NOMOGRAME UTILIZATE ÎN AGRICULTURĂ

DE

V. ORBAN şi I. STAMATE

(Cluj)

Lucrare prezentată la Colocviul de analiză numerică din 8—13 decembrie 1960, Cluj.

În lucrarea de faţă se studiază patru nomograme utilizate în sectorul agricol, acest studiu fiind în legătură cu unele cercetări ce se fac în cadrul Institutului agronomic din Cluj.

1. *Nomogramă pentru viticultură* [3]. Dacă se notează cu y numărul ochilor cu care trebuie încărcat butucul viţei de vie, cu A procentul de ochi pierduţi, în urma unei calamităţi şi cu k numărul de ochi ce se lasă normal, atunci se stabileşte că

$$y = \frac{100\ k}{100 - A}.$$

Nomograma corespunzătoare este cea dată sub nr. 1. Precizia ei este aproximativ 5%.

2. *Nomogramă pentru calculul volumului unui segment de paraboloid de rotaţie.* Clăile de fîn sau bucşa de cărbuni etc. au forma unui segment de paraboloid de rotaţie. Cu ajutorul calculului integral se stabileşte că volumul corespunzător este dat de formula

$$V = \frac{1}{2}\pi r^2\ h,$$

unde r este raza cercului de bază, iar h înălţimea. Această formulă nu este comodă în aplicaţii practice, întrucît în ea intervine raza r care este greu de măsurat. Pentru a remedia acest neajuns, introducem lungimea l a cercului de bază. Obţinem formula

$$V = \frac{l^2 h}{8\pi}.$$

Dacă dăm lui h valorile 1, 2, 3,... (h este considerat ca parametru) şi apoi reprezentăm grafic funcţia V de variabila l obţinem o nomogramă cu linii curbe (arce de parabolă).

Se obţine însă o reprezentare mai simplă, dacă se logaritmează

$$\log V = 2 \log l + \log h - \log 8 - \log \pi$$

Înlocuind

$$\log V = y, \quad \log l = x, \quad \log h = z,$$

obţinem funcţia liniară

$$y = 2x + z - 1{,}40024,$$

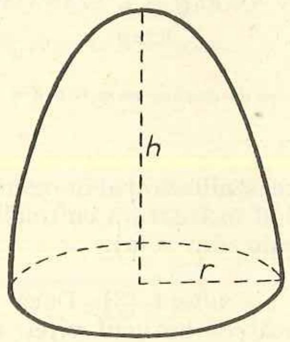


Fig. 1

a cărei reprezentarea nomografică se face cu ajutorul unor linii drepte (nomograma nr. 2) Intervalele folosite mai des în precticǎ pentru variabilele l şi h sînt următoarele : $2 \leqslant l \leqslant 30$, $1 \leqslant h \leqslant 10$. Referitor la aceste intervale, precizia nomogramei este de circa 5%.

3. *O nomogramă pentru calcularea umidităţii absolute şi relative, precum şi a punctul de rouă,* [1].

Aparatul cel mai precis pentru determinarea umidităţii absolute şi relative este psichrometru. Acesta se compune din două termometre, unul uscat iar altul udat la rezervorul de mercur printr-un tifon umed. Formula care ne dă umiditatea absolută este

$$e = E' - 0{,}5\,(T - t)\frac{b}{755},$$

unde

e reprezintă tensiunea vaporilor de apă (umiditatea absolută), exprimată în mm Hg ;

E' reprezintă tensiunea maximă a vaporilor de apă corespunzătoare lui t, expimată în mm Hg ;

T este temperatura citită la termometrul uscat şi exprimată în C° ;
t reprezintă temperatura citită la termometrul umed şi exprimată în C°,
b reprezintă presiunea atmosferică măsurată în mm Hg.

Întrucît b reprezintă un număr apropiat de 755 mmHg, putem considera $b/755 \approx 1$, fără ca prin aceasta să introducem în determinarea lui e o eroare mai mare ca 0,03. Cu aceasta, formula devine

$$e = E' - 0{,}5(T - t), \qquad (1$$

sau

$$T = 2E' + t - 2e. \qquad (2)$$

Notînd $T = f_3(T)$; $2E' + t = f_1(t)$ (E' fiind funcţie de t) şi $e = f_2(e)$' obţinem

$$f_3(T) = f_1(t) - 2f(e).$$

Pentru această relaţie întocmim o nomogramă cu puncte aliniate, avînd scări paralele. Forma generală a acestui tip de nomogramă este [2]

$$f_3 = \alpha f_1 + \beta f_2, \qquad (2')$$

pentru care scările sînt următoarele :

$$t; \quad x = -H, \; y = Lm_1(\alpha f_1 - a),$$

$$e; \quad x = H, \quad y = Lm_2(\beta f_2 - b),$$

$$T; \quad x = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} H, \; y = \frac{Lm_1m_2}{m_1 + m_2}(f_3 - a - b),$$

unde a, b, m_1, m_2, L şi H sînt parametrii.

Alegînd convenab l aceşti parametri şi ţinînd seama că $\alpha = 1$ şi $\beta = -2$, obţinem pentru ecuaţia (2') următoarele scări :

$$t; \quad x = -7, \qquad y = \frac{1}{4}(f_1 - 40),$$

$$e; \quad x = 7, \qquad y = \frac{1}{2}(-2f_2 + 15),$$

$$T; \quad x = -21, \qquad y = \frac{1}{2}(f_3 - 9),$$

care ne conduc la nomograma ecuaţiei (2). Cu ajutorul acestei nomograme putem afla umiditatea absolută cunoscînd T şi t, precum şi punctul de rouă, dacă se scrie alături de valorile lui e valorile corespunzătoare ale punctului de rouă (punctul de rouă reprezintă temperatura pentru care vaporii de apă existenţi sînt saturaţi ; el este unic determinat de umiditatea absolută e).

Pentru calcularea umidităţii relative, se întocmeşte încă o nomogramă păstrînd însă scara variabilei t.

Umiditatea relativă R este legată de umiditatea absolută e prin relația

$$\frac{e}{E} = R, \quad \text{sau} \quad e = ER,$$

unde E reprezintă tensiunea maximă corespunzătoare lui T. Înlocuind valoarea lui e în (2), obținem relația

$$T = 2E' + t - 2ER, \quad \text{sau} \quad T + 2ER - (2E' + t) = 0,$$

care este nomografabilă.

Introducînd notațiile

$$h_3(T) = T,\ g_3(T) = E,\ f_3(T) = -1,\ f_1(t) = 2E' + t,\ f_2(R) = 2R,$$

ajungem la forma canonică [2]

$$f_1 f_3 + f_2 g_3 + h_3 = 0,$$

pentru care folosim următoarele scări :

$$t; \quad x = -H, \qquad y = Lm_1(f_1 - a),$$

$$R; \quad x = H, \qquad y = Lm_2(f_2 - b),$$

$$T; \quad x = \frac{g_3 m_1 - f_3 m_2}{g_3 m_1 + f_3 m_2} \cdot H, \quad y = \frac{Lm_1 m_2}{g_3 m_1 + f_3 m_2}(h_3 + af_3 + bg_3).$$

Alegînd convenabil parametrii și păstrînd pentru t scara din nomograma anterioară, obținem :

$$t;\ x = -7, \qquad y = \frac{1}{4}(f_1 - 40),$$

$$R;\ x = 5, \qquad y = 20(2R - 1),$$

$$T;\ x = \frac{(E + 80)6}{E - 80} - 1, \quad y = \frac{20}{80 - E}(T + E - 40).$$

Întocmind aceste scări și întroducîndu-le în nomograma precedentă, obținem o nomogramă unită, cu ajutorul căreia putem calcula umiditatea absolută, punctul de rouă și umiditatea relativă (nomograma nr.3). Precizia acestei nomograme în determinarea lui e este de circa 5%, iar pentru τ de circa 10% în intervalul $0 < \tau < 25$ și de circa 5% cînd $\tau > 25$. Pentru R precizia nomogramei este de circa 5%.

4. *Nomograme pentru dimensionarea canalelor de formă trapezoidală, cu profil optim din punct de vedere hidraulic* [4].

În practică, în vederea dimensionării canalelor de irigație, de formă trapezoidală, se folosesc următoarele formule :

$$Q = V\omega, \tag{3}$$

unde Q reprezintă debitul apei, în m³/s ;
V reprezintă viteza medie a apei, în m/s ;
ω reprezintă secțiunea udată, în m² ;

$$V = C\sqrt{I \cdot R}, \tag{4}$$

unde C reprezintă un coeficient care dep e de γ și de R ;
I reprezintă inclinația terenului, în ‰ ;
R reprezintă raza hidraulică ;

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}, \tag{5}$$

unde γ reprezintă un coeficient de rugozitate (formula lui Bazin) și

$$R = \frac{\omega}{p}, \tag{6}$$

în care p reprezintă perimetrul udat, în m,

$$\omega = h(b + mh) \tag{7}$$

și

$$p = b + 2h\sqrt{1 + m^2}, \tag{8}$$

și în care h reprezintă înălțimea secțiunii udate, în m ;
b reprezintă baza mică a secțiunii udate, în m ;
m reprezintă inclinația taluzei.

În dimensionarea canalelor, se cunoaște de obicei debitul Q necesar și înclinația I a terenului. Din măsurători directe se poate afla m precum și γ, care depind de natura solurilor.

Întrucît în sistemul de ecuații (3) — (8) figurează șapte necunoscute și anume ; V, R, C, ω, p, h, și b, el este nedeterminat avînd o infinitate de soluții. De obicei se cere însă ca raza hidraulică R să fie maximă. Practica inginerească rezolvă în acest caz problema prin aproximații succesive, pornind de la o valoare arbitrară a lui h. Calculele cu această metodă sînt însă lungi, asftel că se impune construirea unor nomograme.

Cerința ca raza hidraulică să fie maximă ne dă o relație suplimentară pe care atașînd-o la primele șase ecuații obținem un sistem din care necunoscutele se pot determina în mod unic. Presupunînd că secțiunea udată este constantă, raza hidraulică ia valoarea maximă în cazul cînd perimetrul udat este minim. Deci presupunînd că ω este constant, vom căuta să aflăm pentru ce valori ale lui b perimetrul este minim.

Scoțînd valoarea lui h din ecuația (8) și notînd $u = \sqrt{1 + m^2}$, obținem :

$$h = \frac{p - b}{2u}.$$

Înlocuind pe h în ecuația (7) obținem ecuația

$$\varphi(p, b) = mp^2 + 2b(u - m)p + (m - 2u)b^2 - 4u^2\omega = 0, \tag{9}$$

care defineşte pe p ca funcţie implicită de b; aici m, u, ω sînt presupuse constante. Derivînd obţinem

$$p' = -\frac{\varphi'_b}{\varphi'_p} = \frac{2(u-m)p + 2b(m-2u)}{2mp + 2b(u-m)}.$$

Avem $p' = 0$ dacă $2(u-m)p + 2b(m-2u) = 0$, de unde se obţine $b = \frac{(u-m)p}{2u-m}$. Înlocuind această valoare a lui b în (9) obţinem

$$\frac{\omega}{p^2} = \frac{1}{4(2u-m)},$$

deci

$$R^2_{\max} = \frac{\omega^2}{p^2} = \frac{\omega}{4(2u-m)}.$$

Prin urmare

$$R_{\max} = \frac{\sqrt{\omega}}{2\sqrt{2u-m}}. \tag{10}$$

Cu acest rezultat, ţinînd seamă de relaţiile (3) — (8), putem rezolva problema, înlocuind $R = R_{\max}$. Din (4) deducem

$$V = C\sqrt{IR_{\max}} = \frac{87\sqrt{R_{\max}}}{R_{\max}+\gamma}\sqrt{I}\sqrt{R_{\max}}.$$

Ţinînd seama de relaţiile (10) şi (3) şi notînd $\rho = 2\sqrt{2u-m}$, obţinem relaţia

$$\sqrt[4]{\omega} + \gamma\sqrt{\rho} - \frac{87\sqrt{I}\sqrt{\omega^3}}{Q\sqrt{\rho}} = 0,$$

care, cu notaţiile $\gamma\sqrt{\rho} = \beta$, $\frac{87\sqrt{I}}{Q} = \alpha$, $\frac{\alpha}{\sqrt{\rho}} = \delta$, ia forma nomografabilă

$$\sqrt[4]{\omega} + \beta - \delta\sqrt{\omega^3} = 0.$$

Ecuaţia lui Soreau corespunzătoare acestei relaţii va fi

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -\beta \\ 1 & 40 & \delta \\ 1 & \frac{40\sqrt{\omega^3}}{1+\sqrt{\omega^3}} & \frac{\sqrt[4]{\omega}}{1+\sqrt{\omega^3}} \end{vmatrix} = 0.$$

Scările corespunzătoare sînt

$$\beta; \quad x = 0, \quad y = -\beta,$$
$$\delta; \quad x = 40, \quad y = \delta$$
$$\omega; \quad x = \frac{40\sqrt{\omega^3}}{1+\sqrt{\omega^3}}, \quad y = \frac{\sqrt[4]{\omega}}{1+\sqrt{\omega^3}}.$$

Cu această nomogramă putem afla pe ω, calculînd pe β şi δ. Pentru calcularea lui β şi γ putem întocmi de asemenea nomograme ajutătoare, folosind relaţiile $\beta = \gamma\sqrt{\rho}$ şi $\delta = \frac{\alpha}{\sqrt{\rho}}$, unde $\alpha = \frac{87\sqrt{I}}{Q}$.

Păstrînd scările corespunzătoare şi aşezînd convenabil nomogramele, obţinem o nomogramă compusă cu ajutorul căreia putem calcula direct pe ω dacă cunoaştem pe m, I, γ şi Q (nomograma nr. 4).

Intervalul cel mai frecvent folosit în practică pentru ω este intervalul $0{,}2 < \omega < 1{,}5$; precizia nomogramei pentru acest interval este de circa 5% iar pentru $\omega > 1{,}5$ precizia ei este de circa 15%.

Cunoscînd pe ω, putem afla pe V din relaţia (3) precum şi pe b şi h din relaţiile (7), (8) şi (10):

$$V = \frac{Q}{\omega}, \tag{11}$$

$$h = \frac{2\sqrt{\omega}}{\rho} \tag{12}$$

unde

$$\rho = 2\sqrt{2\sqrt{1+m^2} - m},$$

$$b = 4\sqrt{\omega l} \tag{13}$$

unde

$$l = \frac{\sqrt{1+m^2} - m}{2\sqrt{2\sqrt{1+m^2} - m}}$$

Pentru formulele (11), (12) şi (13) putem întocmi nomograme simple care pot fi unite, păstrînd aceaşi scară pentru ω. Scările le putem aşeza în paralel, utilizînd scări logaritmice (nomograma nr. 5). Intervalul de variaţie a lui Q, care intervine mai des în aplicaţii practice, este intervalul $0{,}05 < Q < 1$. Precizia nomogramei relativă la acest interval este de circa 10%. Pentru necunoscutele h şi b, precizia este de circa 5% pentru intervalele indicate în nomogramă.

Cu ajutorul acestor nomograme se rezolvă problema enunţată anterior, cu o precizie suficient de mare.

НОМОГРАММЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

РЕЗЮМЕ

Авторы дают четыре номораммы, применимные в сельском хозяйствет номограмма для виноградства, номограмма для нахождения объема стогов, номограмма для вычисления абсолютной и относительной влажности, а также точки росы; номограммы для определения размеров каналов трапецоидальной формы с оптимальным профилем, с гидравлической точки зрения.

NCMOGRAMMES UTILISÉS EN AGRICULTURE

RÉSUMÉ

Il s'agit de quatre nomogrammes utilisables dans le secteur agricole ; nomogramme pour la viticulture, nomogramme pour déterminer le volume des meules de foin, nomogramme pour calculer les humidités absolue et relative ainsi que le point de rosée ; nomogramme pour établir la dimension des canaux de forme trapezoidale, à profil optimum au point de vue hydraulique.

BIBLIOGRAFIE

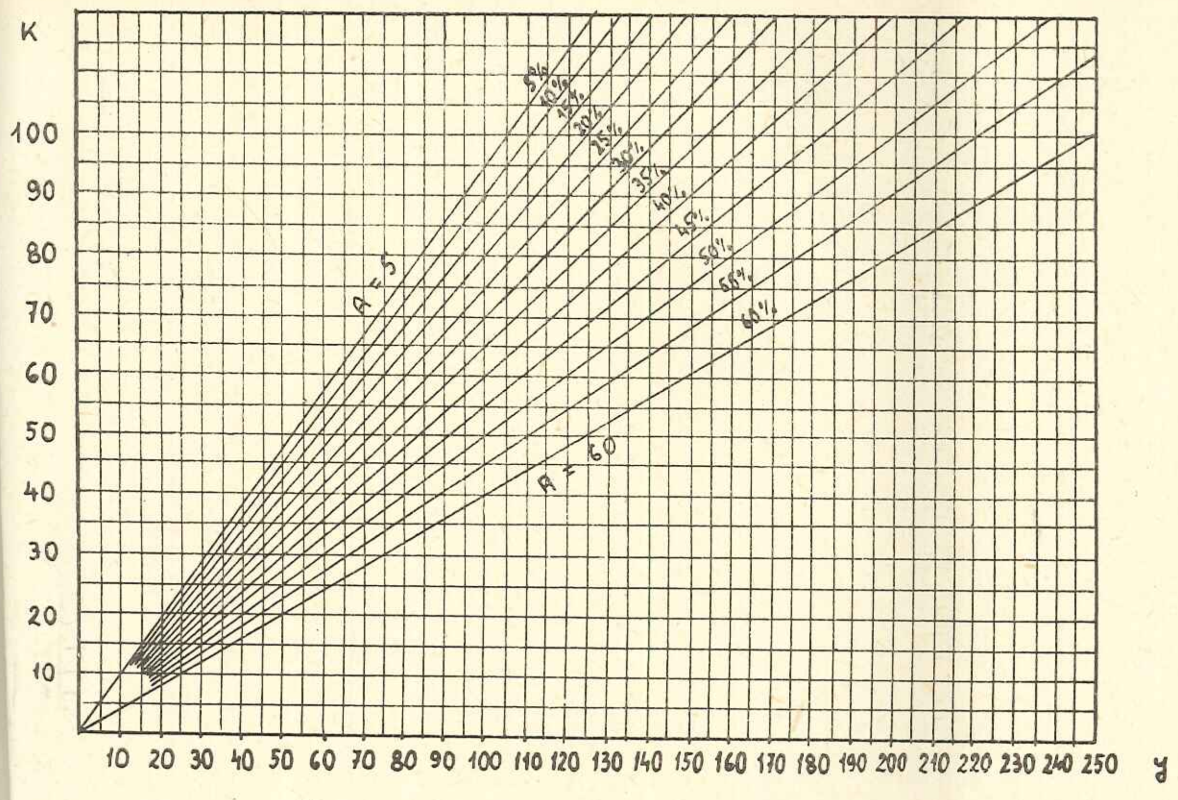
1. * * * *Aspirations Psychronometer — Taflen.* Herausgegeben von Reichsamt für Wetterdienst. Berlin, 1940, 7.
2. Bal L., Radó Fr., *Lecţii de nomografie.* Edit. tehnică, Bucureşti, 1956.
3. * * * *Manualul inginerului agronom,* Edit. tehnică, Bucureşti, II, 468—470.
4. * * * *Manualul inginerului agronom,* Edit. tehnică, Bucureşti, V, 597—605.
5. Pentkovski, M. V., *Nomografia* (traducere din l. rusă). Edit. tehnică, Bucureşti, 1952.

Primit la 8. XII. 1960

K

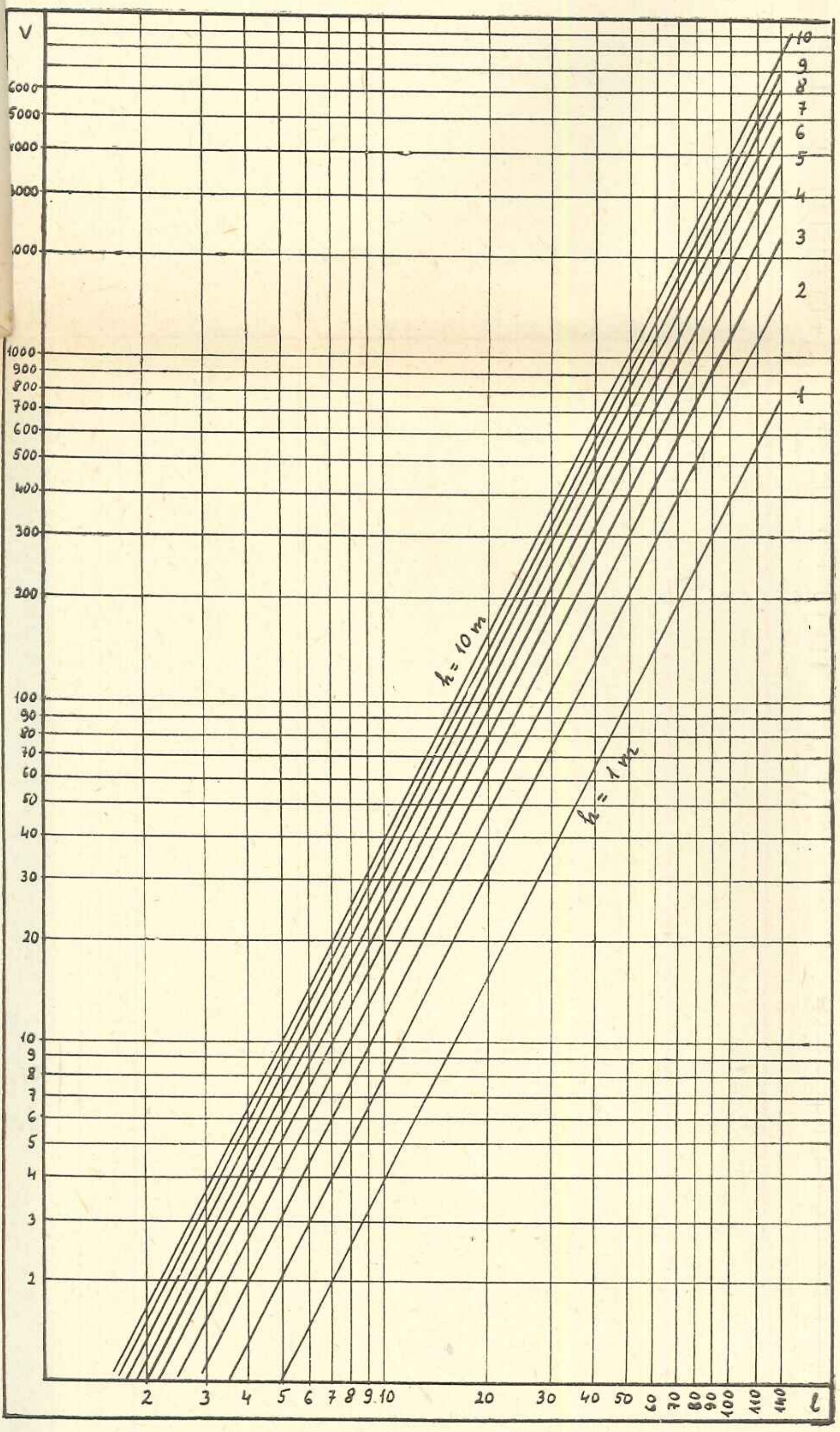
100

$$y = \frac{100\,k}{100 - A}$$

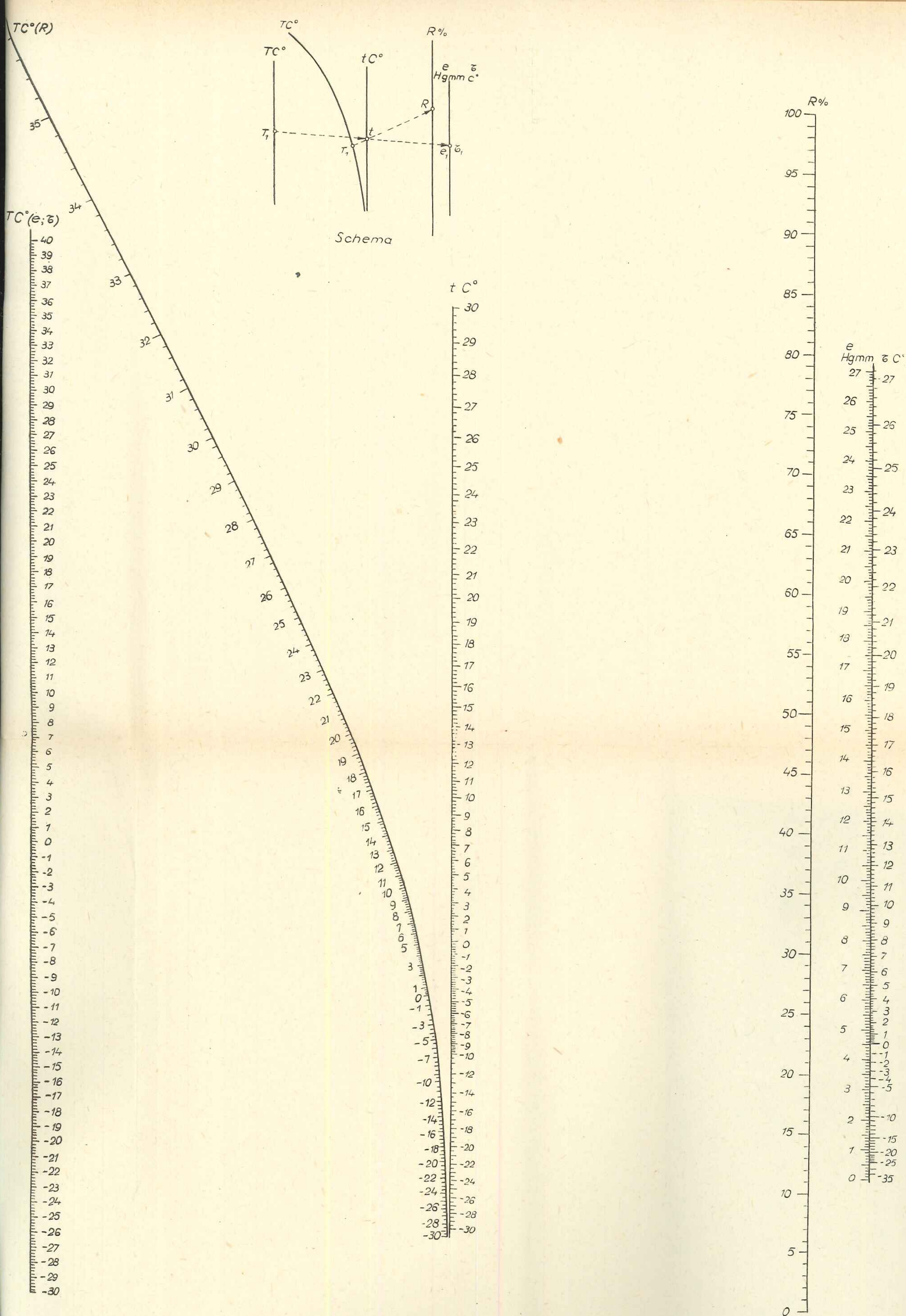


Nomograma nr. 1

$$V = \frac{l^2 h}{8\pi}$$



Nomograma nr. 2



Nomograma nr. 3