

BESTEMMELSE AF REGNRÆKKER

for regn af større hyppighed end fem gange
årlig samt angivelse af formler og diagrammer
til dimensionering af regnvandsbassiner



1. udgave 1953
Fotografisk optryk 1969

TEKNISK FORLAG
KØBENHAVN

Aalborg Universitetsbibliotek

530001807454



09374

Det af *Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomité* i 1944 nedsatte *dimensioneringsudvalg* har i 1952 ladet foretage en bestemmelse af regnrækker for regn af større hyppighed end fem gange årlig og udarbejdelse af formler og diagrammer til dimensionering af regnvandsbassiner. Udvalget har derefter den 10. februar 1953 afgivet nærværende betænkning, der fremtræder som

Spildevandskomiteens skrift nr. 6.

Udvalgets medlemmer er:

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

I spildevandskomiteens skrift nr. 2 „Bearbejdelse af diagrammer fra de af Stads- og Havneingeniørforeningen opstillede selvregistrerende regnmålere for årene 1933–1947“ er der foretaget en bearbejdelse af de regnskyl, der optræder med en gennemsnitlig årlig hyppighed på 5 eller derunder.

Af hensyn til regnformlernes anvendelse ved beregning af regnvandsbassiner, specielt regnvandstanke i forbindelse med renseanlæg, er der opstået ønske om også at få opstillet regnrækker for regn af større hyppighed end 5 gange årlig. Spildevandskomiteen vedtog at lade dette arbejde udføre, og denne bearbejdelse er ligesom den første foretaget af civilingeniørerne P. H. Eriksen og Ejner Larsen.

I spildevandskomiteens skrift nr. 2 er meddelt resultatet af bearbejdelsen af materialet fra de fire målere i Gentofte, Odense, Århus og Ålborg for perioden 1933–1947, men materialet består kun af pluviogrammer fra sommerhalvårene, da målerne stort set kun var i funktion på denne årstid.

Når det drejer sig om undersøgelse af regnskyl, der optræder meget hyppigt, er det imidlertid af stor betydning også at få regnskylleene i vinterhalvåret med. Det er så heldigt, at regnmåleren i Odense i 6 på hinanden følgende år (1936–1941) har været i funktion hele året, og det er resultaterne fra denne periode, der meddeles i nærværende redegørelse.

Bearbejdelsen af materialet er foretaget på samme måde som beskrevet i spildevandskomiteens skrift nr. 2. Grænseværdierne for den nedbør, som er medtaget ved bearbejdelsen, fremgår af efterfølgende tabel 1.*) Under bearbejdelsen er sommerhalvåret (april–september) og vinterhalvåret (oktober–marts) holdt hver for sig.

*) Grænseværdierne er valgt således, at man efter bedste skøn måtte regne med at få mindst 120 regnskyl med for hver varighed, svarende til en årlig hyppighed på 20.

De fundne værdier er opstillet i skemaer som tabellerne 3-6 i skrift nr. 2, nemlig et skema for sommerhalvåret, et for vinterhalvåret og et for hele året. De i skemaerne fundne sammenhørende værdier af regnvarighed t_r (min.) og regnintensitet i (1/sek/ha) er for $n = \frac{1}{2}, 1, 2, 5, 10, 15$ og 20 afsat i dobbelt logaritmisk koordinatsystem med t_r som abscisse og i som ordinat. For vinterhalvåret fås dog ingen værdier for n større end 5. Resultatet fremgår af figurerne 1-3.

Det ses, at det ikke er i alle tilfælde, at punkterne for en bestemt værdi af n grupperer sig om en ret linie. På fig. 1, der gælder for hele året, er indlagt rette linier svarende til $n = \frac{1}{2}, 1$ og 2. Disse linier har samme hældning som de tilsvarende i skrift nr. 2 (fig. 9), men ordinaterne i fig. 1 er noget mindre end ordinaterne til de linier, der i skrift nr. 2 er fundet for perioden 1933-47. For varigheder under ca. 20 min. ligger de rette linier noget for højt, men for ikke at afvige for meget fra skrift nr. 2, og i betragtning af, at der til grund for nærværende resultater kun ligger observationer for 6 år, foreslås det, at man for $n = \frac{1}{2}, 1$ og 2 bliver stående ved de rette linier, gældende for varigheder fra 15 min. til 4 døgn.

For hver af værdierne $n = 5, 10, 15$ og 20 grupperer punkterne på fig. 1 sig smukt omkring to rette linier, der skærer hinanden på ordinaten $t_r = 4$ timer.

For sommerhalvåret (se fig. 2) fås på samme måde en ret linie for hver af værdierne $n = \frac{1}{2}, 1$ og 2, gældende for varigheder fra 15 min. til 4 døgn, og to rette linier for hver af værdierne $n = 5, 10$ og 15, der skærer hinanden på ordinaten $t_r = 2$ timer. For $n = 20$ fås en ret linie gældende for varigheder fra 5 min. til 2 timer, medens bearbejdelsen ikke har givet nogen resultater for varigheder over 2 timer.

For vinterhalvåret (se fig. 3) fås for hver af værdierne $n = \frac{1}{2}, 1, 2$ og 5 to rette linier, der skærer hinanden på ordinaten $t_r = 4$ timer.

De rette linier svarende til $n = \frac{1}{2}, 1$ og 2 er de samme på fig. 1 og fig. 2, der gælder for henholdsvis hele året og sommerhalvåret,

N = Regnintensitet

Tabel 2.

Regnformler

Regnintensitet i (1/sek./ha). Regnvarighed t_r (min.).

n		5	10	15	20
hele året	5 min. $\leq t_r \leq 4$ timer	$i = 150 \cdot t_r^{-0,56}$	$i = 115 \cdot t_r^{-0,56}$	$i = 91 \cdot t_r^{-0,56}$	$i = 79 \cdot t_r^{-0,56}$
	4 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 380 \cdot t_r^{-0,73}$	$i = 292 \cdot t_r^{-0,73}$	$i = 231 \cdot t_r^{-0,73}$	$i = 200 \cdot t_r^{-0,73}$
som- mer	5 min. $\leq t_r \leq 2$ timer	$i = 150 \cdot t_r^{-0,56}$	$i = 104 \cdot t_r^{-0,56}$	$i = 80 \cdot t_r^{-0,56}$	$i = 63 \cdot t_r^{-0,56}$
	2 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 340 \cdot t_r^{-0,73}$	$i = 235 \cdot t_r^{-0,73}$	$i = 180 \cdot t_r^{-0,73}$	
vin- ter	5 min. $\leq t_r \leq 4$ timer	$i = 45 \cdot t_r^{-0,43}$			
	4 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 233 \cdot t_r^{-0,73}$			

Tabel 3.

Regnformler

Regnintensitet i (1/sek./ha). Regnvarighed t_r (min.).

n		0,5	1	2
vinter	5 min. $\leq t_r \leq 4$ timer	$i = 96 \cdot t_r^{-0,46}$	$i = 73 \cdot t_r^{-0,45}$	$i = 59 \cdot t_r^{-0,44}$
	4 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 243 \cdot t_r^{-0,63}$	$i = 206 \cdot t_r^{-0,64}$	$i = 208 \cdot t_r^{-0,67}$

Tabel 4.

Regnformler

Regnintensitet i (1/sek./ha). Regnvarighed t_r (sek.).

	n	5	10	15	20
hele året	5 min. $\leq t_r \leq 4$ timer	$i = 1486 \cdot t_r^{-0,56}$	$i = 1139 \cdot t_r^{-0,56}$	$i = 901 \cdot t_r^{-0,56}$	$i = 782 \cdot t_r^{-0,56}$
	4 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 7550 \cdot t_r^{-0,73}$	$i = 5800 \cdot t_r^{-0,73}$	$i = 4590 \cdot t_r^{-0,73}$	$i = 3970 \cdot t_r^{-0,73}$
som- mer	5 min. $\leq t_r \leq 2$ timer	$i = 1486 \cdot t_r^{-0,56}$	$i = 1030 \cdot t_r^{-0,56}$	$i = 792 \cdot t_r^{-0,56}$	$i = 624 \cdot t_r^{-0,56}$
	2 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 6750 \cdot t_r^{-0,73}$	$i = 4670 \cdot t_r^{-0,73}$	$i = 3575 \cdot t_r^{-0,73}$	
vin- ter	5 min. $\leq t_r \leq 4$ timer	$i = 262 \cdot t_r^{-0,43}$			
	4 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 4630 \cdot t_r^{-0,73}$			

Tabel 5.

Regnformler

Regnintensitet i (1/sek./ha). Regnvarighed t_r (sek.).

	n	0,5	1	2
vinter	5 min. $\leq t_r \leq 4$ timer	$i = 631 \cdot t_r^{-0,46}$	$i = 461 \cdot t_r^{-0,45}$	$i = 358 \cdot t_r^{-0,44}$
	4 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 3205 \cdot t_r^{-0,63}$	$i = 2830 \cdot t_r^{-0,64}$	$i = 3230 \cdot t_r^{-0,67}$

Tabel 6.

Antal overbelastninger n			Målested	Gyldigheds- område	Ligninger for regnrækker $i = c \cdot t_r - a$ (t_r i sek.) l/sek/ha	Beregning af regnvandsbassiner	
pr. år	pr. som- mer- halvår	pr. vin- ter- halvår				Regnvarighed $t_r' = H \cdot a - \frac{1}{a}$ sek.	Bassinrumfang $\frac{Q' \cdot F}{\varphi \cdot a} = K \cdot a - \frac{1}{a}$ l/red. ha
0,5	0,5		Arhus	15 min. $\leq t_r$ ≤ 4 døgn	$i = 18.870 \cdot t_r - 0,73$	120.000 · a	324.000 · a — 0,37
0,5	0,5		Alborg		$i = 16.880 \cdot t_r - 0,73$	103.000 · a	278.000 · a — 0,37
0,5	0,5		Gentofte og Odense		$i = 14.900 \cdot t_r - 0,73$	86.600 · a	234.000 · a — 0,37
1	1		Arhus og Alborg		$i = 12.910 \cdot t_r - 0,73$	71.200 · a	193.000 · a — 0,37
1	1		Gentofte og Odense		$i = 10.925 \cdot t_r - 0,73$	56.600 · a	153.000 · a — 0,37
2	2		Alle 4 stationer	5 min. $\leq t_r \leq 4$ timer 4 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 2.900 \cdot t_r - 0,63$	64.500 · a	109.700 · a — 0,59
5			Odense		$i = 7.550 \cdot t_r - 0,73$	34.200 · a	92.300 · a — 0,37
10			Odense	5 min. $\leq t_r \leq 4$ timer 4 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 1.139 \cdot t_r - 0,56$	66.400 · a	84.500 · a — 0,79
			Odense	5 min. $\leq t_r \leq 4$ timer 4 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 5.800 \cdot t_r - 0,73$	23.800 · a	— 64.300 · a — 0,37
15			Odense	5 min. $\leq t_r \leq 4$ timer 4 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 901 \cdot t_r - 0,56$	43.700 · a	55.600 · a — 0,79
			Odense	5 min. $\leq t_r \leq 4$ timer 4 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 4.590 \cdot t_r - 0,73$	17.300 · a	46.700 · a — 0,37
20			Odense	5 min. $\leq t_r \leq 4$ timer 4 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 782 \cdot t_r - 0,56$	33.900 · a	43.100 · a — 0,79
			Odense	5 min. $\leq t_r \leq 4$ timer 4 timer $\leq t_r \leq 4$ døgn	$i = 3.970 \cdot t_r - 0,73$	14.200 · a	38.300 · a — 0,37

5	Odense	$\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ min.} \leq t_r \leq 2 \text{ timer} \\ 2 \text{ timer} \leq t_r \leq 4 \text{ døgn} \end{array} \right\}$	$i = 2.770 \cdot t_r - 0,63$ $i = 6.750 \cdot t_r - 0,73$	60.000 · a 29.300 · a	-1,59 -1,37	102.000 · a 79.100 · a	-0,59 -0,37
10	Odense	$\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ min.} \leq t_r \leq 2 \text{ timer} \\ 2 \text{ timer} \leq t_r \leq 4 \text{ døgn} \end{array} \right\}$	$i = 1.030 \cdot t_r - 0,56$ $i = 4.670 \cdot t_r - 0,73$	55.500 · a 17.700 · a	-1,79 -1,37	70.600 · a 47.800 · a	-0,79 -0,37
15	Odense	$\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ min.} \leq t_r \leq 2 \text{ timer} \\ 2 \text{ timer} \leq t_r \leq 4 \text{ døgn} \end{array} \right\}$	$i = 792 \cdot t_r - 0,56$ $i = 3.575 \cdot t_r - 0,73$	34.700 · a 12.300 · a	-1,79 -1,37	44.100 · a 33.200 · a	-0,79 -0,37
20	Odense	$\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ min.} \leq t_r \leq 2 \text{ timer} \end{array} \right\}$	$i = 624 \cdot t_r - 0,56$	22.700 · a	-1,79	28.900 · a	-0,79
	0,5	Odense	$\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ min.} \leq t_r \leq 4 \text{ timer} \\ 4 \text{ timer} \leq t_r \leq 4 \text{ døgn} \end{array} \right\}$	$i = 631 \cdot t_r - 0,46$ $i = 3.205 \cdot t_r - 0,63$	320.000 · a 75.500 · a	272.600 · a 128.300 · a	-1,17 -0,59
	1	Odense	$\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ min.} \leq t_r \leq 4 \text{ timer} \\ 4 \text{ timer} \leq t_r \leq 4 \text{ døgn} \end{array} \right\}$	$i = 461 \cdot t_r - 0,45$ $i = 2.830 \cdot t_r - 0,64$	219.800 · a 50.300 · a	179.800 · a 89.400 · a	-1,22 -0,56
	2	Odense	$\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ min.} \leq t_r \leq 4 \text{ timer} \\ 4 \text{ timer} \leq t_r \leq 4 \text{ døgn} \end{array} \right\}$	$i = 358 \cdot t_r - 0,44$ $i = 3.230 \cdot t_r - 0,67$	170.900 · a 33.100 · a	134.300 · a 67.200 · a	-1,27 -0,49
	5	Odense	$\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ min.} \leq t_r \leq 4 \text{ timer} \\ 4 \text{ timer} \leq t_r \leq 4 \text{ døgn} \end{array} \right\}$	$i = 262 \cdot t_r - 0,43$ $i = 4.630 \cdot t_r - 0,73$	113.500 · a 17.500 · a	85.600 · a 47.300 · a	-1,32 -0,37

selv om punkterne ligger lidt højere for hele året end for sommerhalvåret. Der er dog ingen grund til at lægge større vægt på disse linier, men blive stående ved de i skrift nr. 2 fundne resultater. Men de er medtaget for at konstatere, hvor meget observationerne fra de 6 år 1936-41 afviger fra det større materiale fra perioden 1933-47. Det ses, at overensstemmelsen er så god, at man godt kan regne med, at perioden på de 6 år giver et nogenlunde sandt billede af nedbørsforholdene for de store værdier af n , for hvilke man kun har dette begrænsede materiale. Sammenligningen viser desuden, at de i skrift nr. 2 opstillede regnrækker for $n = \frac{1}{2}$, 1 og 2, der er baseret på observationer alene fra sommerhalvårene, også med tilstrækkelig nøjagtighed kan anvendes som gældende for hele året.

Ligningerne for de rette linier på figurerne 1, 2 og 3 for $n = 5$, 10, 15 og 20 er opstillet i tabel 2 side 6. For vinterhalvåret gælder desuden de i tabel 3 anførte ligninger for $n = \frac{1}{2}$, 1 og 2.

Medens t_r i ligningerne i tabellerne 2 og 3 skal indsættes i minutter, er i tabellerne 4 og 5 side 7 konstanten c i ligningerne omregnet, svarende til, at t_r indsættes i sekunder, medens i stadig findes i 1/sek./ha.

I figurerne 4 og 5, der gælder for henholdsvis hele året og sommerhalvåret, er resultaterne fra skrift nr. 2 og fra den foran omtalte undersøgelse samlet. For værdier af n mindre end 5 anvendes resultaterne fra skrift nr. 2, for værdier af n større end 5 anvendes de foran omtalte resultater fra Odense. For $n = 5$ anvendes kurver, der afviger lidt fra Odense-kurverne, idet der er taget hensyn til de i skrift nr. 2 fundne resultater.

For vinterhalvåret må man anvende de på fig. 3 angivne kurver.

Da de ovenfor fundne resultater som nævnt navnlig vil have betydning ved beregning af regnvandsbassiner, skal til slut angives formler til beregning af bassinrumfang efter den beregningsmetode, der er angivet af civilingeniørerne P. H. Rendsvig og Ejner Larsen i „Ingeniøren“ nr. 6 for 11. februar 1950. Desuden anføres formler til beregning af varigheden t_r af det regnskyl, der bestemmer bassinrumfanget.

Formlerne er opstillet i tabel 6, og de på grundlag af disse formler udarbejdede diagrammer til dimensionering af regnvandsbassiner er vist på figurerne 6 og 7. Lystryk af disse diagrammer kan købes ved henvendelse til Dansk Ingeniørforening.

English Summary.

The statement above is a supplement to the 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 in Denmark" published by „The Committee of Sewage Disposal“.

The present paper gives an account of the adaptation of diagrams from the city of Odense for the years 1936-41; in this period the rain-gauge has been functioning all the year. So many rainfalls are comprised as to allow establishment of precipitation-series corresponding to a frequency of up to 20 per year. Rainfalls from the summer-halfyear and from the winter-halfyear are kepted separate.

On the enclosures 3, 4 and 5 are shown the precipitation-figures for the winter-halfyear, the whole year and the summer-halfyear respectively.

The enclosures 6, 7 and 8 show the corresponding figures for computing the storm-water-storage and the duration of those rainfalls which are fixing the storage.

The abscissae represent the outflow of the pond in liters per hectare impervious area and the ordinates the storage in liters per hectare impervious area and the duration of the rainfall in seconds.

The treatment has been made by P. H. Eriksen, C. E., and Ejner Larsen, C. E.

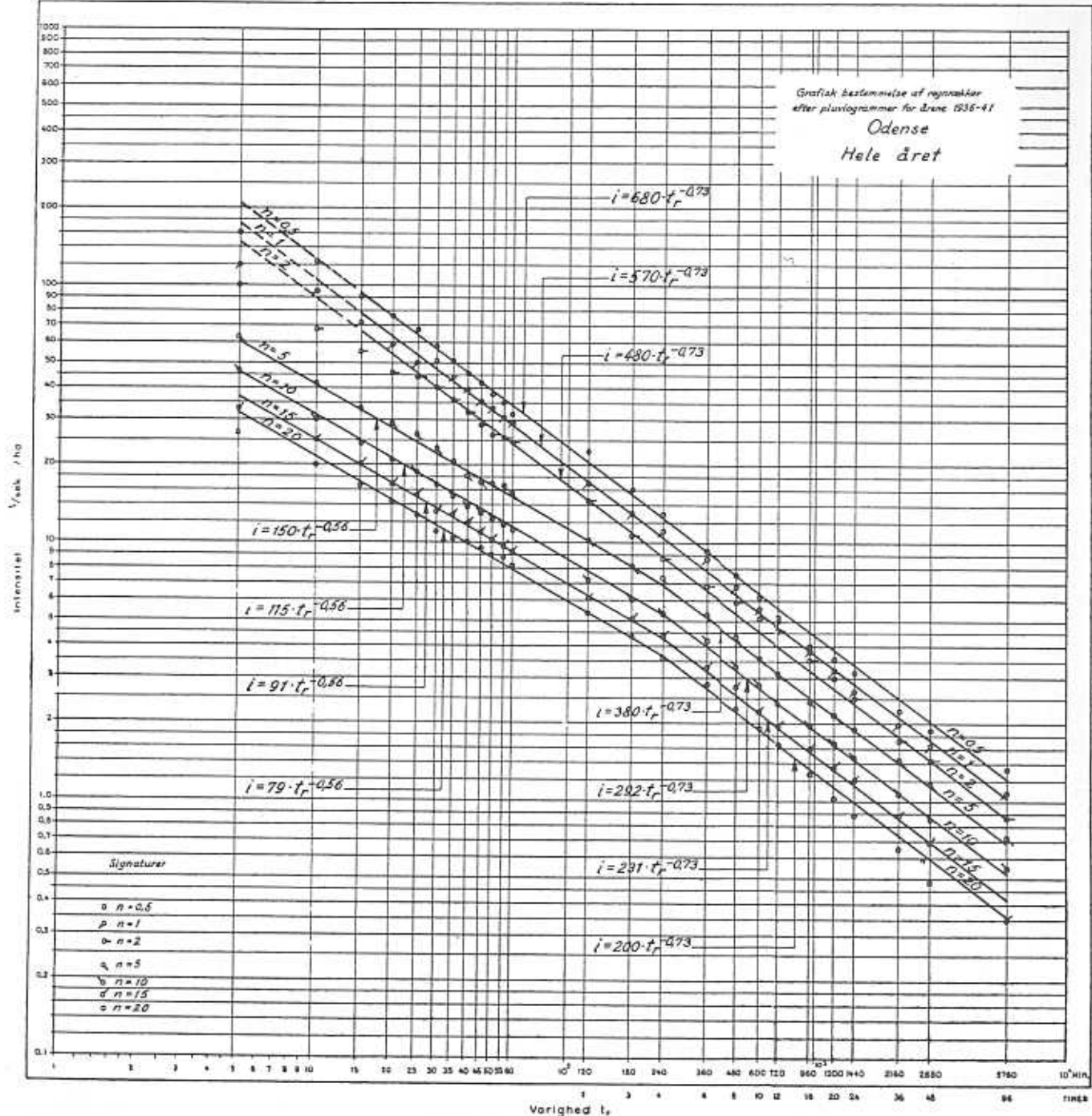


Fig. 1

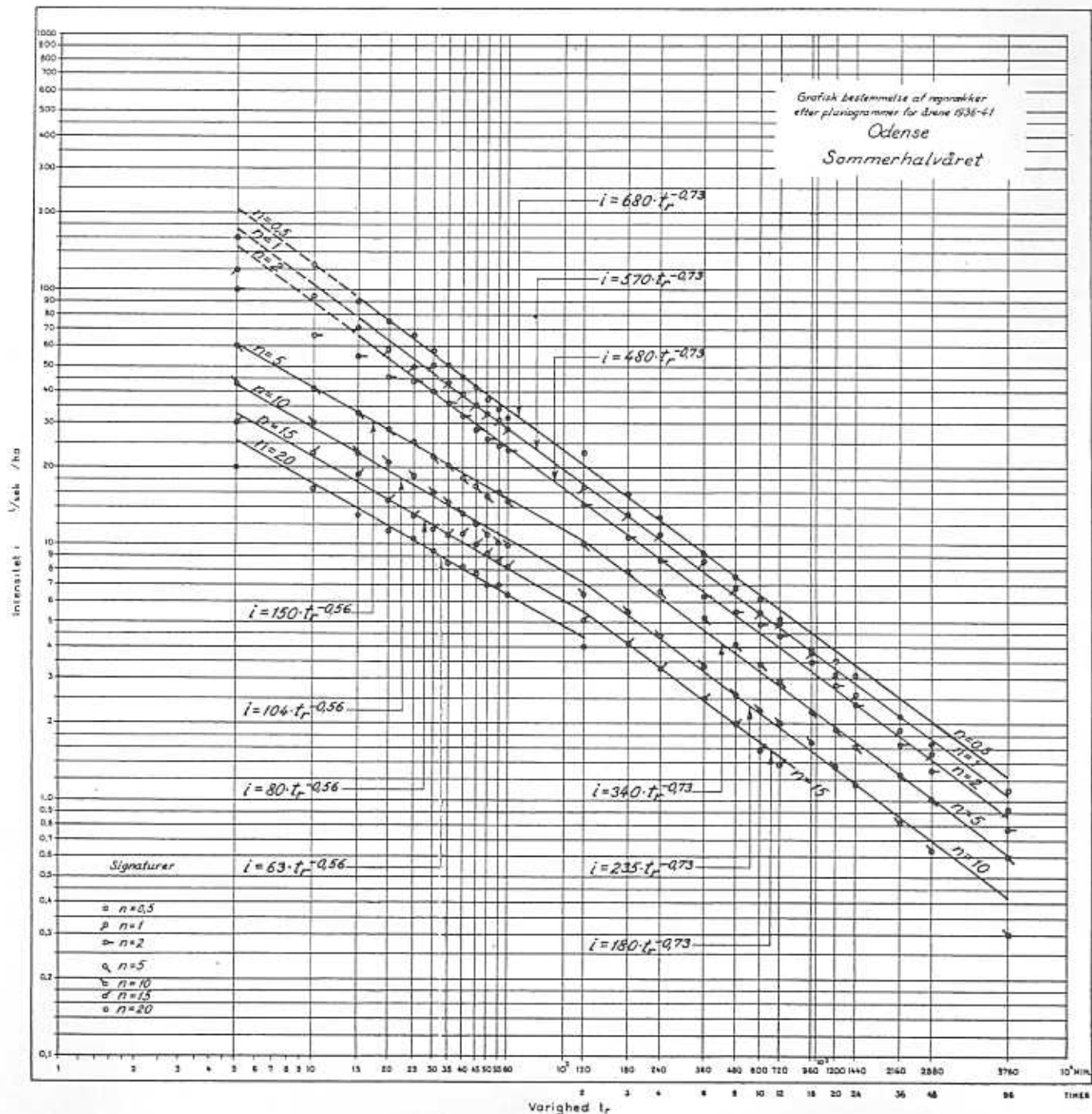


Fig. 2

Intensitet I $\frac{1}{\text{sek. ha}}$

Grøftens bestemmelse af regnpræbier
efter planogrammer for årene 1935-41

Odense
Vinterhalvåret

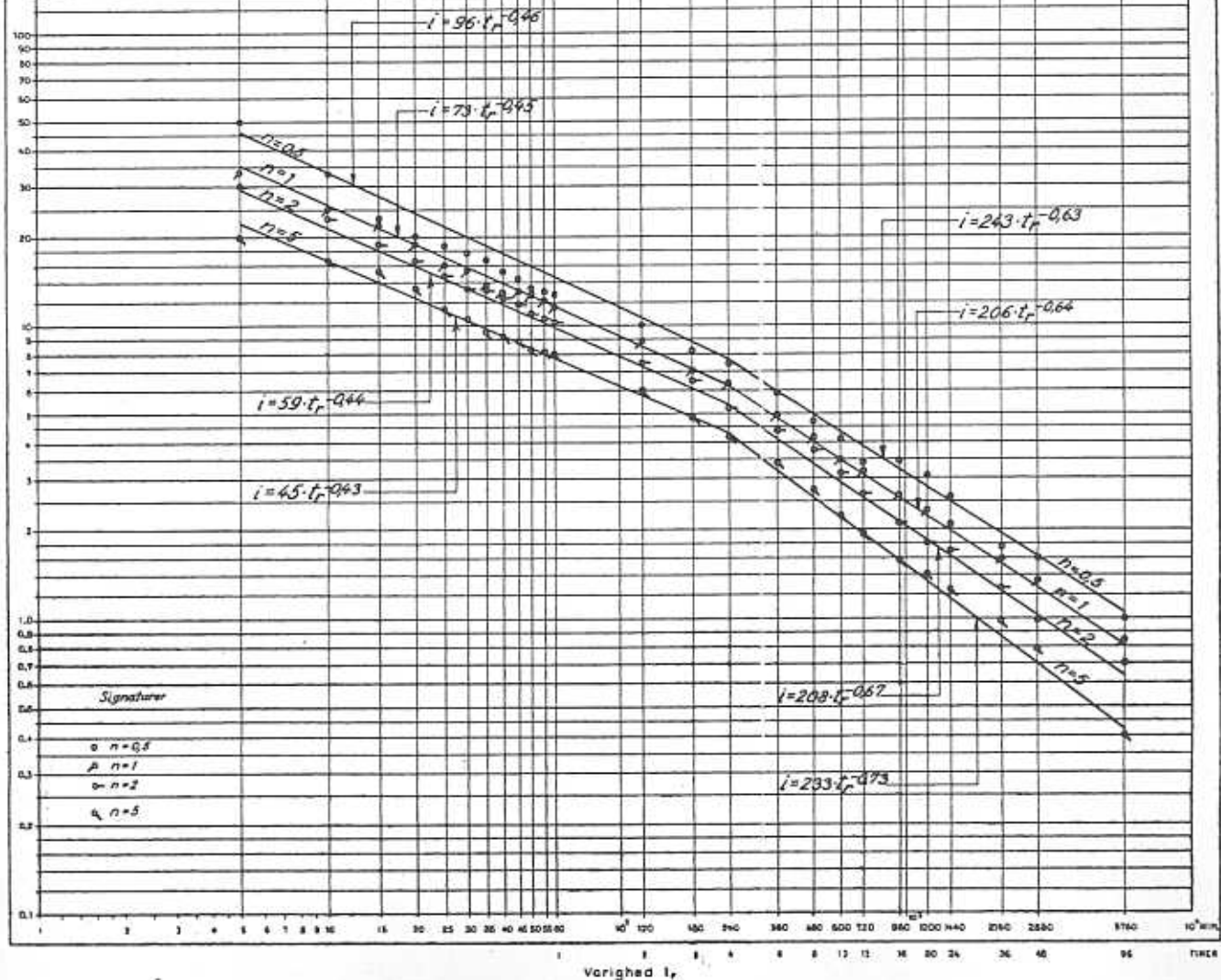


Fig. 3

Intensitet i
lark / h

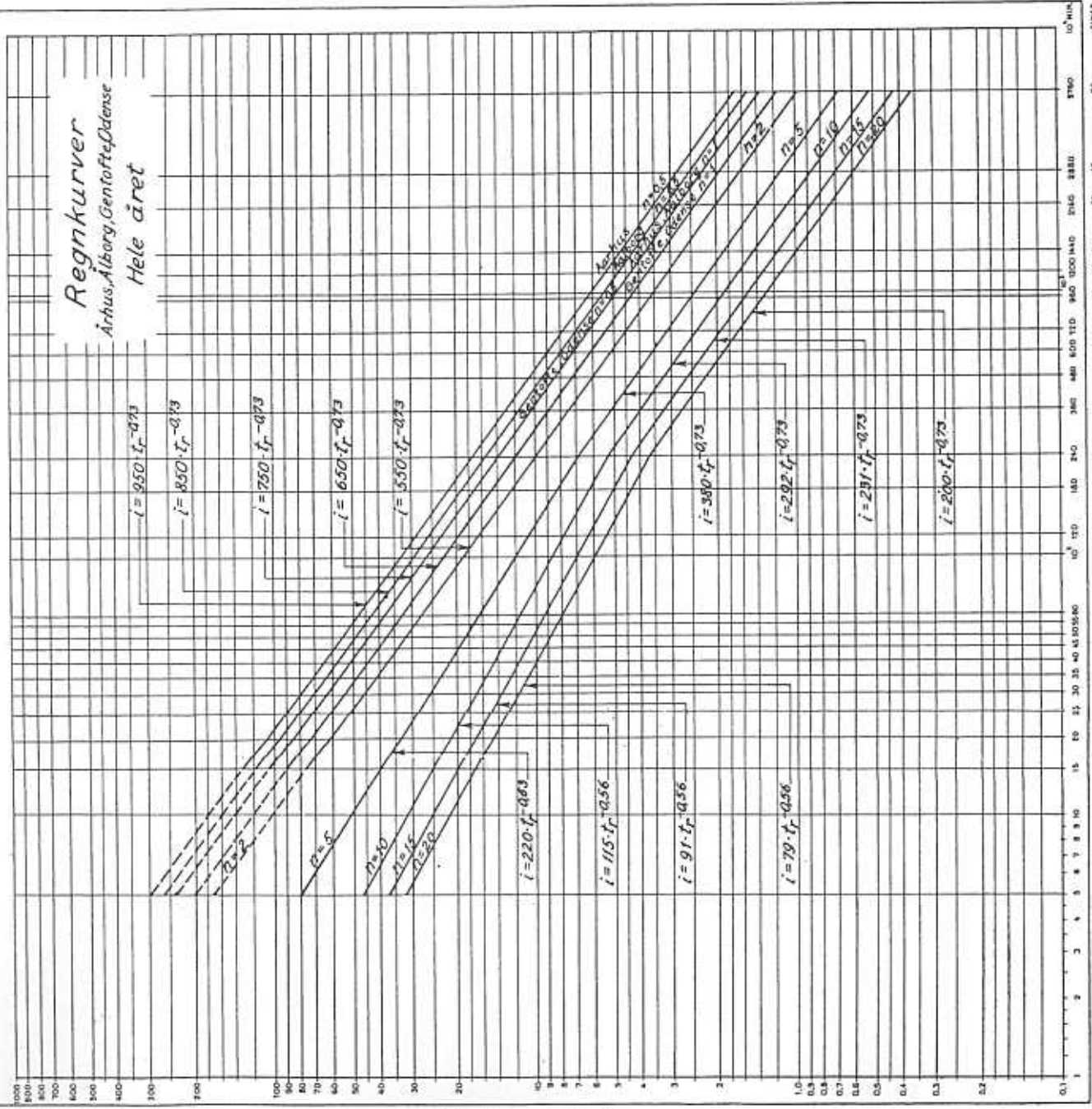


Fig. 4

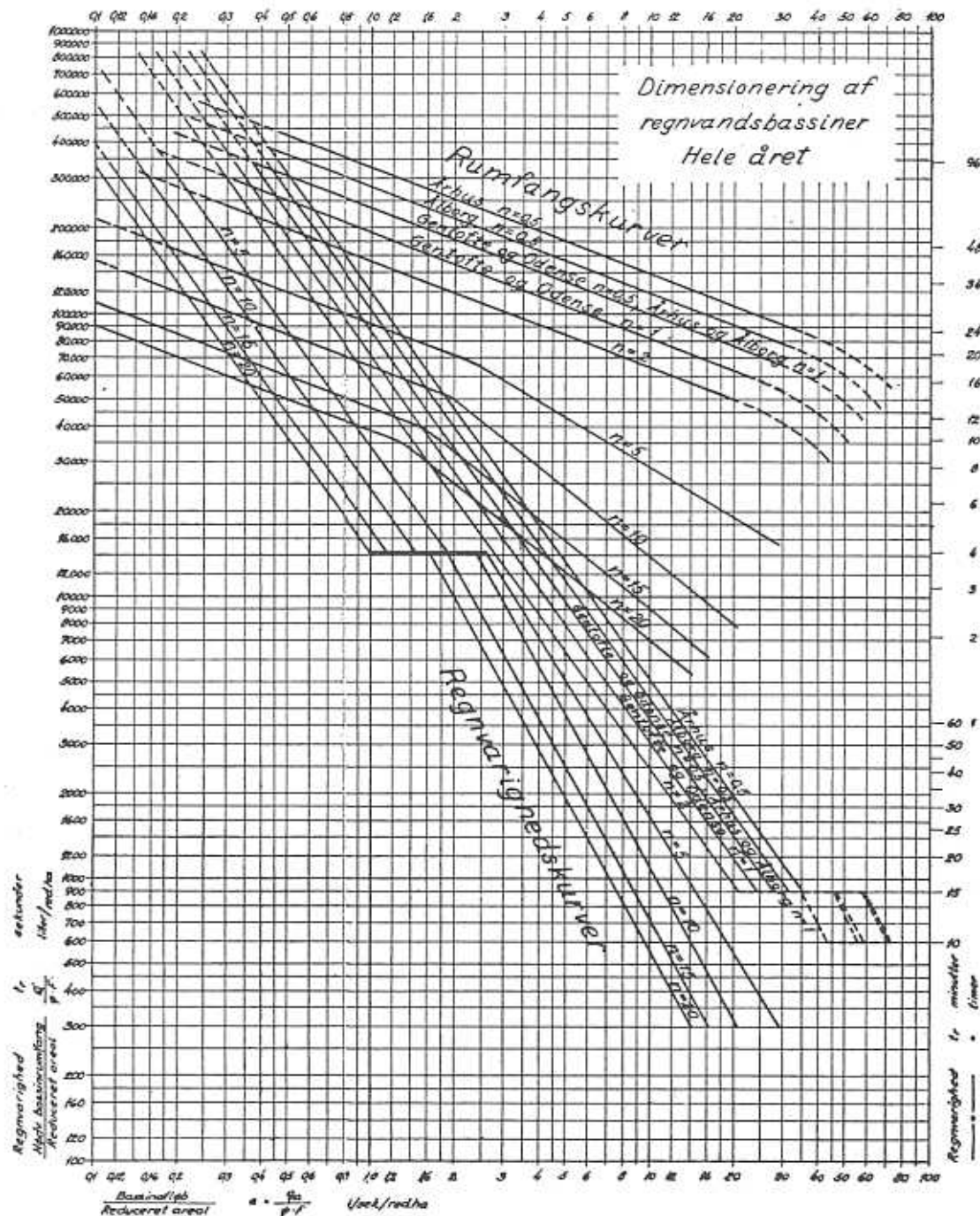


Fig. 6

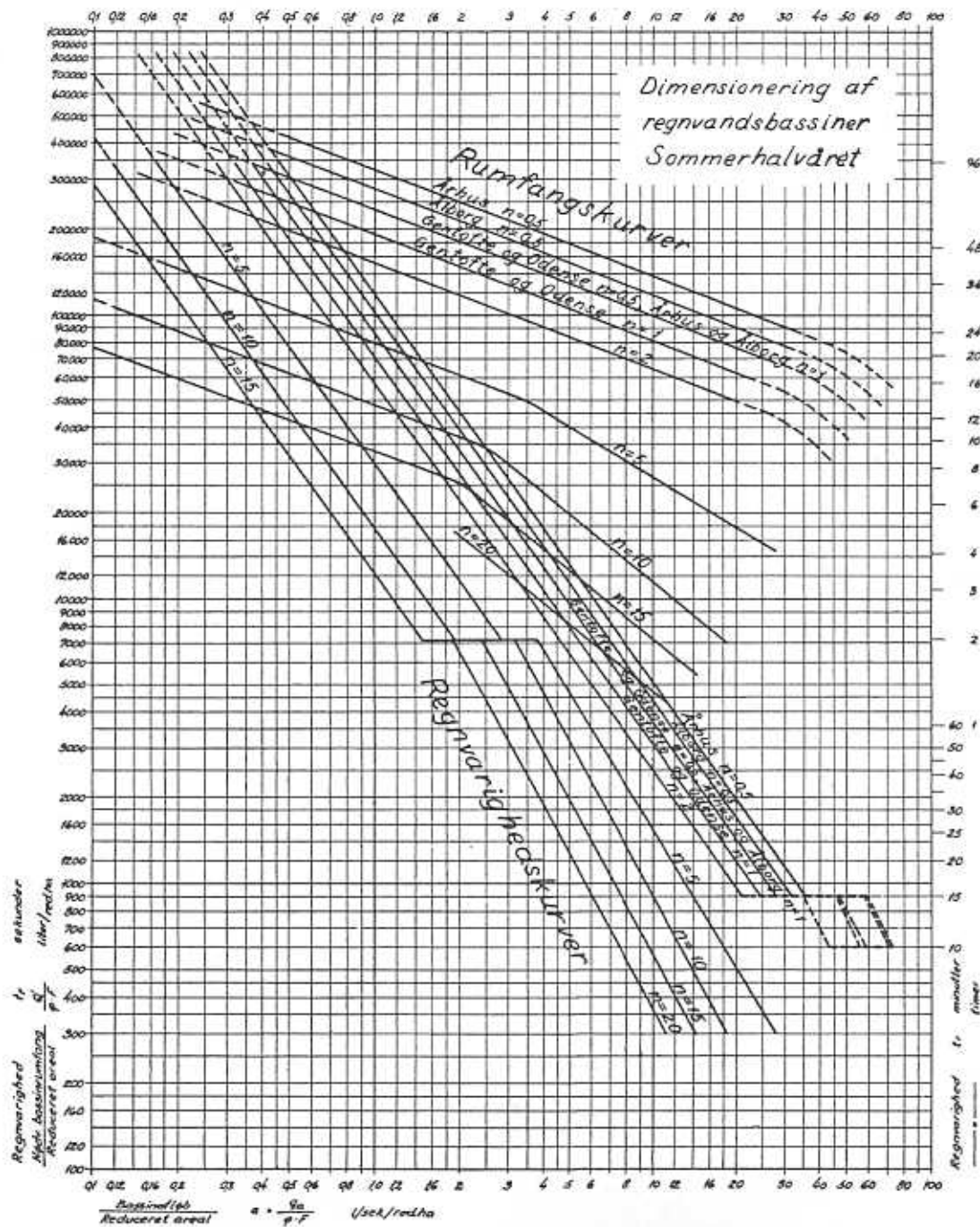


Fig. 7

