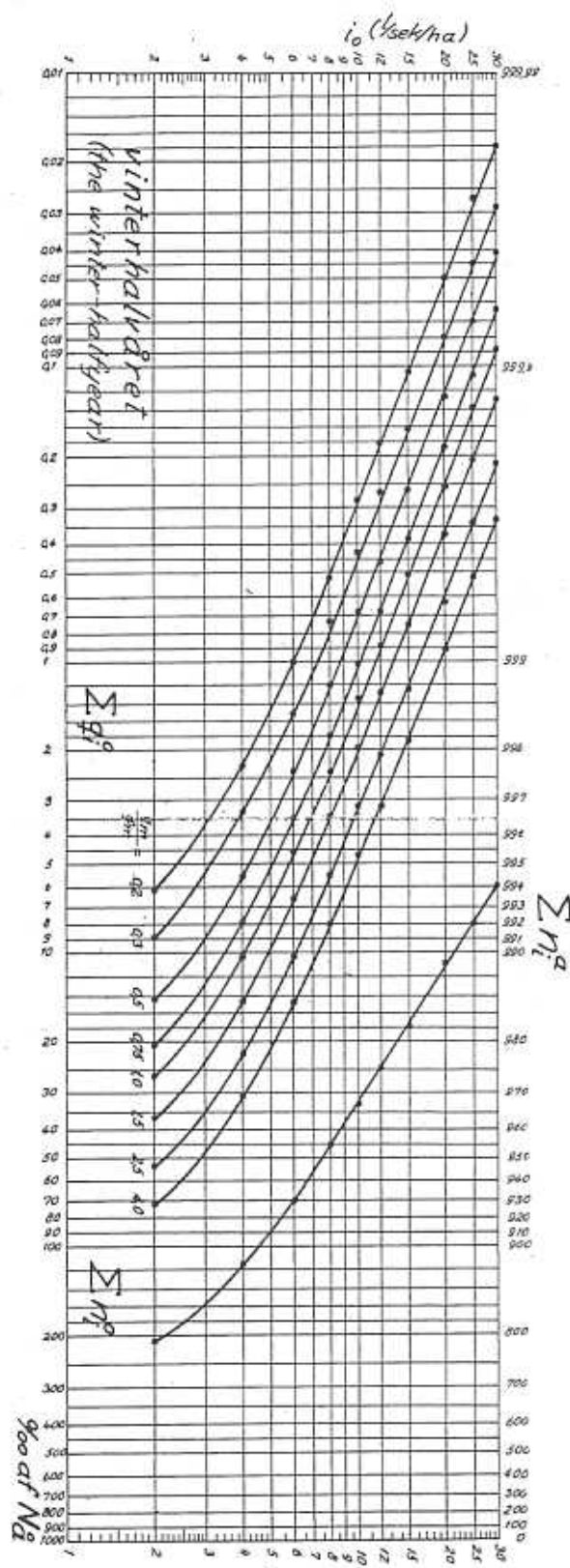
Mængderne er angivet i $\frac{1}{100}$ af den samlede årlige nedbørsmængde N_a .

(Diagram for the quantities of sewage Σq_i^0 and the quantities of rain Σn_i^0 , that discharge, as functions of the rain-intensity i_0 at which the weir begins to discharge.

The quantities are given in $\frac{1}{100}$ of the total yearly precipitation N_a).



	1.5	4.28	1.29	3.37	3.11	0.75	6.33	3.36	0.63	3.99	2.37	0.339	2.71	1.86	0.213	2.07
	2.5	6.88	2.10	8.98	5.08	1.25	6.33	3.36	0.63	3.99	2.37	0.339	2.71	1.86	0.213	2.07
	4.0	10.60	3.16	13.76	7.83	1.86	9.69	5.20	0.91	6.11	3.73	0.52	4.25	2.95	0.332	3.28
t_0 (°/100 at T_A)	25	9	34	15	5	20	10	3	13	7	1	8	5	1	6	

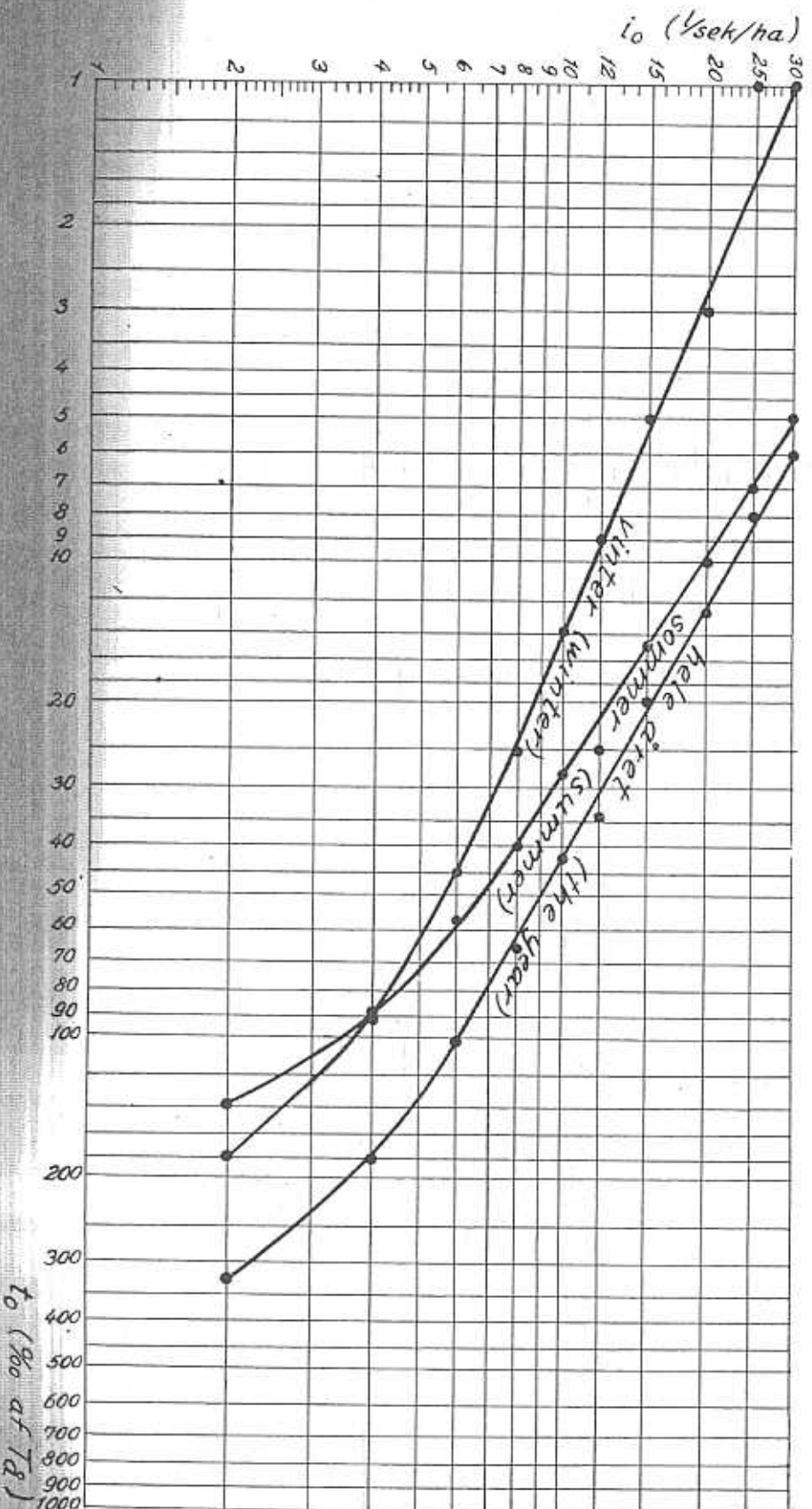


Bilag 11.

(Enclosure 11).

Overfalds funktionstid t_o i ‰ af den samlede årlige regnvarighed T_a .
 i_o = den regnintensitet, ved hvilken overfaldet træder i funktion.

(The time t_o in which overflow occurs, in ‰ of the total yearly rain-duration T_a .
 i_o = the rain-intensity at which the weir begins to discharge).



Nedbør
mm

(rain)

Bilag 12.

(Enclosure 12).

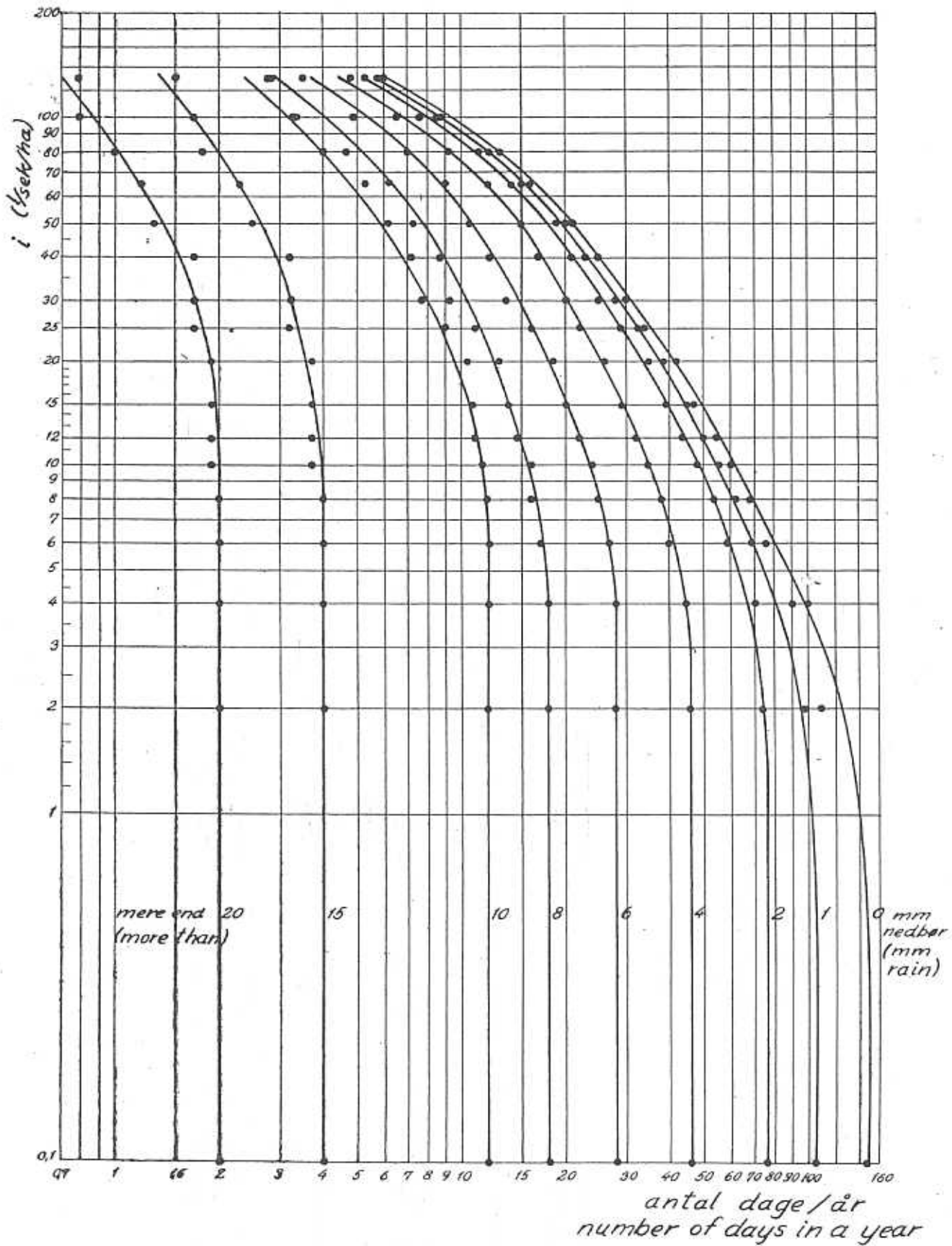
Gennemsnitligt årligt antal dage med regn med i.
 (Number of days in a year with rain of intensity i.)

Nedbør mm (rain mm)	Gennemsnitligt årligt antal dage med regn med intensitet over 1sek/ha (Number of days in a year on which it rains with an intensity exceeding 1 sec ha)															100	130
	0	2	4	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	65	80		
sommerhalvåret (summer-half year)	64 49 36 24 16 11 8 3 1,7	52 46 36 24 16 11 8 3 1,7	49 44 35 24 16 11 8 3 1,7	42 38 33 23 16 11 8 3 1,7	40 36 31 22 15 10 8 3 1,7	37 34 29 21 15 10 8 3 1,7	35 32 28 20 14 9,5 7,5 3 1,7	31 29 25 18 13 9 7,5 3 1,7	28 26 23 17 12,5 9 7,5 3 1,7	24 23 20 15 11 8 7 2,7 1,5	22 21 18 14 10,5 7,6 6,7 2,7 1,5	19 18 16 13 9,7 7,2 6,2 2,7 1,5	17 16 15 11,5 8,3 6,0 5,2 2,0 1,1	13 12 11 9 6,8 5,0 4,5 1,8 1,0	11 10,5 9,6 7,5 5,7 4,2 3,7 1,5 0,8	8,0 7,7 6,8 5,7 4,0 3,1 3,1 1,5 0,8	5,7 5,5 5,0 4,5 3,2 2,6 2,6 1,5 0,8
vinterhalvåret (winter-half year)	82 56 40 22 12 7 4 1 0,3	57 52 38 22 12 7 4 1 0,3	51 47 36 21 12 7 4 1 0,3	34 31 26 17 11 6 4 1 0,3	28 26 23 16 10 6 4 1 0,3	23 22 19 14 9 6 3,5 0,7 0,2	20 19 16 12 8 5 3,5 0,7 0,2	16 16 14 11 7 4,7 3,3 0,7 0,2	14 13 12 9 6 4 3 0,7 0,2	10 10 9 7 5 3 2 0,5 0,2	8 7 7 6 3 1,7 1,0 0,5 0,2	6 5 5 4 2,5 1,5 1,0 0,5 0,2	4 4 4 3,5 2,3 1,3 1,0 0,5 0,2	3 3 3 3 2,2 1,2 0,8 0,5 0,2	1,7 1,7 1,7 1,7 1,3 0,5 0,3 0,3 0,2	0,8 0,8 0,8 0,8 0,8 0,2 0,2 0,2 0	0,3 0,3 0,3 0,3 0,3 0,2 0,2 0,2 0
hele året (the year)	146 105 76 46 28 18 12 4 2	109 98 74 46 28 18 12 4 2	100 91 71 45 28 18 12 4 2	76 69 59 40 27 17 12 4 2	68 62 54 38 25 16 12 4 2	60 56 48 35 24 16 11,5 3,7 1,9	55 51 44 32 22 14,5 11 3,7 1,9	47 45 39 29 20 13,7 10,8 3,7 1,9	42 39 35 26 18,5 13 10,5 3,7 1,9	34 33 29 22 16 11 9 3,2 1,7	30 28 25 20 13,5 9,3 7,7 3,2 1,7	25 23 21 17 12,2 8,7 7,2 3,2 1,7	21 20 19 15 10,6 7,3 6,2 2,5 1,3	16 15 14 12 9 6,2 5,3 2,3 1,2	13 12,2 11,3 9,2 7,0 4,7 4,0 1,8 1,0	8,8 8,5 7,6 6,5 4,8 3,5 2,8 2,8 1,5 0,8	6,0 5,8 5,3 4,8 3,5 2,8 2,8 1,5 0,8

Diagram til bestemmelse af antal dage om året med regn over en given intensitet og en samlet nedbør større end de ved kurverne angivne.

(Diagram for computation of the number of days in a year with rain over a given intensity and a total precipitation greater than that given by the curves).

Diagram
regn
(Diagram
with re



re 13 a)

Diagram til bestemmelse af antal dage indenfor sommerhalvåret med regn over en given intensitet og en samlet nedbør større end de ved kurverne angivne.
 (Diagram for computation of the number of days in a summer-half year with rain over a given intensity and a total precipitation greater than that given by the curves).

