ΣΥΜΒΟΛΗ ΕΙΣ ΤΗΝ ΙΤΑΛΙΚΗΝ ΜΕΘΟΔΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΥΠΟΝΟΜΩΝ

Ὑπὸ ΝΙΚ. Ν. ΑΜΒΡΑΖΗ, Ἀγρονόμου - Τοπογρ. Μηχανικοῦ Α.Μ. ASCE

Προκειμένου νὰ προτείνωμεν ὡρισμένας τροποποιήσεις ἐπὶ τῆς συγχρόνου Ἰταλικῆς Μεθόδου Ὑπολογισμοῦ Ὑπονόμων, θεωροῦμεν σκόπιμον, ὅπως ἐν ἀρχῇ ὑπενθυμίσωμεν, ἐν περιλήψει, ὡρισμένα (1) στοιχεῖα αὐτῆς.

Ἡ σύγχρονος Ἰταλικὴ μέθοδος, ὡς γνωστόν, βασίζεται ἐπὶ τοῦ Νόμου τῆς συνεχείας :

$$\psi i A dt = q_s\, dt + du \qquad (1)$$

ὅπου αἱ τιμαὶ τῶν q_s καὶ u ἀναφέρονται εἰς μίαν τυχοῦσαν χρονικὴν στιγμὴν λειτουργίας τοῦ δικτύου.

Ἡ ἐξίσωσις (1) ἐκφράζει τὴν σχέσιν, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἐβασίσθη ἡ Ἰταλικὴ μέθοδος καὶ κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ μεταβολὴ τῆς συρροῆς εἰς στόμιον τυχόντος ἀγωγοῦ ἰσοῦται μὲ τὴν μεταβολὴν τῆς παροχῆς εἰς τὴν ἐξεταζομένην διατομήν, πλέον τὴν μεταβολὴν τοῦ ἐγκιβωτισθέντος ὕδατος, εἰς τὰ ἀνάντη τῆς περὶ ἧς ὁ λόγος διατομῆς.

Διὰ λόγους ἁπλοποιήσεως, δεχόμεθα ὅτι $du = \frac{W_s}{\omega} d\omega$, ὅπου :

ω = ἡ πραγματικὴ ὑγρὰ διατομὴ τοῦ ἀγωγοῦ.
Ω = ἡ μεγίστη διατομὴ αὐτοῦ, καὶ
W_s = ἡ ἐγκιβωτισμένη ἱκανότης τοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὰ ἀνάντη τῆς ἐξεταζομένης διατομῆς. Ὑποθέτοντες δὲ ὅτι ἡ σχέσις ἡ συνδέουσα τὰ q_s καὶ ω εἶναι γραμμικὴ καὶ ὅτι δυνάμεθα νὰ διατηρήσωμεν ταύτην πλησίον τῆς μεγίστης τιμῆς τῶν $\frac{Q}{\Omega}$, ἔχομεν :

$\frac{d\omega}{dq_s} = \frac{\Omega}{Q}$, ὅτε ἡ ἐξίσωσις τῆς συνεχείας γράφεται :

$$\psi i A dt = q_s\, dt + \frac{W_s}{Q} dq \qquad (1\alpha)$$

Καλοῦμεν $q = \frac{q_s}{A}$, $w = \frac{W_s}{A}$, καὶ $q_0 = \psi i$, ὅτε ἐκ τῆς (1α) ἔχομεν :

$q_0 dt = q dt + \frac{w}{Q} dq$, ἢ $(q_0 - q)dt = \frac{w}{Q} dq$, ὅτε

$a dt = (q_0 - q)^{-1} dq$ ὅπου $\alpha = \frac{Q}{w}$. Ἀκολούθως

$$\alpha \int_0^t dt = \int_0^\Omega (q_0 - q)^{-1} dq \quad ἢ$$

$$at = -\log (q_0 - q)\Big]_0^\Omega = \log q_0 - \log (q_0 - Q), \text{ καὶ}$$

$$at = \log q_0 (q_0 - Q)^{-1} = \log \varepsilon \left(\varepsilon - \frac{Q}{Q_m}\right)^{-1},$$

ὅπου $\varepsilon = \frac{q_0}{Q_m}$ καὶ διὰ $Q \rightarrow Q_m$ λαμβάνομεν :

$e^{at} = \varepsilon (\varepsilon - 1)^{-1}$ ἢ $e^{-at} = 1 - \frac{1}{\varepsilon} = 1 - \frac{Q_m}{q_0}$, ὅτε :

$$Q_m = q_0 (1 - e^{-at}) \qquad (2)$$

Λύοντες τὴν ἐξίσωσιν (2) ὡς πρὸς τὸν χρόνον πληρώσεως τῆς διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὴν ἐκβολὴν αὐτοῦ,

ἔχομεν : $T = \frac{w}{Q_m} \log \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}$ (3)

Ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν μὴ γραμμικότητα τῆς σχέσεως τῶν q καὶ ω, διορθοῦντες τὸν χρόνον πληρώσεως T, λαμβάνομεν Tc=mT. Ὁ Fantoli ἀπέδειξεν, ὅτι ἡ τιμὴ τοῦ ***δείκτου ἐκτροπῆς***, m, (indice di deviazione), εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς κλίσεως τῶν ἀγωγῶν τοῦ δικτύου, καὶ ὅτι δι' ἀγωγοὺς ὑπονόμων $m = 1 + \frac{c}{\varepsilon - 1.05}$, ὅπου $c = 0.025$, διὰ παρατηρήσεις γενομένας εἰς Μιλᾶνον.

Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (3) ἔχομεν, ὅτι δι' ἑκάστην βροχὴν διαρκείας Τδ καὶ ἐντάσεως i ὁ χρόνος πληρώσεως T θὰ ὀφείλῃ νὰ ὑπερβαίνῃ ἢ τὸ πολὺ νὰ ἰσοῦται μὲ τὸν ἐκλεγέντα χρόνον βροχῆς Τδ.

Καθ' ὅσον εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν οἱ ἀγωγοὶ θὰ εἰργάζοντο πεπληρωμένοι καὶ συνεπῶς ὑπὸ πίεσιν. Πάντως δὲν θὰ διακινδυνεύσωμεν τὴν κανονικὴν λειτουργίαν τοῦ δικτύου, ἐὰν καὶ αὐτὴ αὕτη ἡ ἐλευθέρα λειτουργία τῶν ἀγωγῶν παραβιασθῇ, μὲ πιεζομετρικὴν γραμμὴν ὅμως μὴ ὑπερβαίνουσαν τὴν στάθμην τοῦ ἐδάφους.

Ὁ ὑπολογισμὸς τῆς διατομῆς ἀγωγοῦ δικτύου ὑπονόμων, διὰ τῆς Ἰταλικῆς μεθόδου, ἐπιτυγχάνεται ὡς ἀκολούθως :

Ἐν πρώτοις λαμβάνονται αἱ βροχομετρικαὶ παρατηρήσεις τοῦ πλησιεστέρου σταθμοῦ καὶ ἐκλέγεται ἐκ τῶν βροχομετρικῶν πινάκων ὕψος βροχῆς h (χλστ. ἀνὰ ὥραν) διὰ συχνότητα 1/n, ἀναλόγως τοῦ τομέως καὶ τῆς οἰκονομίας τοῦ τμήματος τῆς πόλεως, διὰ τὴν ὁποίαν γίνεται ὁ ὑπολογισμὸς (1).

Ἀκολούθως χαράσσεται κλάδος τῆς μορφῆς (2)

$$h = \frac{At}{B + t} \qquad (4)$$

διὰ διάρκειαν βροχῆς t, εἰς πρῶτα λεπτά. Οἱ συντελεσταὶ A καὶ B τῆς ἐξισώσεως (4) ἐξαρτῶνται ἐκ τῆς ἐκλεγείσης συχνότητος 1/n καὶ τῆς γενικῆς βροχομετρικῆς καταστάσεως τῆς ἐξεταζομένης περιοχῆς. Οἱ συντελεσταὶ A καὶ B συνήθως προσδιορίζονται εὐκόλως διὰ τῆς μεθόδου τῶν Ἐλαχίστων Τετραγώνων, διὰ μίαν ὁμάδα στοιχείων, ὕψους βροχῆς - διαρκείας, ἐξασφαλίζουσαν συχνότητα ἐμφανίσεως ἑνὸς ζεύγους h—t, ἀνὰ n ἔτη.

Διὰ τὰς παρατηρήσεις τὰς γενομένας εἰς τὴν περιοχὴν τῶν Ἀθηνῶν ἔχομεν, ὅτι διὰ συχνότητα 1/2, A/B = 1,5, διὰ 1/5, A/B=2.00, καὶ διὰ 1/10 A/B = 3,5.

Τῇ βοηθείᾳ τῶν ἀνωτέρω σχέσεων, καθορισθείσης τῆς συχνότητος, τοῦ ὕψους τῆς κρισίμου βροχῆς καὶ τοῦ

(1) Περισσότερα στοιχεῖα σχετικὰ μὲ τὴν ἐξέλιξιν τῆς Ἰταλικῆς μεθόδου ὁ ἐνδιαφερόμενος θὰ ἠδύνατο νὰ ἀντλήσῃ ἐκ δημοσιευμάτων καὶ βιβλίων, ὅπως :

Annali dei Lavori Pubblici, An. LXIII. n. 3.
Comune di Milano, «Notizie sulla rete di fognatura della città di Milano», 1934.
Ippolito, «Le fognature di Catania», Comune di Catania.
Mistrangelo, «Costruzione delle fognature», Milano 1949.
Poggi, «Fognature di Gala Rate», 1914.
Poggi, «Le fognature di Milano», Edit. Villardi III, Milano 1913.
Fantoli, «Le acque di piena nella Rete delle fognature di Milano».
Suppino, «Le Reti idrauliche», Edit. Zanichelli, Bologna 1938.

1) Bernard M.M. Transactions, A.S.C.E. 1150)1932.

2) Ὁ τύπος ἐντάσεως τοῦ Talbot, $i = A\,(B + t)^{-1}$, ὅπως ἀπεδείχθη καὶ ὑπὸ τοῦ Schafmayer, εἶναι ἡ ἀκριβεστέρα ὑπερβολικὴ σχέσις, ἡ συνδέουσα τὰ στοιχεῖα i καὶ t, διὰ βροχὰς ὅμως διαρκείας οὐχὶ μεγαλυτέρας τῶν δύο ὡρῶν.

ἀντιστοίχου κρισίμου χρόνου, ὑπολογίζεται ἡ τιμὴ τῶν Α καὶ Β.

Ὁ συντελεστὴς ***ἀπορροῆς ψ*** προσδιορίζεται ἐμμέσως, δι' εὑρέσεως τῶν ἀπωλειῶν ***ἐξατμίσεως***, (3) ***ἀνομοιομορφίας*** (4) ***συσσωρεύσεως καὶ διηθήσεως***, διὰ μίαν ὡρισμένην χρονικὴν στιγμὴν t. Οὕτως ἔχομεν τὸ ὁλικὸν ὕψος τῆς πιπτούσης βροχῆς :

$$h = \frac{At}{B+t}$$

τὸ ὕψος λόγῳ ἀνομοιομορφίας : $h\alpha = \dfrac{At(1-c_1\sqrt{s})}{B+t}$

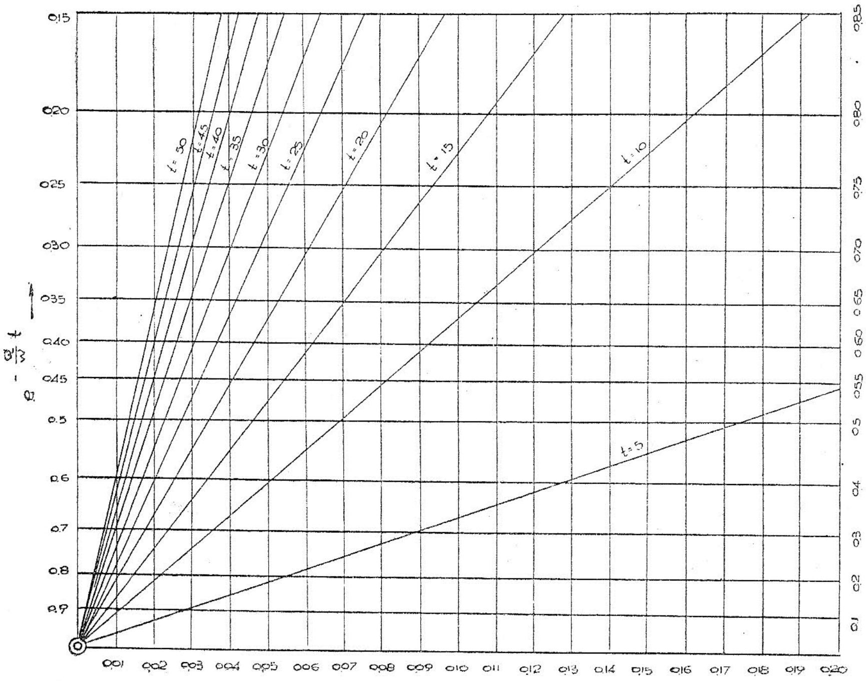
Συνήθως $n=0.4-0{,}65$, $c_1=0.0025-0.0035$ καὶ $h_\sigma=3\text{-}5$ m/m

Ὁ συντελεστὴς c_2 δι' ἐπιφανείας διαπερατὰς 100 %=3.68
» » ἡμιδιαπερατὰς 100 %=1,84
καὶ » » ἀδιαπεράτους 100 %=0.

Οὕτω ἡ συρροὴ τῆς ἐν λόγῳ βροχῆς ἐκ τῆς ἐπιφανείας Α κατὰ τὴν γενικὴν χρονικὴν στιγμὴν t θὰ εἶναι :

$$Q_0 = A\left[\frac{A\Phi_0}{B+t} - c_2 t^{n-1} - h_\sigma t^{-1}\right] \qquad (5)$$

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ ἔχωμεν ἐκ τῆς σχέσεως (5) τὸ τυχὸν q_0, τὸ συρρέον εἰς τὰ ἀνάντη τοῦ ὑπολογιζομένου ἀγωγοῦ κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν t_i, ὡς Q_0/A.



Σχ. 1. Νομογράφησις τῆς συναρτήσεως $y = \left(1-e^{-\frac{\Omega}{W}t}\right)$.

ἐκ τοῦ ὁποίου ἀφαιροῦνται τὰ ὕψη :

συσσωρεύσεως . . . . $h\sigma$ εἰς m/m

καὶ διηθήσεως . . . . $c_2 t^n$.

Ἐὰν $\Phi_0=1-c_1\sqrt{s}$, $n=0{,}5$ καὶ $q_0=\dfrac{Q_0}{A}$, ἡ ἐξίσωσις (5) λαμβάνει τὴν μορφήν :

$$q_0 = \frac{A\Phi_0}{B+t} - \frac{c_2}{\sqrt{t}} - h_\sigma t^{-1}$$

καὶ ἡ παράγωγος ταύτης ὡς πρὸς t ἰσοῦται μέ:

$$\frac{dq_0}{dt} = 0{,}5\, c_2 t^{-3/2} + h_\sigma t^{-2} - A\Phi_0 (B+t)^{-2}, \text{ ὅτε διὰ } \frac{dq_0}{dt}=0$$

ἔχομεν :

$$(B+t)^2 = \frac{A\Phi_0 t^2}{h_\sigma + 0{,}5\, c_2\sqrt{t}} \qquad (6)$$

ἐκ τῆς ὁποίας δοκιμαστικῶς λαμβάνομεν $t=t$ κρ., διὰ τὸν ὁποῖον $q_0=q\,max$.

Ἀκολούθως ὁ ὑπολογισμὸς τῶν παροχῶν τῶν ἀγωγῶν τοῦ δικτύου ἐπιτυγχάνεται ἐν συνόψει ὡς ἑξῆς :

Ἐκ τῆς ὁλοκληρώσεως τῆς ἐξισώσεως :

$$\psi i A dt = q_s\, dt + du$$

εὑρίσκομεν τὸν ἀπαιτούμενον χρόνον πληρώσεως τῆς διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὴν ἐκβολὴν αὐτοῦ—ἄνευ τοῦ δείκτου ἐκτροπῆς—καταλήγοντες εἰς τὴν ἐξίσωσιν :

$$q = q_0(1-e^{-\alpha t})$$

3) Ἡ ἐπίδρασις τοῦ συντελεστοῦ *ἐξατμίσεως*, παρὰ τὰς θεωρητικὰς ἐρεύνας διαφόρων μηχανικῶν, διὰ τὴν περίπτωσιν τοῦ ὑπολογισμοῦ τῶν ἀπωλειῶν εἰς μελέτας ὑπονόμων, εἶναι τελείως ὑποτυπώδης, καθ' ὅσον ὁ κορεσμὸς τῆς ἀτμοσφαίρας κατὰ τὰ πρῶτα λεπτὰ τῆς βροχοπτώσεως δὲν ὑπερβαίνει τὸν χρόνον συσσωρεύσεως, πέραν τοῦ ὁποίου ἡ ἀτμόσφαιρα ἀποκτᾷ περίπου τὴν πίεσιν κορεσμοῦ· ἐκ τούτου δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ὡς χρόνον σχετικοῦ κορεσμοῦ τῆς ἀτμοσφαίρας τὸν χρόνον τὸν ἀπαιτούμενον διὰ τὴν συσσώρευσιν βροχῆς ὕψους $h\sigma$, λαμβανομένου ὑπ' ὄψιν ὅτι αἱ ἀπώλειαι ἐξατμίσεως λαμβάνουν χώραν εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν κατὰ μέγα ποσοστόν, κατὰ τὸν χρόνον πτώσεως τῶν σταγονιδίων.

4) Ὁ συντελεστὴς *ἀνομοιομορφίας* Φ, διὰ σύμπτωσιν τῶν φρεατίων μετὰ τῆς κεντρικῆς γραμμῆς τῆς βροχῆς, εἶναι $\Phi=1-c\sqrt{s}$, ὅπου s τὸ μῆκος τῆς λεκάνης ἀπορροῆς. Λόγῳ δὲ τοῦ ὅτι τὸ c εἶναι τῆς τάξεως 1/1000, τὸ Φ κυμαίνεται ἀνεπαισθήτως μετὰ τοῦ s οὕτως, ὥστε δυνάμεθα νὰ θέσωμεν τὸ δυσμενέστερον s καὶ νὰ λάβωμεν $\Phi \simeq \Phi_0$.

Ἡ μορφὴ τῆς σχέσεως ταύτης, διὰ δεδομένην ἐγκιβωτιστικὴν ἱκανότητα τοῦ ἐξεταζομένου τμήματος τοῦ δικτύου, μᾶς ὑπαγορεύει μίαν συνθήκην, ἡ ὁποία ὀφείλει νὰ ὑφίσταται μεταξὺ τῆς διαρκείας ἑκάστης βροχῆς καὶ τῆς ἀντιστοίχου ἀπαιτουμένης ἀποχετευτικῆς ἱκανότητος τῆς ἐξεταζομένης διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ.

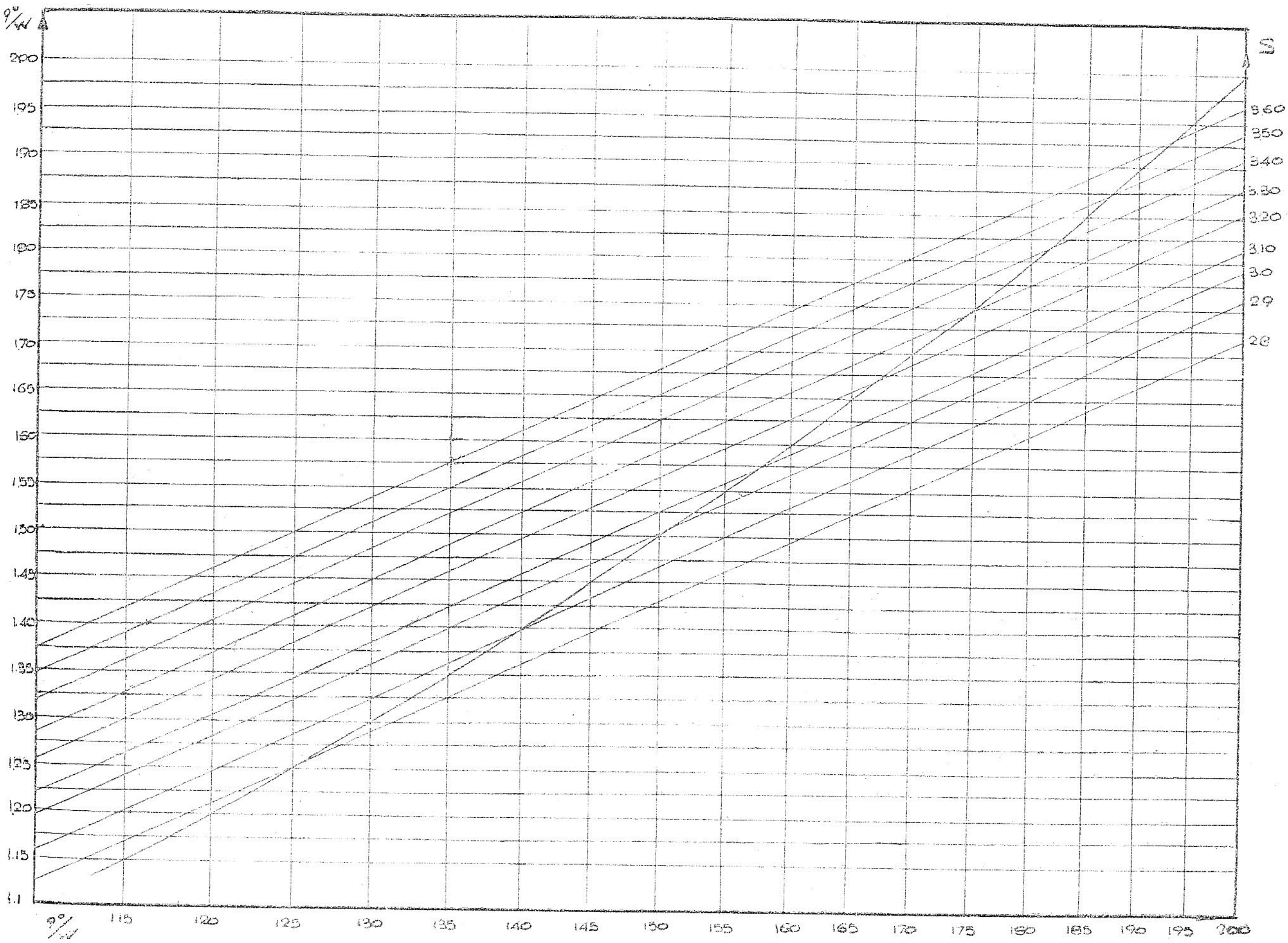
Αἱ ἀνωτέρω προϋποθέσεις καλύπτονται προφανῶς διὰ τῆς εὑρέσεως τοῦ ὁριακοῦ ζεύγους τῶν τιμῶν Q καὶ t διὰ μεταβλητὸν w, ἢ ἄλλως διὰ τῆς εὑρέσεως τοῦ μεγίστου τῆς τιμῆς τῆς Q, δι᾿ ὡρισμένον w, τιμῆς εὑρισκομένης προφανῶς ἐπὶ τῆς περιβαλλούσης τῶν καμπυλῶν (2). Δίδοντες λοιπὸν εἰς ἕκαστον τῶν ἀγωγῶν διατομὴν τοιτυχὸν $\alpha = \frac{Q_m}{w}$ (συνήθως $0{,}06 \geqslant \alpha \geqslant 0.005$). Τῇ βοηθείᾳ δὲ τῆς εὑρεθείσης τιμῆς τῆς συρροῆς q_0 καὶ τοῦ χρόνου t ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου (2) ἡ τιμὴ τῆς Q. Ἐν συνεχείᾳ εὑρίσκομεν τὴν τιμὴν τοῦ w ὡς :

$$w = \frac{Q}{\alpha}$$

Τὸ διάγραμμα Ι δίδει, διὰ διαφόρους τιμὰς t καὶ α, τὴν τιμὴν τοῦ ὅρου $(1-e^{-\alpha t})$.

Οὕτω διὰ διαφόρους τιμὰς τοῦ α ὑπολογίζονται

Ι ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ $w\, e^{\frac{q^0}{w}} = L$



Σχ. 2.—Ι.

αὐτήν, ὥστε ἡ μεγίστη παροχὴ αὐτοῦ Q_m νὰ ἰσοῦται μὲ τὴν παροχὴν q, τὴν προκύπτουσαν ἐκ τῆς ἐξισώσεως τῆς συνεχείας, λαμβάνομεν τὴν σχέσιν :

$$Q_m = q_0 (1 - e^{-\alpha t})$$

Διὰ τῆς λύσεως τῆς ἐξισώσεως (2) χαράσσεται ἡ καμπύλη ἡ δίδουσα δι᾿ ἕκαστον ἀνὰ ἑκτάριον χρήσιμον ὄγκον τοῦ δικτύου (volume d'invaso) τὴν ἀντίστοιχον ἀνὰ ἑκτάριον παροχήν, τὴν ὁποίαν ὀφείλει νὰ ἔχῃ ὁ συλλεκτήρ, διὰ νὰ δυνηθῇ νὰ ἀποχετεύσῃ τὴν συρροὴν τῆς ἐν λόγῳ βροχῆς.

Ἡ λύσις τῆς οἰκογενείας τῶν παραμετρικῶν συναρτήσεων τῆς μορφῆς (2) καὶ ἡ εὕρεσις τῆς περιβαλλούσης ἐπιτυγχάνεται ὡς ἀκολούθως : Δι᾿ ὡρισμένην διάρκειαν βροχῆς t_i, ὑπολογίζεται ἡ ἀνὰ ἑκτάριον συρροὴ q_0 ἐκ τῆς καμπύλης V (Σχ. 4). Ἀκολούθως λαμβάνεται ζεύγη τιμῶν Q καὶ w, τὰ ὁποῖα δίδουν προφανῶς σημεῖα [1] τῆς χαρακτηριστικῆς καμπύλης διὰ τὸν χρόνον βροχῆς t_i.

Ὁμοίως ἐργαζόμεθα καὶ διὰ τὴν χάραξιν τῶν καμπυλῶν t_{i+1}, t_{i+2} . . . t_{i+n} [2], ἡ περιβάλλουσα τῶν ὁποίων χαρασσομένη μᾶς δίδει τὰς ὁριακὰς τιμὰς τῶν ζητουμένων ζευγῶν Q_m καὶ w, διὰ τὴν συνέχειαν τοῦ χρόνου βροχῆς ἀπὸ t_i ἕως t_{i+n}.

---

1) Τοὐλάχιστον τέσσαρα ἕως πέντε σημεῖα δι᾿ ἑκάστην χαρακτηριστικὴν καμπύλην.

2) Τὸ ἐλάχιστον 7-9 χαρακτηριστικὰς καμπύλας δι᾿ ἑκάστην περιβάλλουσαν, ἤτοι σύνολον ὑπολογισθησομένων ζευγῶν 28—45.

2. Προτεινομένη μέθοδος διὰ τὴν ἀπ' εὐθείας εὕρεσιν τῶν μεγίστων Q−W.

Κατωτέρω ἀναπτύσσομεν μέθοδον, τὴν ὁποίαν προτείνομεν διὰ τὴν ἀπ' εὐθείας χάραξιν τῆς περιβαλλούσης τῶν χαρακτηριστικῶν καμπυλῶν.

Ἡ βασικὴ σχέσις (2) δύναται νὰ γραφῇ $f(Q.w,t)=0$. Ἤτοι μία παραμετρικὴ συνάρτησις τῶν ὅρων Q καὶ w, ὡς πρὸς t. Διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν περιβάλλουσαν τῆς οἰκογενείας τῶν καμπυλῶν (2 σχ. 5) διὰ παράμετρον t, ἀρκεῖ, ὡς γνωστόν, νὰ ἀπαλείψωμεν τὴν παράμετρον ταύτην ἐκ τῆς $f(Q,w,t)=0$, καὶ τῆς παραγώγου της

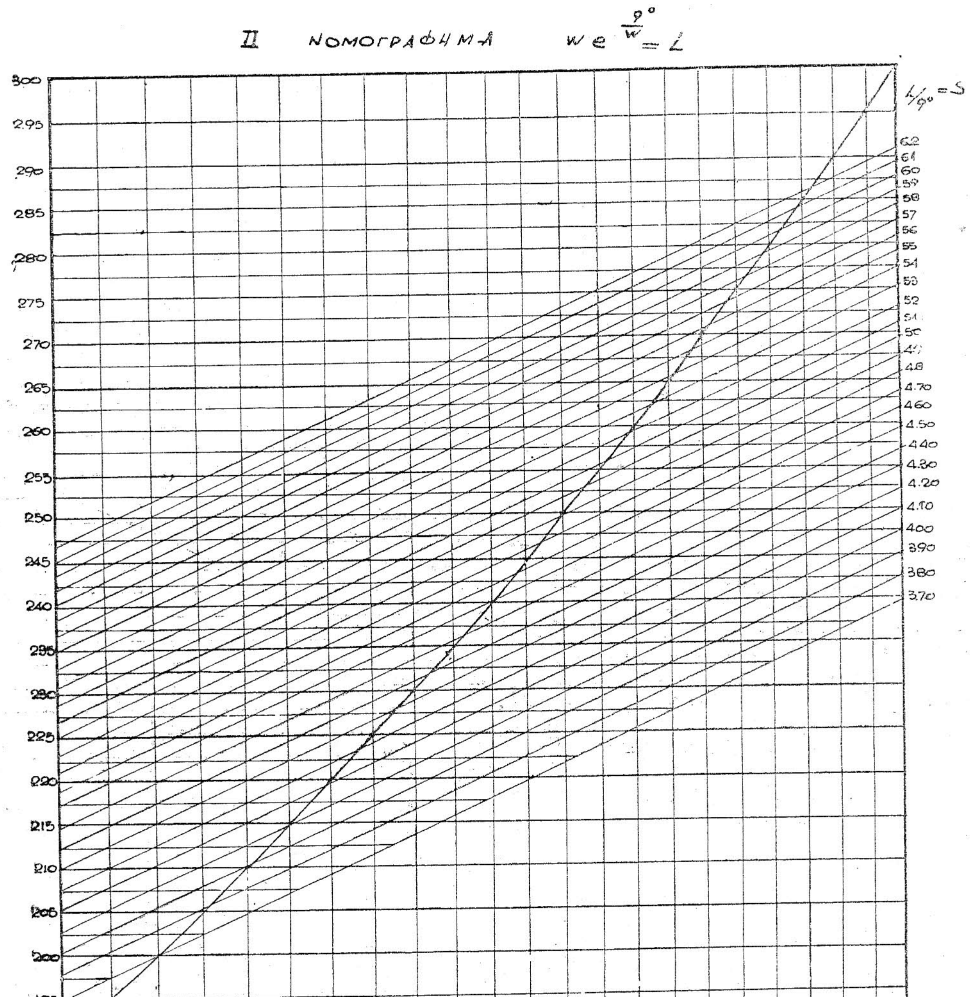
καὶ τελικῶς :

$$(7)\ldots Q'\left[Wq_0^2 - Qq_0W - q_0W^2\right] + W'\left[Q^2q_0 - Qq_0^2\right] + QW\left[Wq_0' - Qq_0 - q_0^2\right] = 0 \quad (7)$$

Διὰ W=c ἔχομεν W'=0.

Ἐπίσης ἐκ παραδοχῆς Q'=0, ὅτε ἡ (7) λαμβάνει τὴν μορφὴν

$$Q = q_0 - \frac{q_0'}{q_0}W \quad (8)$$



Σχ. 2.—II.

$f'_t(Q,w,t) = 0$, ἐφ' ὅσον εἰς τὴν περιοχὴν τῶν σημείων ἀπαλειφῆς ὑπάρχει παράγωγος συνεχής, ἄλλως κοινὴ ἐφαπτομένη. Οὕτω ἔχομεν :

$$Q = q_0(1-e^{-at}) \quad ἢ \quad q_0 - Q = q_0 e^{-\frac{Q}{w}t}$$

ἐκ τῆς ὁποίας ἔχομεν διὰ $q_0 > Q$

$$\log(q_0 - Q) = \log q_0 - \frac{Q}{w}t.$$

Παραγωγίζοντες δὲ ὡς πρὸς t λαμβάνομεν :

$$\frac{q_0' - Q'}{q_0 - Q} = \frac{q_0'}{q_0} - \frac{Q'w - Qw'}{w^2}t - \frac{Q}{w}$$

Ἐὰν τώρα ἀφαιρέσωμεν κατὰ μέλη τὰς ἐξισώσεις (8) καὶ (2), ἔχομεν

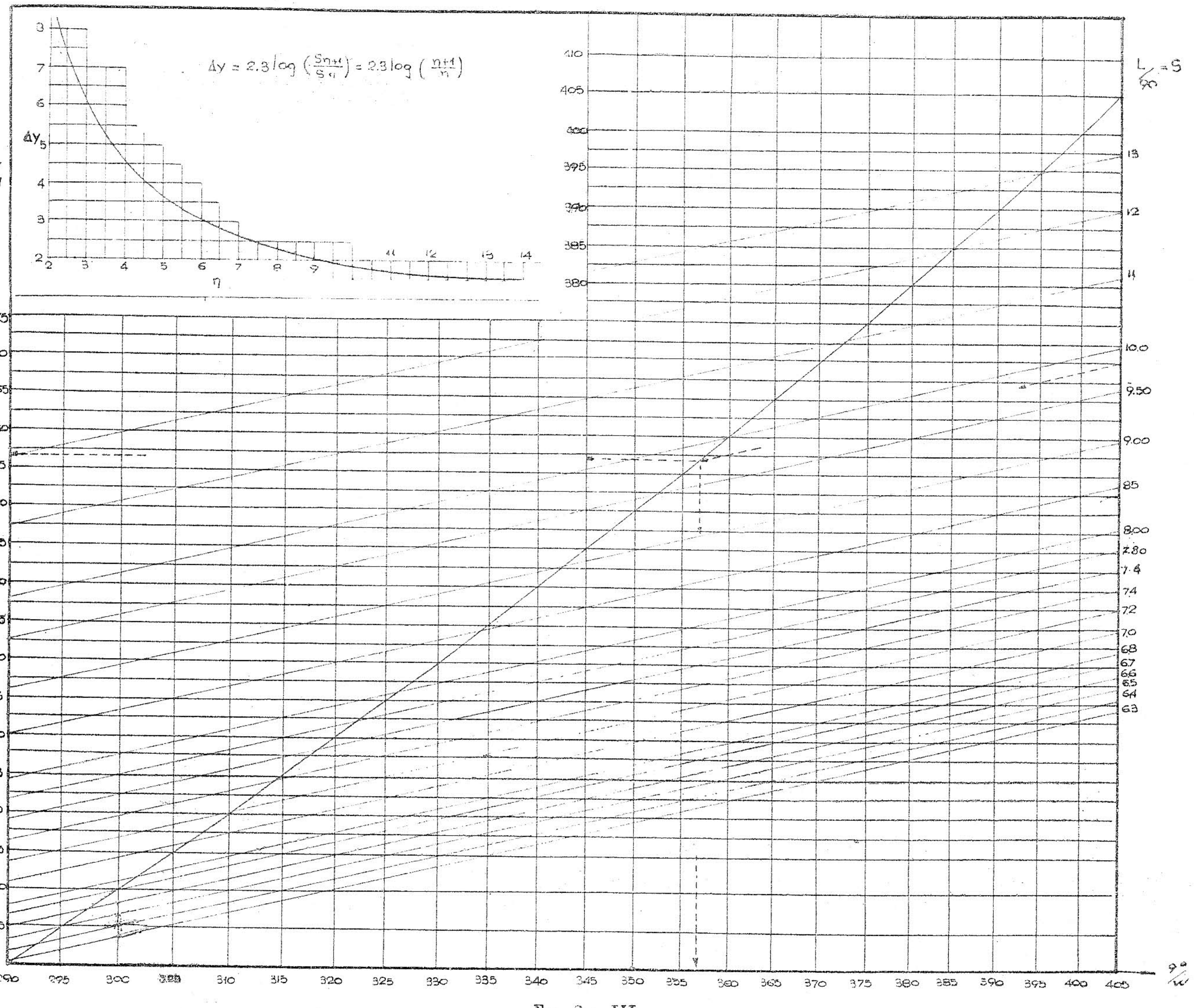
$$(9)\ldots q_0 e^{-\frac{Q}{W}t} = \frac{q_0'}{q_0}W \quad καὶ \quad e^{-\frac{Q}{W}t} = \frac{q_0'}{q_0^2}W$$

$$ἢ \quad e^{\frac{Q}{W}t} = \frac{q_0^2}{q_0'}\frac{1}{W} \quad (10)$$

Ἐξ ἄλλου, ἐκ τῆς ἐξισώσεως (8) λαμβάνομεν :

$$Q = \frac{q_0^2 - q_0'W}{q_0},$$ ὅτε ἡ (10) γίνεται :

III ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ $We^{\frac{q^0}{W}} = L$



Σχ. 2.—III.

$$e^{\frac{q_0^2 - q_0' W}{q_0 W} t} = \frac{q_0^2}{W q_0'} \quad \text{ἤ}$$

$$e^{\frac{q_0 t}{W}} \cdot e^{-\frac{q_0'}{q_0} t} = \frac{q_0^2}{W q_0'}$$

καὶ τελικῶς :

$$We^{\frac{q_0}{W} t} = \frac{q_0'}{q_0^2} e^{\frac{q_0'}{q_0} t} \tag{11}$$

Ἐὰν καλέσωμεν

$$q^0 = q_0 t \quad \text{καὶ}$$

$$L = \frac{q_0'}{q_0^2} e^{\frac{q_0'}{q_0} t}$$

ἡ ἐξίσωσις (11) λαμβάνει τὴν μορφὴν

$$e^{\frac{q^0}{W}} = \frac{q^0}{W} \cdot \frac{L}{q^0} \tag{12}$$

Λογαριθμίζοντες δὲ ταύτην λαμβάνομεν :

$$\frac{q^0}{W} = 2{,}3 \log_{10} \frac{q^0}{W} + 2{,}3 \log_{10} \frac{L}{q^0} \tag{13}$$

καὶ τελικῶς ἐὰν θέσωμεν $y = \frac{q^0}{W}$ καὶ $c = 2.3 \log_{10} \frac{L}{q^0}$ ἔχομεν :

$$y = 2.3 \log_{10} y + c \tag{14}$$

Οὕτω διὰ διαφόρους τιμὰς τοῦ t λαμβάνομεν ἐκ τῶν ἐξισώσεων (14) καὶ (8) ζεύγη τιμῶν Q_m καὶ W.

Ἡ λύσις τοῦ συστήματος (14/2) ἐπιτυγχάνεται τῇ βοηθείᾳ τοῦ νομογραφήματος Σχ. 2 (I, II, III), τὸ ὁποῖον συνετάγη βάσει τῆς ἐξισώσεως (14) καὶ τῶν στοιχειωδῶν σχέσεων τῆς νομογραφίας. Ὅσον ἀφορᾷ τὰς τιμὰς τῶν

q_0 καὶ q_0', αὗται θὰ λαμβάνωνται ἐκ τῶν χαρασσομένων καμπυλῶν (Σχ. 3, καμπ. I καὶ II) ἢ εὐκόλως ἐκ τῶν ἑκάστοτε συντασσομένων πινάκων (II).

Ὁ ὑπολογισμὸς τῆς διατομῆς ἀγωγοῦ διὰ τῆς ἀνωτέρω μεθόδου ἐπιτυγχάνεται ὡς ἀκολούθως :

Λαμβάνεται ἀρχικῶς αὐθαίρετος παροχὴ τούτου εἰς λίτρα ἀνὰ ἑκτάριον καὶ ἐκ ταύτης ὑπολογίζεται ἡ συνολικὴ παροχὴ τοῦ ἐξεταζομένου ἀγωγοῦ.

Βάσει τῆς ἀνὰ ἑκτάριον ληφθείσης παροχῆς τοῦ ἀγωγοῦ, εὑρίσκομεν ἐκ τῆς συνταχθείσης περιβαλλούσης τὸν ἀνὰ ἑκτάριον ἐγκιβωτισθησόμενον ὄγκον καὶ ἀκολούθως τὸν συνολικὸν τοιοῦτον.

Ἐκ τῆς συνολικῆς παροχῆς καὶ διὰ κλίσιν s_0 εὐκόλως εὑρίσκομεν τὴν ἀπαιτουμένην διατομὴν τοῦ ἀγωγοῦ. Βάσει ταύτης καὶ τοῦ μήκους τοῦ ἐξεταζομένου ἀγωγοῦ, ὑπολογίζομεν τὸν πραγματικὸν ἐγκιβωτισθησόμενον ὄγκον.

Ὁ οὕτω ὑπολογισθεὶς πραγματικὸς ὄγκος ἀνὰ μονάδα ἐπιφανείας δέον ὅπως συμπίπτῃ μὲ διαφορὰν 2—4 % ὡς πρὸς τὸν ἐκ τῆς περιβαλλούσης προκύπτοντα, ἄλλως ἐπαναλαμβάνεται ὁ ὑπολογισμὸς μὲ νέαν ἀρχικὴν τιμὴν παροχῆς ἀγωγοῦ ἀνὰ ἑκτάριον.

$$h_\sigma = 0{,}75 \times 2 + 0{,}15 \times 4 + 0{,}1 \times 5 = 2{,}6 \text{ m/m}$$
(Σχ. 4, καμπ. IV)

Τέλος, ὁ συντελεστὴς διηθήσεως διὰ κατηγορίαν ἐδαφῶν «Β» προκύπτει ὡς κάτωθι :

$$h_\delta = 0{,}75 \times 0 + 0{,}15 \times 1{,}84\, t^{0,6} + 0{,}10 \times 3{,}86\, t^{0,5} =$$
$$= 0{,}368\, t^{0,5}\,(0{,}75 t^{0,1} + 1) = 2.049 \times 0{,}368\, t^{0.5} \qquad (15)$$

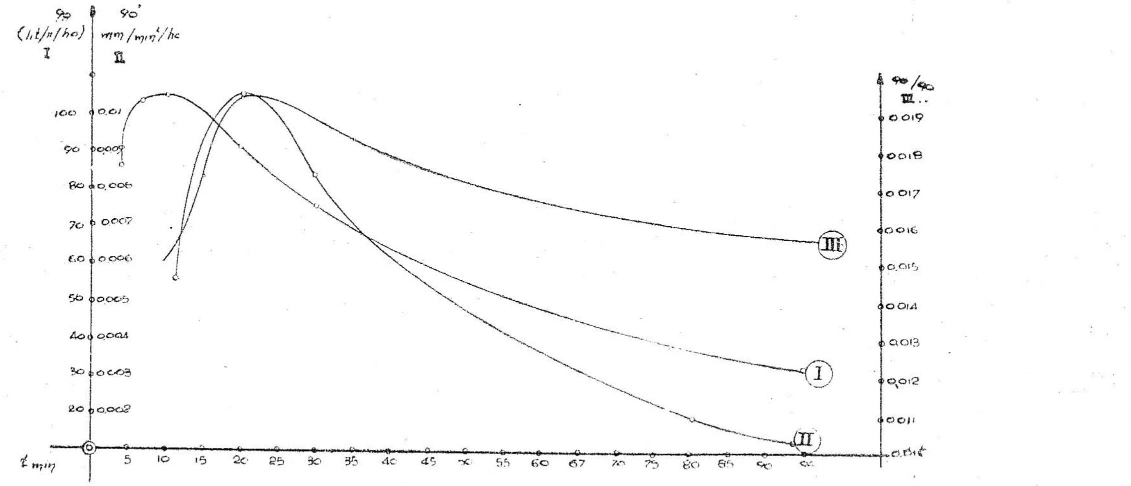
Ἐφ' ὅσον δὲ ὁ ὅρος $(0{,}75t^{0,1}+1)$ κυμαίνεται ἀπὸ 1.174 ἕως 1.584, διὰ μεταβολὴν τοῦ t ἀπὸ 1 λεπτὸν ἕως 100 λεπτά, λαμβάνομεν τὴν μέσην τιμὴν αὐτοῦ, ὅτε ἡ (15) ἰσοῦται μέ :

$$h_\delta = 0{,}754\, \sqrt{t} \qquad \text{(Σχ. 4 Καμπ. III)}$$

καὶ ἡ ἐξίσωσις τῆς ἀπορροῆς μέ :

(Σχ. 4, καμπ. V)
(Σχ. 3 » I) $\quad q_0 = \dfrac{34}{20+t} - \dfrac{0.754}{t^{0,5}} - \dfrac{2{,}6}{t}$

2) Ἡ παράγωγος ταύτης ὡς πρὸς t λαμβάνει τὴν μορφήν :



Σχ. 3. Γραφικὴ παράστασις τῶν συναρτήσεων : I) q_0 II) q_0' III) q_0'/q_0.

3. Παράδειγμα εὑρέσεως τῆς περιβαλλούσης τῶν χαρακτηριστικῶν καμπυλῶν διὰ τῆς προτεινομένης μεθόδου.

Ἔστω ὅτι ἐγένοντο δεκτὰ τὰ ἑξῆς στοιχεῖα λεκάνης ἀπορροῆς :

1) Οἰκονομικὴ συχνότης $1/n = 1/5$
2) Κατηγορία ἐδαφῶν «Β» ἤτοι 75 % ἀδιαπέρατα
15 % ἡμιδιαπερατὰ
10 % διαπερατὰ
3) Μέσον μῆκος λεκάνης ἀπορροῆς 900 μέτρα
4) Καὶ ὕψος ὡριαίας βροχῆς (Ἀθηνῶν) 30 m/m

Ὁ κλάδος τῆς καμπύλης I (Σχ. 4) χαράσσεται βάσει τοῦ τύπου $h = \dfrac{At}{B+t}$, ὅπου διὰ συχνότητα 1/5 ὁ λόγος A/B ἔχει τὴν τιμὴν 2.00. Τὸ ὕψος δὲ βροχῆς διὰ $t = 60'$ εἶναι 30 m/m, ὅτε A = 40 , B = 20, καὶ ὁ τύπος (4) λαμβάνει τὴν μορφὴν

$$h = 40t\,(20+t)^{-1} \qquad \text{(Σχ. 4, καμπ. I)}$$

Ὁ συντελεστὴς ἀνομοιομορφίας δίδεται ἐκ τῆς σχέσεως :

$\Phi = 1 - c_1 \sqrt{s}$, ὅτε $\Phi = 1 - 0{,}005\sqrt{900} = 0{,}85$ καὶ $h_\alpha =$
$$= 34t\,(20+t)^{-1}$$

Ὁ συντελεστὴς συσσωρεύσεως h_σ διὰ κατηγορίαν ἐδαφῶν «Β» εἶναι :

(Σχ. 3, καμπ. II) $q_0' = \dfrac{0{,}754}{0{,}5 \times 4\, t^{3}/_{2}} + \dfrac{2{,}6}{t^2} - \dfrac{34}{(20+t)^2}$

ἔχουσα τὴν τιμὴν μηδὲν διὰ $t \simeq 10$ min , ὡς ἐπαληθεύουσα τὴν σχέσιν :

$$\left(1 + \frac{20}{t}\right)^2 = \frac{34}{2{,}6 + 0{,}5 \times 0{,}754} \cdot t^{-0,5} = \frac{90{,}2}{6.9 + t^{0,5}}$$

ὅτε διὰ $t = t_{\kappa\rho.}$ $\quad q_0 = q_{max} = 105$ lit/"/ha.

Ἀκολούθως χαράσσομεν τὰς καμπύλας :

I) Τὴν ἀντιπροσωπεύουσαν τὴν συνάρτησιν : $h = \dfrac{40t}{20+t}$

II) ὁμοίως ὡς ἄνω $h_\alpha = \dfrac{34t}{20+t}$

III) » » » $h_\delta = 0{,}754\, t^{0,5}$

IV) » » » $h_\sigma = 2{,}6$ m/m

V) » » » $q_0 = \dfrac{34}{20+t} - \dfrac{0.754}{t^{0.5}} - \dfrac{2{,}6}{t}$

VI) » » » $q_0' = \dfrac{0{,}754}{2 \times t^{3}/_{2}} + \dfrac{2.6}{t^2} - \dfrac{34}{(20+t)^2}$

συμπληροῦμεν δὲ τὸν πίνακα (II) λαμβάνοντες τελικῶς τὰς τιμὰς τῶν ὅρων q_i^0 καὶ L_i.

Τῇ βοηθείᾳ τοῦ λόγου L/q^0 ἐκ τοῦ νομογραφήματος

2 εὑρίσκομεν τὸ w_i ἐπαληθεῦον τὴν σχέσιν $we^{q^0/w} = L$.

Εὑρεθέντος τοῦ W_i ἐκ τῆς 8 (Πίναξ III) προσδιορίζομεν τὸ Q_i.

Τὰ ζεύγη $W - Q$ μᾶς δίδουν σημεῖα, ἀπ' εὐθείας, τῆς ζητουμένης περιβαλλούσης (Σχ. 5).

4. Παρατηρήσεις ἐπὶ τῆς Ἰταλικῆς μεθόδου.

Ἐὰν δεχθῶμεν, ὅτι ὁ χρόνος, κατὰ τὸν ὁποῖον θὰ ἐργασθῇ μία ὑπόνομος, ἀποτελεῖται:

α) Ἀπὸ τὸν χρόνον διαρκείας $\Delta t = t$, κατὰ τὸν ὁποῖον ὁ συλλεκτὴρ θὰ δέχεται τὴν συρροὴν τῆς βροχῆς εἰς τὰ ἀνάντη αὐτοῦ ἄνευ ἐκροῆς εἰς τὴν ἐκβολήν του, ὅπου t ὁ χρόνος διαδρομῆς τοῦ ὑγροῦ μετώπου ἀπὸ τῆς ἀκραίας θέσεως τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τῆς ἐκβολῆς αὐτοῦ, διὰ $Q = 0$.

β) Ἀπὸ τὸν χρόνον $\Delta t = t_2$, κατὰ τὸν ὁποῖον ἡ στάθμη τοῦ ἀγωγοῦ θὰ ἀνυψοῦται μὲ $Q < q_0$.

γ) Ἀπὸ τὸν χρόνον διαρκείας $\Delta t = t_3$, κατὰ τὸν ὁποῖον ἡ στάθμη τοῦ ἀγωγοῦ θὰ ταπεινοῦται διὰ $Q_0 > q_0$ καὶ

δ) Ἀπὸ τὸν χρόνον $\Delta t = t_4$, κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ ὁποίου ἡ στάθμη τοῦ ἀγωγοῦ θὰ ταπεινοῦται εἰς βάρος τοῦ ἐγκιβωτισμένου ὄγκου μόνον, ἢ ἄλλως διὰ $q_0 = 0$.

Τότε ἀντιστοίχως θὰ ἔχωμεν ἰσχυούσας τὰς ἐξισώσεις:

α) Διὰ $\Delta t = t_1$ καὶ $Q = 0$ $\qquad q_0 = wt$

β) Διὰ $\Delta t = t_2$ » $Q < q_0$ $\qquad Q = q_0(1 - e^{-at})$

γ) Διὰ $\Delta t = t_3$ » $Q < q_0$ $\qquad Q = q_0(e^{-at} - 1)$ καὶ

δ) Διὰ $\Delta t = t_4$ » $q_0 = 0$ $\qquad Q = wt$

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω εἶναι ἐμφανές, ὅτι ὁ τύπος (2) ἰσχύει μόνον διὰ τὴν χρονικὴν περίοδον $\Delta t = t_2$, κατὰ τὴν ὁποίαν παρατηρεῖται καὶ ἡ πλέον ἐντατικὴ λειτουργία τοῦ συλλεκτῆρος. Πάντως, ὅμως, διὰ χρόνους μὴ ἐμπίπτοντας εἰς τὴν περιοχὴν τῶν $\Delta t = t_2$, τὰ ἀποτελέσματα τὰ διδόμενα ὑπὸ τῆς περιβαλλούσης τῶν (2) εἶναι τελείως ἀνακριβῆ.

Εἶναι λοιπὸν προφανές, ὅτι διὰ βροχὰς μικρᾶς διαρκείας, ἀγωγοὺς μεγάλου μήκους ἢ διὰ προηγηθείσας μικροεισροὰς [1] ἡ χρῆσις τοῦ τύπου (2) χρήζει προσοχῆς ὡς πρὸς τὰ χρονικὰ ὅρια ἰσχύος του. Τὴν περιωρισμένην χρονικὴν ἐφαρμογὴν τοῦ τύπου (2) ὑπαγορεύει καὶ αὐτὸς οὗτος ὁ τύπος.

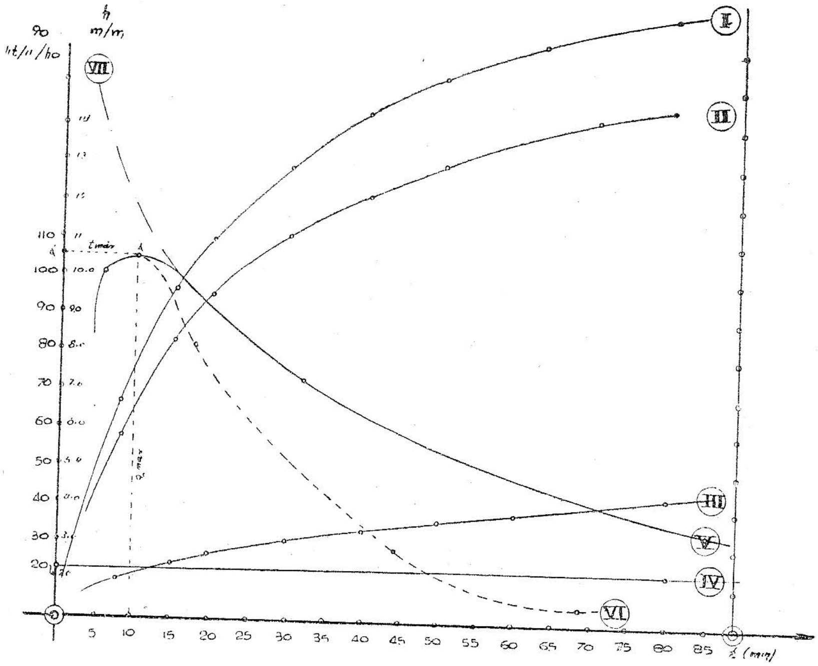
Ἐὰν $q_0 = f(t)$ $\qquad$ τότε $dq_0 \dfrac{W}{q_0} = (Q - q_0)\,dt$ ἢ

$$\frac{dq_0}{dt} = \frac{Q - q_0}{w} q_0 \tag{16}$$

Ἡ ἐξίσωσις (16) παριστᾷ τὴν τιμὴν τῆς ἐφαπτομένης τῆς συναρτήσεως $q_0 = f(t)$, $q_0' = c$, διὰ μίαν ὡρισμένην τιμὴν τοῦ t, λαμβάνουσα τιμὰς ἑτεροσήμους ἑκατέρωθεν τῆς θέσεως $q_0 = q_{max}$. Ἡ τιμὴ μηδενισμοῦ τῆς συναρτήσεως (16) εὑρίσκεται διὰ τῆς δοκιμαστικῆς λύσεως τῆς σχέσεως:

$$(B + t)^2 = \frac{A\Phi_0 t^2}{h_\sigma + 0{,}5c_2\, t^{0,5}}$$

ἢ εὐκολώτερον γραφικῶς ἐκ τῶν καμπυλῶν βροχῆς (Σχ. 4 V). Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι διὰ $Q_0 < q_0$ καὶ



Σχ. 4. Γραφικὴ παράστασις: I) Ὕψους βροχοπτώσεως. II) Ὕψους βροχοπτώσεως λόγῳ ἀνομοιομορφίας. III) Ὕψους διηθήσεως. IV) Ὕψους συσσωρεύσεως. V) Συρροῆς κατὰ τὴν ὀρθολογιστικὴν μέθοδον. VI) Συρροῆς κατὰ τὴν Ἰταλικὴν μέθοδον.

---

1) Εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς δικτύων καὶ διὰ τὴν ἀσφάλειαν τούτων, εἴθισται νὰ γίνεται αὐθαιρέτως παραδεκτὴ προηγηθεῖσα εἰσροὴ μικρᾶς ἐντάσεως.

Μία τοιαύτη παραδοχὴ καθιστᾷ ἀσφαλῶς τὴν μελέτην ἀσφαλεστέραν, ἀπὸ τὴν ἄποψιν τῆς ἀποθηκευτικῆς ἱκανότητος τοῦ δικτύου, κατόπιν τῆς αὐξήσεως τῶν διαστάσεων τῶν ἀγωγῶν τούτου.

Σαφῶς ὅμως περιπλέκει τοὺς ὑπολογισμούς, καὶ τοῦτο ἄνευ λόγου. Φρονοῦμεν, λοιπόν, ὅτι θὰ ἦτο σκοπιμώτερον, ἐὰν κατὰ τοὺς ὑπολογισμούς μας δεχώμεθα συχνότητα πλημμύρας κατά τι μικροτέραν τῆς ἀρχικῆς.

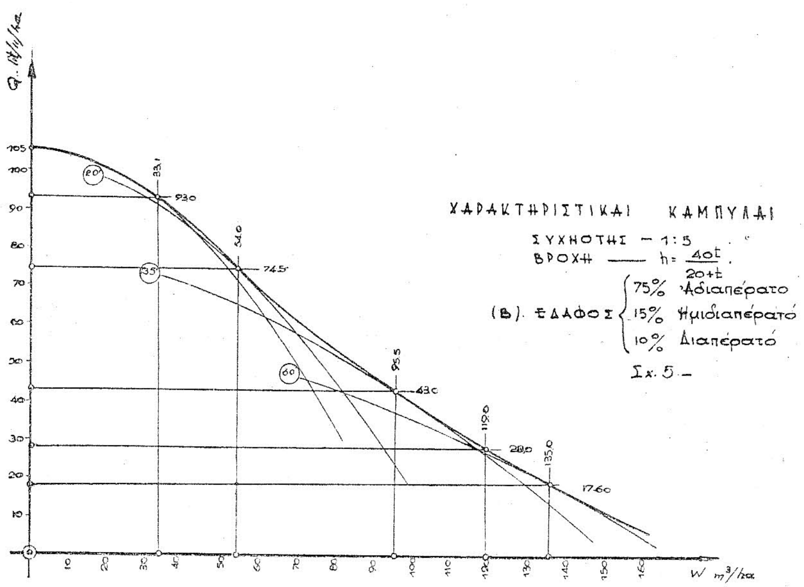
Παραδοχὴ ἡ ὁποία οὐδόλως θὰ περιέπλεκε τοὺς ὑπολογισμοὺς ἀφ' ἑνός, καὶ ἀφ' ἑτέρου θὰ ἦτο τόσον ἀσφαλής, ὅσον καὶ ἡ τῆς προηγηθείσης εἰσροῆς.

$t > t_{\kappa\rho}$ ἔχομεν ἐκ τῆς (2) $q_0' < 0$, τὸ ὁποῖον καὶ ἀληθεύει.

Διὰ $q_0 > Q_0$ ὅμως καὶ $t < t_{\kappa\rho}$ πρέπει νὰ ἔχωμεν $q_0' > 0$, τὸ ὁποῖον δὲν ἀληθεύει, καθ' ὅσον ἐκ τῆς παραδοχῆς τῆς μορφῆς τῆς ἐξισώσεως (1), ἤτοι τοῦ ἀθροιστικοῦ ταύτης, ἔχομεν $(1 - e^{-\alpha t}) < 1$ δι' οἱανδήποτε τιμὴν τοῦ α.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω εἶναι προφανές, ὅτι ἡ ξίσωσις (2) δὲν ἰσχύει δι' ὅλον τὸ χρονικὸν διάστημα τῆς λειτουργίας τοῦ συλλεκτῆρος. Ἡ εὑρεθεῖσα σχέσις $q_0' < 0$ δηλοῖ σαφῶς, ὅτι ἡ Ἰταλικὴ μέθοδος δίδει βροχὰς κρισίμους, διαρκείας μεγαλυτέρας ἐκείνης, ἥτις καθιστᾷ τὴν εἰδικὴν ἀπορροὴν q_0 μεγίστην ($t > t_{\kappa\rho}$).

Τοῦτο ἐξ ἄλλου φαίνεται καὶ ἐκ τοῦ ὅτι αἱ καμπύλαι $Q = q_0 (1 - e^{-\alpha t})$, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς $t < t_{\kappa\rho}$,



Σχ. 5.

εὑρίσκονται κάτωθεν τῆς καμπύλης, ἥτις ἀντιστοιχεῖ εἰς $t = t_{\kappa\rho}$ καὶ ὡς ἐκ τούτου εἶναι ἄχρηστοι εἰς τὴν σύνταξιν τῆς περιβαλλούσης. Περαιτέρω κατὰ τὴν Ἰταλικὴν μέθοδον πλέον ἐπικίνδυνοι βροχαὶ θεωροῦνται αἱ βροχαὶ διαρκείας $t > t_{\kappa\rho}$, ὁπότε ἡ παροχετευτικότης τοῦ δικτύου εἶναι μικρὰ καὶ ἡ ἀπορροὴ ἔτι μικροτέρα.

Ὅθεν, διὰ τὰ σημεῖα μικροῦ χρόνου συγκεντρώσεως, εἶναι προφανὲς ὅτι ἡ Ἰταλικὴ μέθοδος θὰ εἶναι οἰκονομικωτέρα τῆς ὀρθολογιστικῆς μεθόδου, καθ' ὅσον αὕτη λαμβάνει ὡς βάσιν ὑπολογισμοῦ τὴν μεγίστην ἀπορροήν.

Ἐκ τῆς γενομένης ἐρεύνης ἐπὶ τῶν ἀποτελεσμάτων τῆς θεωρητικῆς καὶ ἀριθμητικῆς συγκρίσεως τῆς Ἰταλικῆς καὶ Ὀρθολογιστικῆς μεθόδου ὑπολογισμοῦ ὑπονόμων (Rational) καὶ τῆς ἀποδείξεως τῆς πρώτης ὡς οἰκονομικωτέρας καὶ θεωρητικῶς ὀρθοτέρας, ἐπιφυλασσόμεθα προσεχῶς νὰ ἀσχοληθῶμεν λεπτομερῶς.

5. Παραδοχὴ σταθεροῦ συντελεστοῦ ἀπορροῆς.

Εἰς τὴν περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν θὰ θεωρήσωμεν ὅτι ὁ συντελεστὴς ἀπορροῆς παραμένει σταθερὸς (μέση τιμὴ αὐτοῦ) κατὰ τὴν λειτουργίαν δικτύου ὑπονόμων, τότε ἡ ἐξίσωσις τῆς περιβαλλούσης εὐκόλως ὁρίζεται, διὰ μίαν καθωρισμένην συχνότητα βροχῆς, εἶδος ἐδάφους καὶ λοιπῶν στοιχείων τῆς βρεχομένης ἐπιφανείας.

Ἡ ἐξίσωσις 2 γίνεται :

$$Q = \frac{c_1}{c_2 + t}\left(1 - e^{-\alpha t}\right) \qquad (2\alpha)$$

ὅπου $c_1 = 16670$ Αφ καὶ

$c_2 = B$

Ἐὰν $F = Q - \frac{c_1}{c_2 + t}\left(1 - e^{-\frac{Q}{W}t}\right) = 0$ τότε

$$F_t' = e^{-\frac{Q}{W}t}\left(\frac{1}{c^2 + t} + \frac{Q}{W}\right) - \frac{1}{c_2 + t} = 0 \qquad (5\alpha)$$

καὶ ἐὰν

$$\frac{c_1}{c_2 + t} \neq 0$$

ἀντικαθιστῶντες τὸν ὅρον $e^{-\frac{Q}{W}t} = \dfrac{(c_2 + t)^{-1}}{(c_2 + t)^{-1} + \dfrac{Q}{W}}$ εἰς τὸν τύπον (5α)

ἔχομεν $t = \dfrac{c_1 - W - Qc_2}{Q}$ ὅτε ἡ (5α)

γράφεται : $W = c_1 e^{\frac{W + c_2 Q - c_1}{W}} = c_1 e^{1 + \frac{c_2 Q - c_1}{W}}$

ἢ τελικῶς

$$Q_m = \frac{2{,}3\, W \log_{10} \dfrac{W}{ec_1'} + c_1'}{c_2'} \qquad (17)$$

, ὅπου $c_1' = 10\text{ΑΦ}$

$c_2' = 0.1\text{Β}$

Πίναξ I.

Πίναξ βροχομετρικῶν στοιχείων.

t min	i mm/min	h mm	hΦ mm	hα mm	hΦ—hα—h_σ mm	q_0 mm/min	q_0 lit/sec/ha
4	1.670	6.67	5.66	1.51	1.55	0.368	64.50
8	1.430	11.40	9.70	2.14	5.00	0.625	104.00
10	1.330	13.30	11.30	2.38	6.30	0.630	105.00
12	1.250	15.00	12.70	2.60	7.50	0.626	104.50
15	1.145	17.15	14.60	2.92	9.10	0.606	101.00
20	1.000	20.00	17.00	3.36	11.00	0.550	91.60
25	0.890	22.20	18.85	3.76	12.50	0.500	83.40
30	0.800	24.00	21.00	4.12	14.28	0.475	79.00
35	0.727	25.40	21.60	4.45	14.60	0.417	69.50
40	0.667	26.70	22.70	4.77	15.33	0.384	64.00
45	0.615	27.75	23.50	5.05	15.85	0.352	58.60
50	0.570	28.60	24.20	5.32	16.28	0.326	54.40
60	0.500	30.00	25.50	5.84	17.06	0.284	47.40
70	0.455	31.20	26.50	6.30	17.60	0.251	41.80
80	0.400	32.00	27.20	6.75	17.85	0.223	37.10
90	0.364	32.80	27.90	7.15	18.15	0.201	33.60
100	0.333	33.30	28.40	7.54	18.26	0.182	30.40
115	0.296	34.10	29.00	8.05	18.35	0.159	26.00
130	0.267	34.70	29.50	8.58	18.32	0.141	23.50
150	0.235	35.40	30.00	9.22	18.18	0.122	20.10
180	0.200	36.00	30.80	10.20	18.00	0.100	16.66

Πίνακες στοιχείων ἀπ' εὐθείας χαράξεως περιβαλλούσης χαρακτηριστικῶν καμπυλῶν.

Πίναξ II.

t min	q_0	q_0'	q_0'/q_0	q_0^2/q_0'	$q^0 = q_0^t$	$L = \frac{q_0^2}{q_0'} e^{\frac{q_0' t}{q_0}}$	$\frac{L}{q^0}$	$\frac{q^0}{W}$
12	0.626	0.007	0.01120	56.3	7.50	64.3	8.57	3.35
15	0.606	0.009	0.01470	40.8	9.10	51.0	5.60	2.75
20	0.550	0.0105	0.01910	28.7	11.00	42.0	3.82	2.04
30	0.475	0.0084	0.01760	26.8	14.25	45.5	3.19	1.60
35	0.417	0.00696	0.01670	25.0	14.60	44.9	3.08	1.53
45	0.352	0.00546	0.01550	22.7	15.80	45.0	2.84	1.33
60	0.284	0.00377	0.01325	21.4	17.00	47.5	2.79	1.26

Πίναξ III.

t	$\frac{q^0}{W}$	W m^3/ha	Q′	Q lit/sec/ha
15	2.75	33.1	0.557	93.0
20	2.04	54.0	0.447	74.5
30	1.60	89.0	0.319	53.0
35	1.53	95.0	0.257	43.0
45	1.33	119.0	0.168	28.0
60	1.26	135.0	0.105	17.6