Καμπύλη διαρκείας παροχής

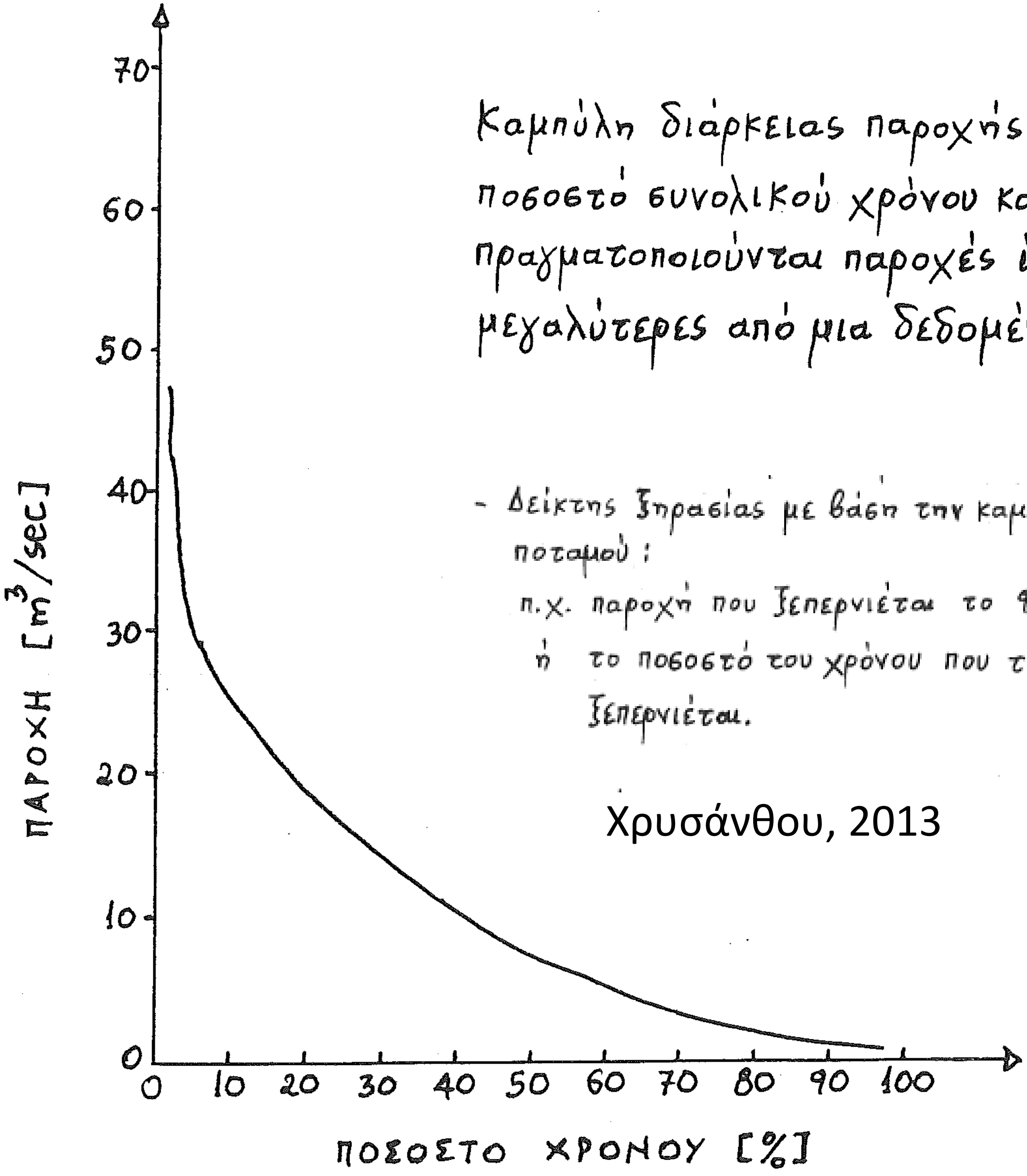
Δρ Μ.Σπηλιώτη

Καμπύλη διαρκείας παροχής

Είναι το διάγραμμα ενός διατεταγμένου υδραυλικού μεγέθους συναρτήσει του ποσοστού του χρόνου κατά τον οποίο το μέγεθος αυτό απαντάται με ίση ή μεγαλύτερη τιμή.

Για τον υπολογισμό του ποσοστού αυτού διατάσσονται οι τιμές παροχής κατά σειρά φθίνοντος μεγέθους και υπολογίζεται η αθροιστική συχνότητα υπέρβασης κάθε τιμής.

- Παραδείγματα αξιοποίησης:
  - Δείκτης ξηρασίας
  - Δείκτης συνεχούς ροής
  - Υδροδυναμικά έργα



Καμπύλη διάρκειας παροχής :
ποσοστό συνολικού χρόνου κατά το οποίο πραγματοποιούνται παροχές ίσες ή μεγαλύτερες από μια δεδομένη τιμή.

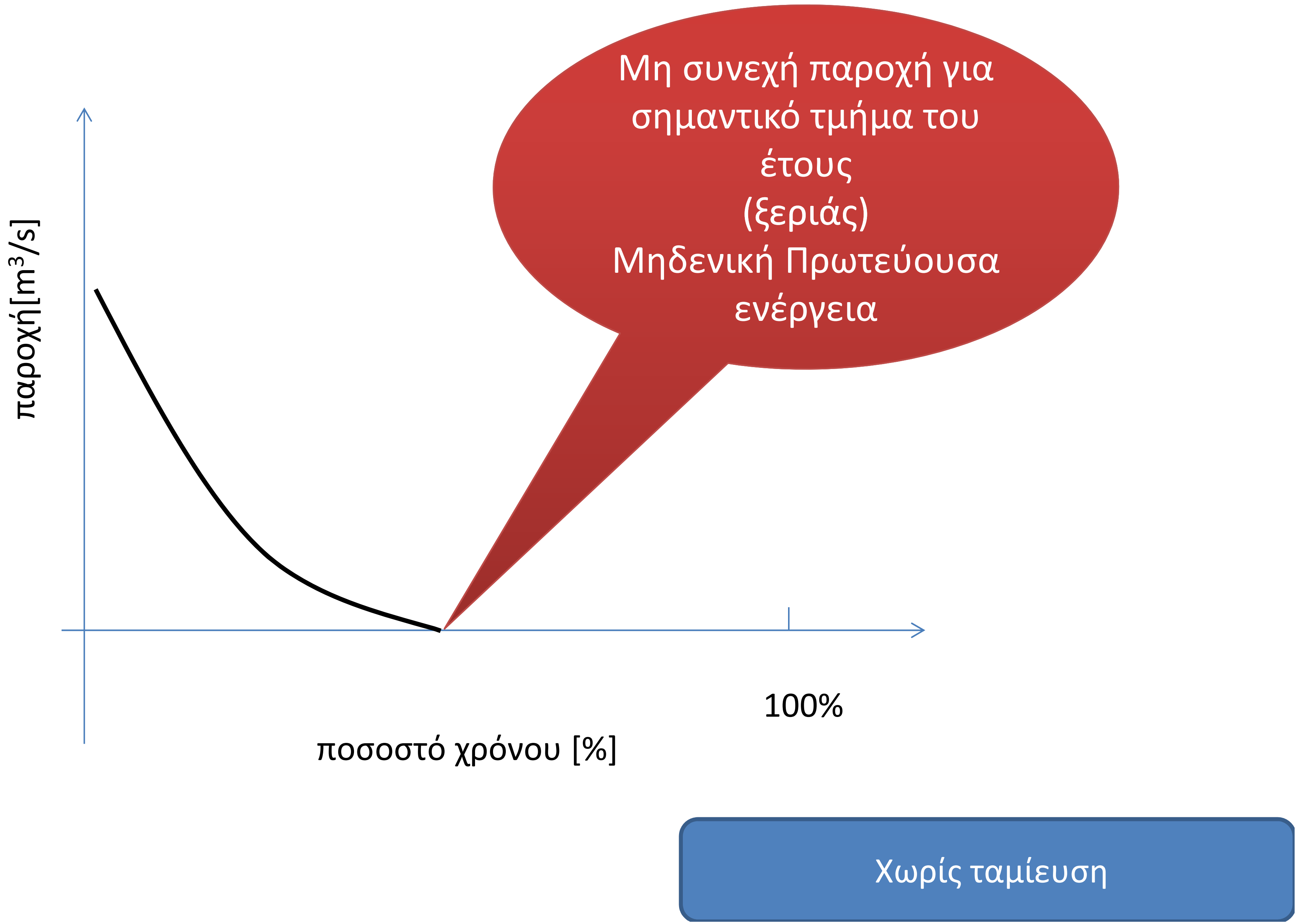
- Δείκτης ξηρασίας με βάση την καμπύλη διάρκειας παροχής ενός ποταμού :
  π.χ. παροχή που ξεπερνιέται το 95% του χρόνου,
  ή το ποσοστό του χρόνου που το 1/4 της μέσης παροχής ξεπερνιέται.

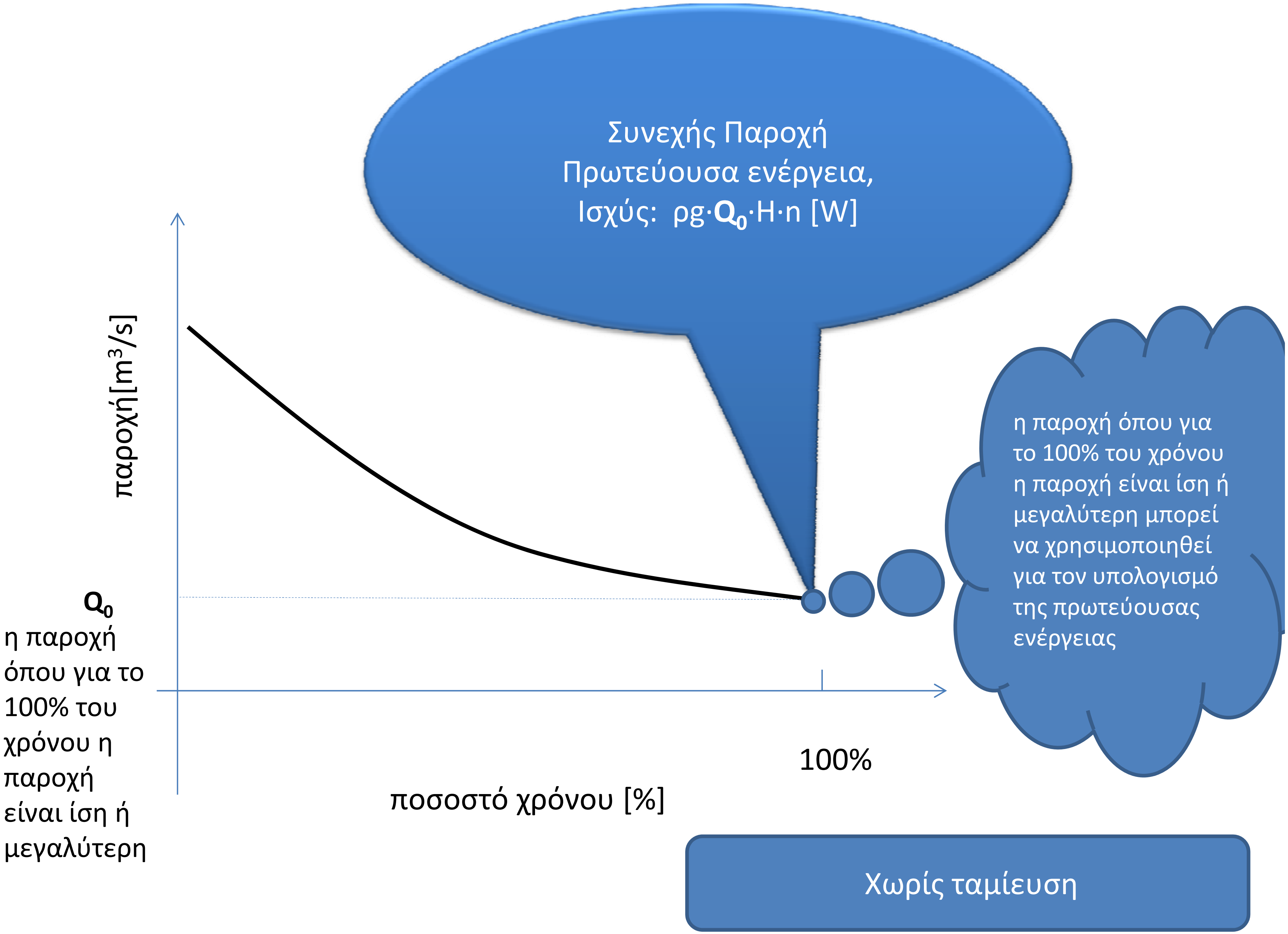
Χρυσάνθου, 2013

Καμπύλη διαρκείας παροχής

Δείκτης συνεχούς ροής (αν δεν τέμνει τον άξονα xx')

Πρωτεύουσα ενέργεια


Μη συνεχή παροχή για σημαντικό τμήμα του έτους
(ξεριάς)
Μηδενική Πρωτεύουσα ενέργεια
παροχή[m3/s]
100%
ποσοστό χρόνου [%]
Χωρίς ταμίευση



Συνεχής Παροχή
Πρωτεύουσα ενέργεια,
Ισχύς: $\rho g \cdot \mathbf{Q_0} \cdot H \cdot n$ [W]
παροχή[m^3/s]
$\mathbf{Q_0}$
η παροχή όπου για το 100% του χρόνου η παροχή είναι ίση ή μεγαλύτερη
η παροχή όπου για το 100% του χρόνου η παροχή είναι ίση ή μεγαλύτερη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της πρωτεύουσας ενέργειας
100%
ποσοστό χρόνου [%]
Χωρίς ταμίευση

Εφαρμογή σε Υδροδυναμικά έργα

- Εγγυημένη ισχύς (firm power)

είναι η ικανότητα ανάληψης φορτίου κατά καθορισμένη χρονική στιγμή ή χρονική περίοδο σε σχέση με το φορτίο ζητήσεως του συστήματος.

Αυτή εξαρτάται από την ελάχιστη φυσική παροχή και τη ρύθμιση της φυσικής παροχής κατά την περίοδο του φορτίου αιχμής.

- Η εγγυημένη ισχύς μεταβάλλεται κατά την διάρκεια των εποχών του έτους και νοείται συνήθως κατά τον χρόνο εμφάνισης του φορτίου αιχμής του συστήματος.
- Πρωτεύουσα ενέργεια λέγεται η εξασφαλισμένη υδροηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί με τις δυσμενέστερες υδρολογικές συνθήκες για την κάλυψη των αναγκών της κατανάλωσης.

Δευτερεύουσα ενέργεια είναι κάθε παραγόμενη υδροηλεκτρική ενέργεια επί πλέον της πρωτεύουσας.

Φορτίο καλείται η ισχύς η οποία αναφέρεται στην παραγωγή και κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε κάποιο στιγμιαίο χρονικό διάστημα σε κάποιο σημείο του συστήματος κατανάλωσης.

Φορτίο αιχμής είναι το μέγιστο φορτίο κατανάλωσης για ορισμένη χρονική περίοδο.

Εφαρμογή 1

Σε θέση υδρομετρήσεων ενός ποταμού όπου πρόκειται να κατασκευασθεί φράγμα σημειώθηκαν οι εξής μέσες μηνιαίες παροχές ενός έτους:

Μήνας	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ
Παροχή (m^3/s)	62	116	127	135	162	94	80	75	70	63	38	54

Λύση.

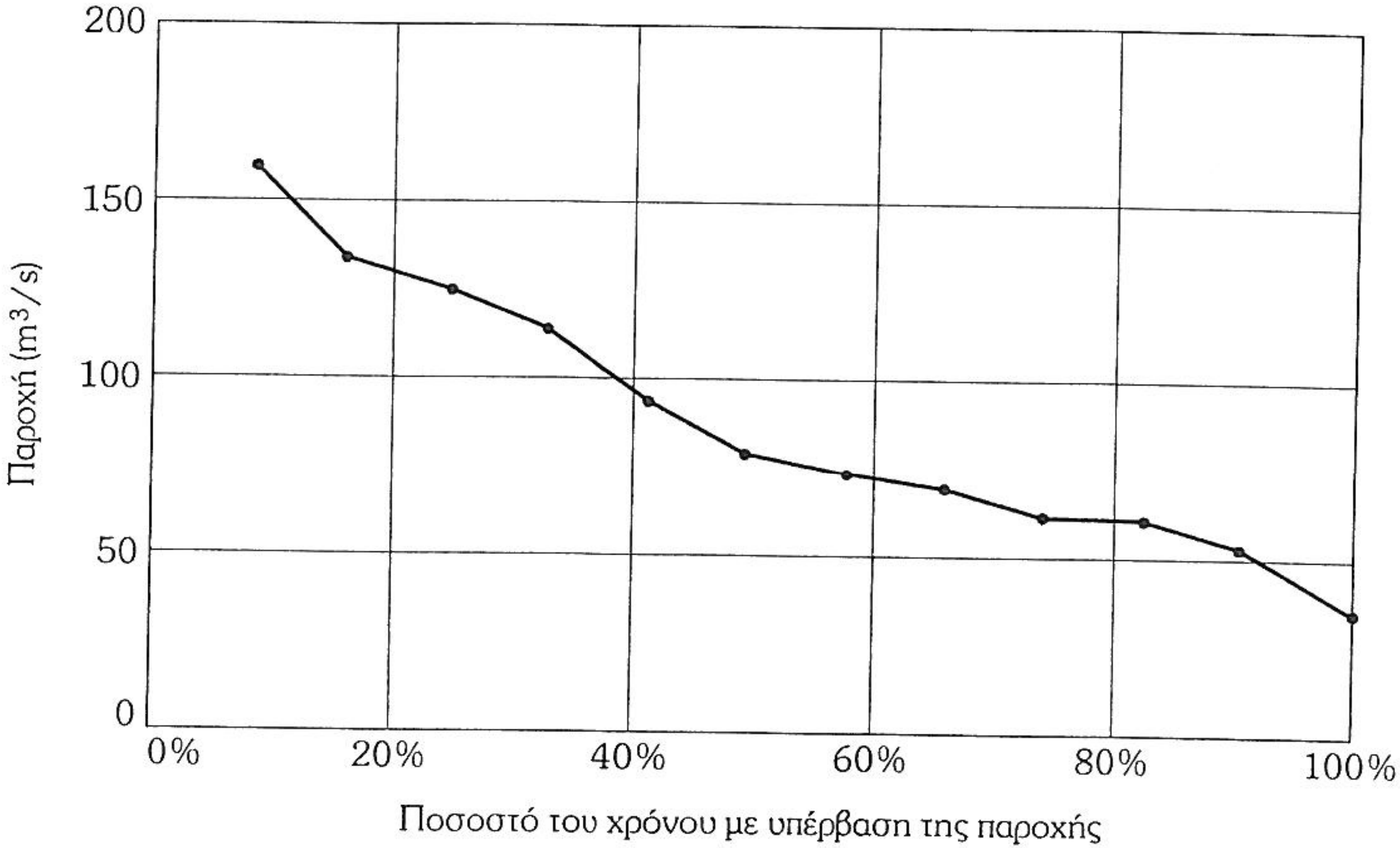
α. Κατατάσσονται οι παροχές κατά σειρά φθίνοντος μεγέθους και προσδιορίζονται η σχετική συχνότητα εμφανίσεως κάθε τιμής και η συχνότητα υπερβάσεως της τιμής αυτής Πίνακας 11.1.

Η γραφική παράσταση της καμπύλης διάρκειας που προκύπτει φαίνεται στο Σχήμα 11.10.

Μπέλλος, 2009

Πίν. 11.1: *Υπολογισμός συχνότητας υπέρβασης*

α/α	$Q(m^3/s)$	Αριθμός Εμφάνισης	Σχετική Συχνότητα	Συχνότητα υπέρβασης $P(Q>q)\%$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	162	1	0.083	8.333
2	135	1	0.083	16.667
3	127	1	0.083	25.000
4	116	1	0.083	33.333
5	94	1	0.083	41.667
6	80	1	0.083	50.000
7	75	1	0.083	58.333
8	70	1	0.083	66.667
9	63	1	0.083	75.000
10	62	1	0.083	83.333
11	54	1	0.083	91.667
12	38	1	0.083	100.000



Σχ. 11.10: *Καμπύλη διαρκείας της παροχής.*

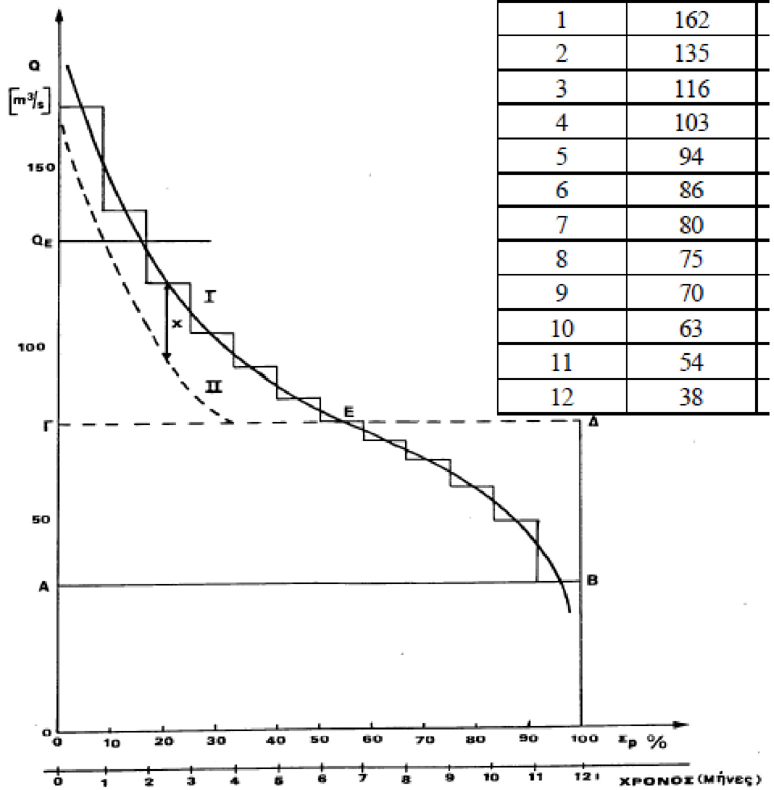
Μπέλλος, 2009

Δυνατότητα αλλαγής με ταμίευση

Η νέα καμπύλη διαρκείας θα είναι τελικά η καμπύλη *ΙΙ* του σχήματος. Το τμήμα της *ΙΙ* υπεράνω της γραμμής *ΓΔ* χαράχθηκε ώστε: $E_{(I,II)} = E_{(EBD)}$

Αγγελίδης, 2014

α/α	Q (m^3/s)
1	162
2	135
3	116
4	103
5	94
6	86
7	80
8	75
9	70
10	63
11	54
12	38



Σχ. 1. Καμπύλη διάρκειας παροχών

Καμπύλη διαρκείας παροχής

Δείκτης υδρολογικής ξηρασίας

ΞΗΡΑΣΙΑ

- Γενικός ορισμός ξηρασίας (για ένα υδατικό σύστημα)

Φαινόμενο κατά τη διάρκεια εμφάνισης του οποίου το υδατικό σύστημα βρίσκεται κάτω από ένα κρίσιμο επίπεδο σε σχέση με την κανονική του λειτουργία.

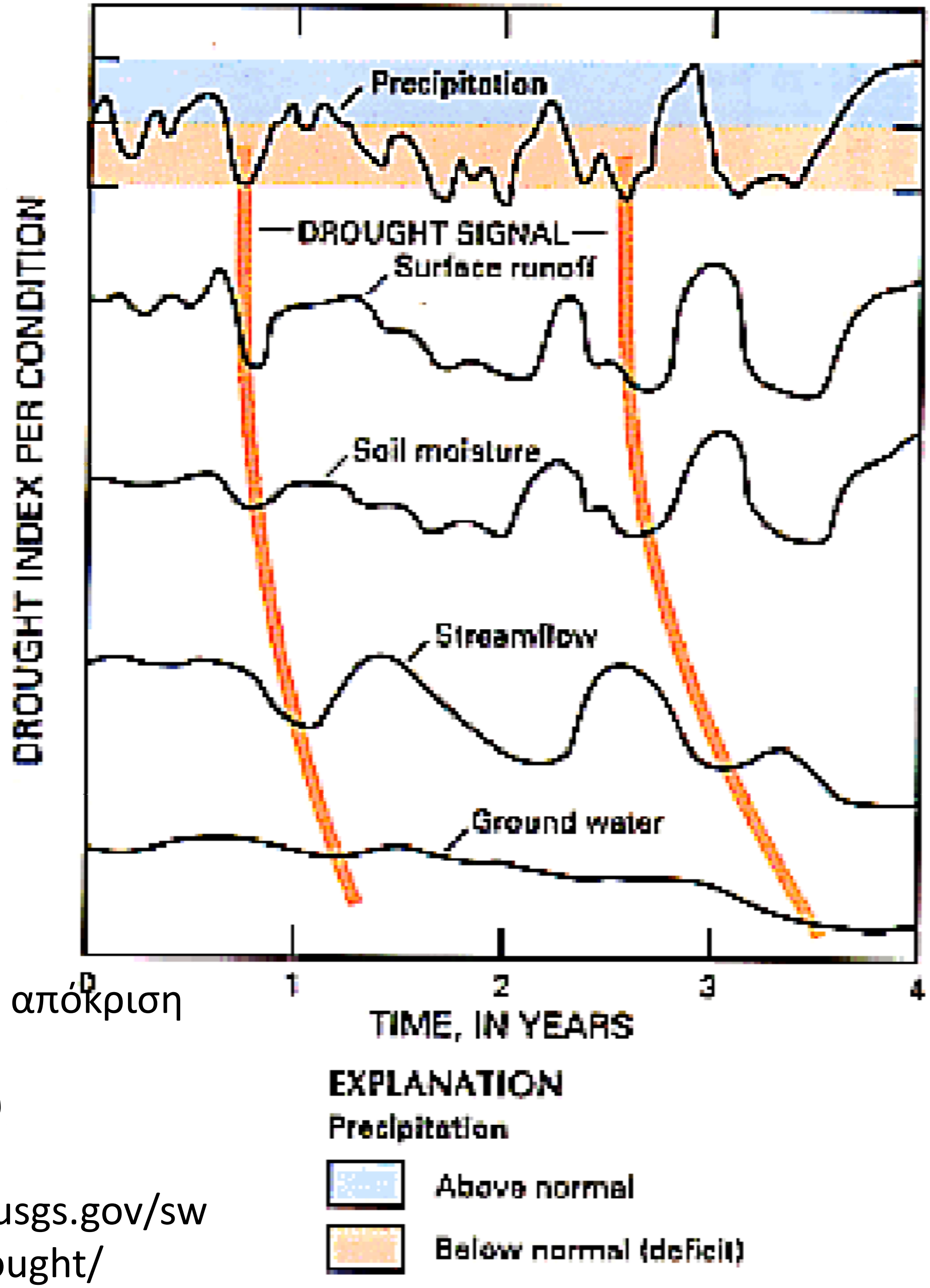
για ένα κρίσιμο χρονικό διάστημα και έκταση…

- *Συντελεί σε υδατικό έλλειμμα και άρα σε λειψυδρία*
- *Σε αντίθεση με τις πλημύρες καταλαμβάνει μεγάλη χρονική έκταση*
- *Μη πλήρως «αντιμετωπίσιμο» φαινόμενο, μετριασμός επιπτώσεων μείωση τρωτότητας*

Ορισμοί της ξηρασίας

- Μετεωρολογική ξηρασία: Περίοδος χωρίς αρκετή βροχή.
- Υδρολογική ξηρασία: Περίοδος υδρολογικού ελλείμματος (απορροή, αποθήκευση σε ταμιευτήρες, υπόγεια υδροφόρα στρώματα).
- Γεωργική ξηρασία: Επίπεδα εδαφικής υγρασίας και επάρκειας του νερού για την ανάπτυξη των καλλιεργειών.
- Κοινωνικο-οικονομική ξηρασία: Ελλείμματα υδατικών πόρων λόγω υπερκατανάλωσης, ανεπαρκούς υποδομής και προετοιμασίας.

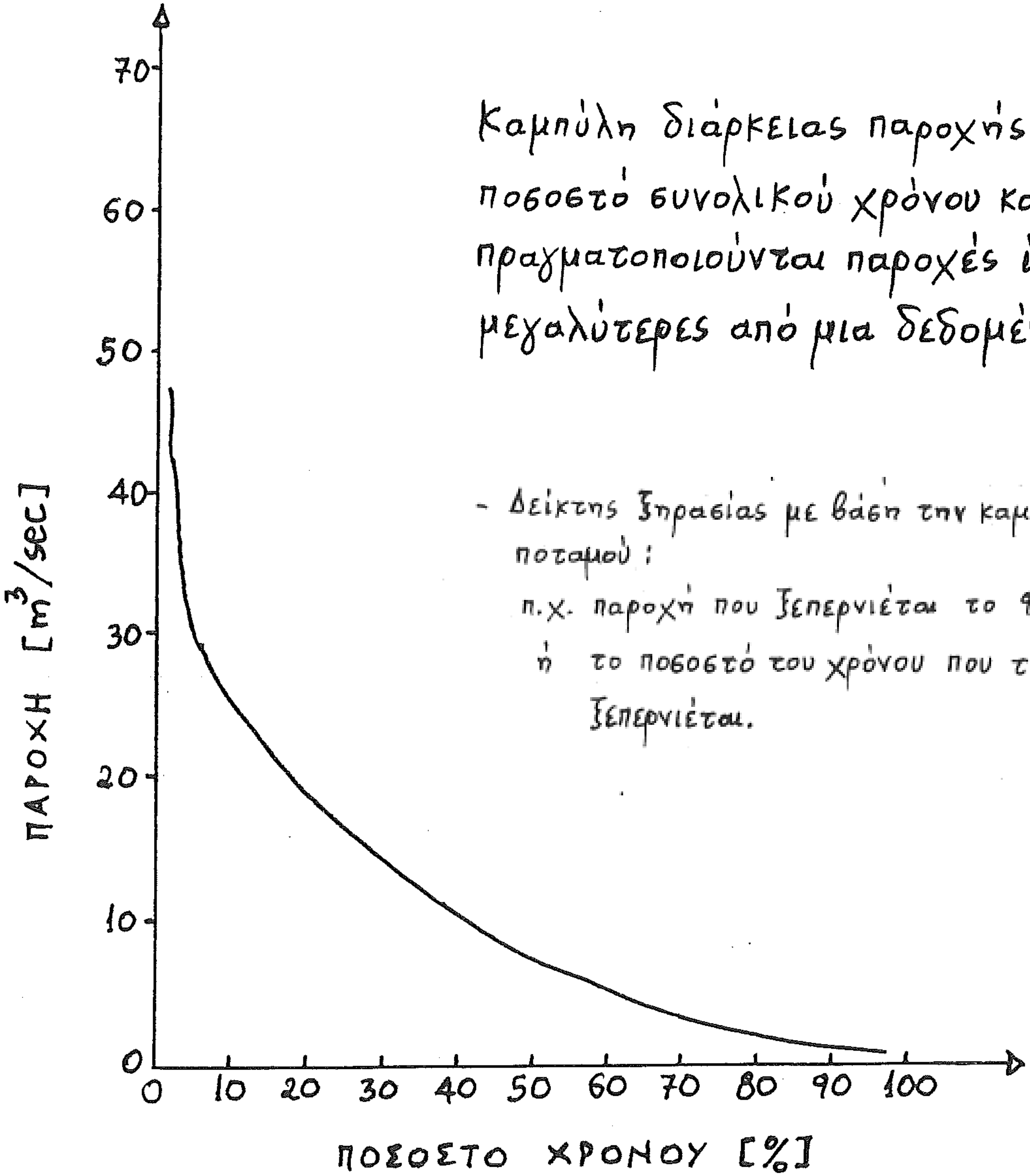
Χρυσάνθου, 2013



Διαφορετική χρονική απόκριση στη ξηρασία
Ανάλογα τη θέση του υδρολογικού κύκλου
http://geochange.er.usgs.gov/sw/changes/natural/drought/

Δείκτες ξηρασίας με βάση τις χαμηλές απορροές

- Δείκτης υδρολογικής ξηρασίας:
  απόκλιση από τη μέση τιμή της παροχής συγκεκριμένης διάρκειας
- Δείκτης ξηρασίας με βάση την καμπύλη διάρκειας παροχής ενός ποταμού:
  π.χ. παροχή που ξεπερνιέται το 95% του χρόνου,
  ή το ποσοστό του χρόνου που το 1/4 της μέσης παροχής ξεπερνιέται.



Καμπύλη διάρκειας παροχής :
ποσοστό συνολικού χρόνου κατά το οποίο πραγματοποιούνται παροχές ίσες ή μεγαλύτερες από μια δεδομένη τιμή.

- Δείκτης ξηρασίας με βάση την καμπύλη διάρκειας παροχής ενός ποταμού :
  π.χ. παροχή που ξεπερνιέται το 95% του χρόνου,
  ή το ποσοστό του χρόνου που το 1/4 της μέσης παροχής ξεπερνιέται.

Γενίκευση. …
Η καμπύλη διαρκείας είναι ουσιαστικά το <u>συμπληρωματικό</u> της εμπειρικής κατανομής με άλλη διάταξη αξόνων
Έλεγχος προσαρμογής

α/α	Μέση ετήσια παροχή (m^3/s)	Πιθανότητα μη υπέρβασης $P = 1 - \frac{m}{N+1}$	Πραγματική πιθανότητα μη υπέρβασης %
1	115.0	0.985	98.5
2	112.0	0.970	97.0
3	111.0	0.955	95.5
4	99.1	0.940	94.0
5	96.1	0.925	92.5
6	94.3	0.910	91.0
7	93.7	0.896	89.6
8	92.5	0.881	88.1

Ταξινόμηση κατ αύξουσα σειρά

Πιθανότητα μη υπέρβασης (τιμές ίσες η μικρότερες) ενώ στη καμπύλη διαρκείας παροχών, πιθανότητα να έχω τιμές ίσες η μεγαλύτερες

- Καμπύλη διαρκείας παροχών
$P(Q \geq q) = m/(N+1)$

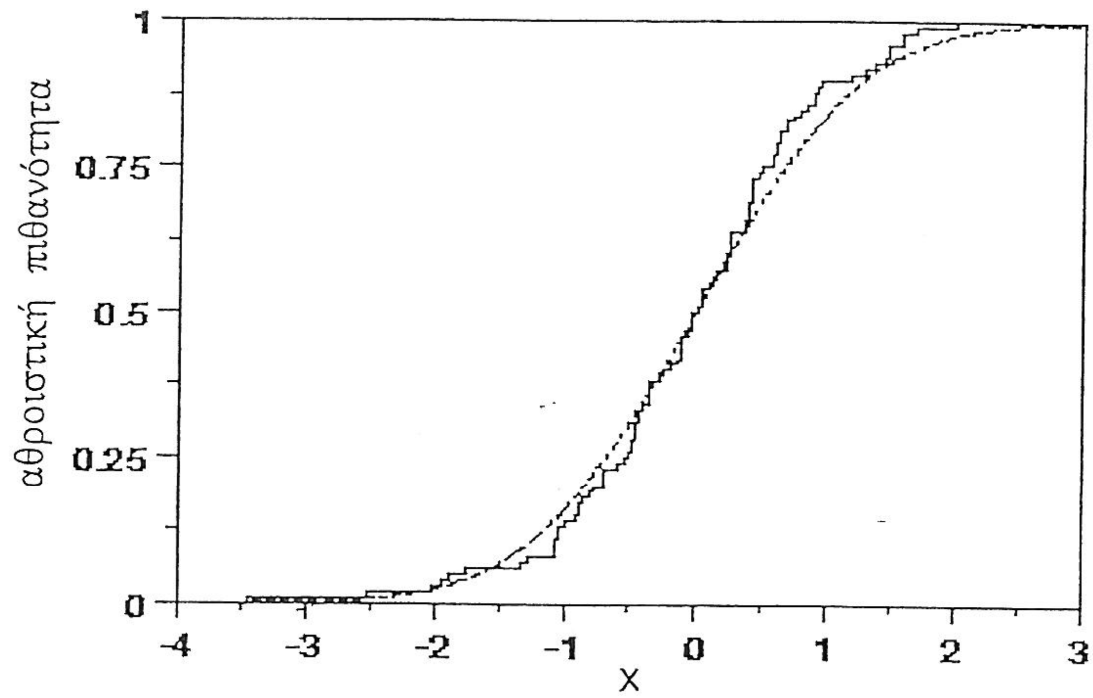
- Καμπύλη εμπειρικής κατανομής
$P(Q \leq q) = 1 - m/(N+1)$

-Προφανώς: $P(Q \leq q) + P(Q \geq q) = 1$

(συμπληρωματικά ενδεχόμενα)

Συγκρίνοντας την εμπειρική κατανομή (δείγμα) με την θεωρούμενη κατανομή πιθανότητας (υπόθεση):

- Εξίσωση παλινδρόμησης η γενικά βελτιστοποίηση χωρίς περιορισμούς για τον προσδιορισμό της κατανομής (μία μέθοδος εκτίμησης κατανομής, όχι μοναδική)
- Έλεγχος καταλληλότητας κατανομής



Σχ. 2.16 Εμπειρική κατανομή και Κανονική αθροιστική κατανομή

(!

Επικινδυνότητα μιας ξηρασίας (drought risk)

Βαθμός επικινδυνότητας:

Πιθανότητα να συμβεί ξηρασία σε οποιοδήποτε υδρολογικό έτος

$$\boxed{P(H < h) = \frac{1}{T}}$$

$P(H<h)$: πιθανότητα μη υπέρβασης της τιμής h

H : ετήσιο ύψος βροχής

T : περίοδος επαναφοράς σε έτη

Περίοδος επαναφοράς (ελαχίστων, εδώ ξηρασία): η περίοδος επαναφοράς ορίζεται ως ο μέσος αριθμός χρονικών διαστημάτων μέσα στο οποίο η τυχαία μεταβλητή (υδρολογικό μέγεθος. π.χ. απορροή) θα εμφανιστεί μία μόνο φορά με μέγεθος ίσο η μικρότερο μίας τιμής μία μόνο φορά. Πχ. Αν η παροχή 20m^3/s αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς 50 ετών σημαίνει μεσολαβούν 50 έτη για την εμφάνιση αντίστοιχης παροχής μικρότερης ή ίση από 20 m^3/s

(«κάθε 20 χρόνια τόσο μικρή παροχή στο ποτάμι…»)

Αυστηρά μαθηματικά: Αδιάστατη παράμετρος

2.3.2 Περίοδος επαναφοράς

Περίοδος επαναφοράς είναι το μέσο χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο το θεωρούμενο υδρολογικό φαινόμενο θα εμφανισθεί μόνο μια φορά με τιμή ίση ή μεγαλύτερη της δοθείσης.

Πλ.

$$p(X \geq x) = \frac{1}{T} \quad \text{ή} \quad \boxed{T = \frac{1}{p(X \geq x)} = \frac{1}{1 - p(X \leq x)}} \tag{2.51}$$

για πλημμύρα (μέγιστα)

Η πιθανότητα p_n υπέρβασης ενός μεγέθους σε χρονικό διάστημα n ετών, διαφορετικό από την περίοδο επαναφοράς, δίνεται από την εξίσωση:

$$p_n = 1 - (1 - \frac{1}{T})^n \tag{2.52}$$

Ο προσδιορισμός σχέσεως μεγέθους – συχνότητας σε σειρά δεδομένων γίνεται με κατάταξη των δεδομένων κατά σειρά φθίνοντος μεγέθους και τον υπολογισμό της συχνότητας – πιθανότητας υπέρβασης της τιμής με τις εξής σχέσεις:

Σε **κλειστές σειρές** δεδομένων :

$$p(X \geq x) = \frac{m}{N} \tag{2.53}$$

όπου m αύξων αριθμός κατάταξης και N ο συνολικός αριθμός των δεδομένων.

Ανοιχτές σειρές:

$$p(X \geq x) = \frac{m}{N+1} \quad \text{Weibull (1939)} \tag{2.54}$$

$$p(X \geq x) = \frac{2m-1}{2N} \quad \text{Hazen (1930)} \tag{2.55}$$

$$p(X \geq x) = \frac{3m-1}{3N+1} \quad \text{Tukey (1962)} \tag{2.56}$$

Από τους προτεινόμενους τύπους ευρεία εφαρμογή παρουσιάζει ο τύπος του Weibull.

ξηρασία

$$p(X \leq x) = \frac{1}{T}$$ (ίδιο, αλλά) (ελάχιστα)

$$\boxed{T = \frac{1}{p(X \leq x)}}$$ ξηρασία

τιμή

Μπέλλος, 2013