

Α. Επανάληψη και εμπλουτισμός
εννοιών

Β. Ζήτηση νερού

Γ. Λειψυδρία (απλοί δείκτες)

ΔΥΠ - Ορισμός

Διαχείριση Υδατικών Πόρων είναι το σύνολο των ενεργειών (μέτρα, έργα, κανονιστικές διατάξεις, συμφωνίες κλπ.) για την αρμονική σχέση μεταξύ

- Υδατικών πόρων
- Κέντρων κατανάλωσης
- Περιβάλλοντος

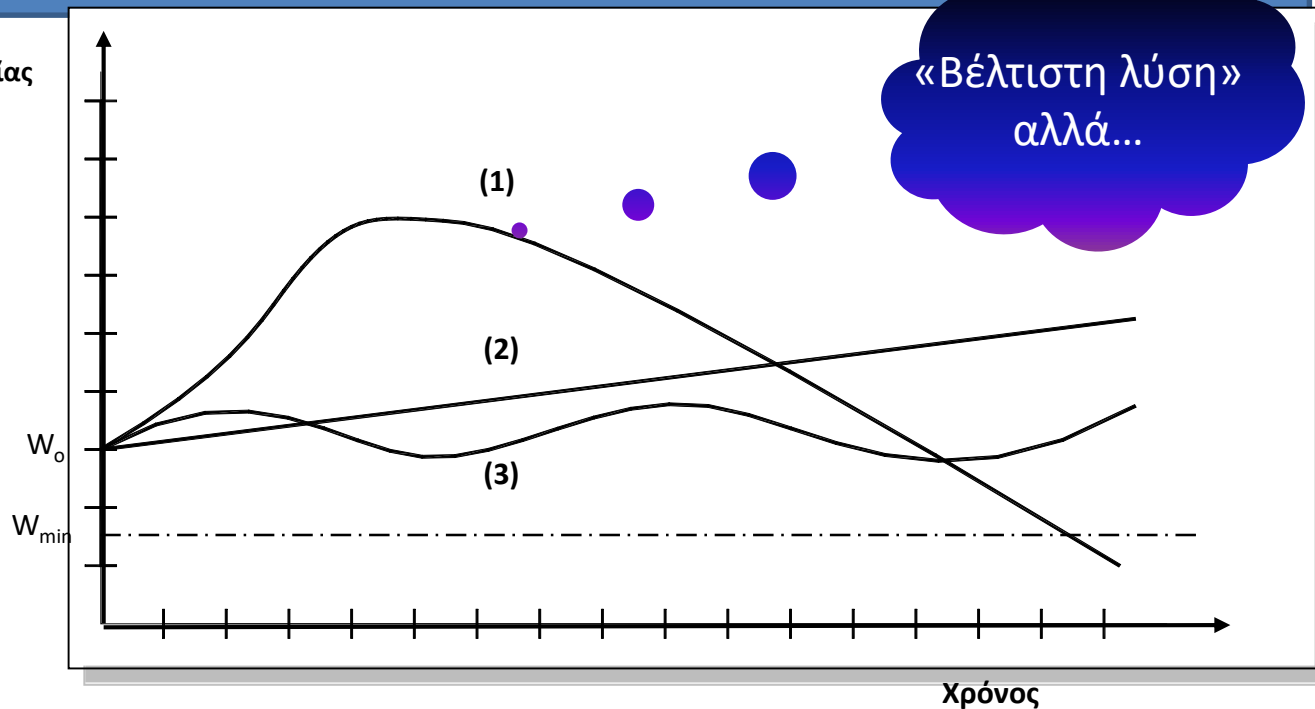
τώρα αλλά και στο μέλλον με στόχο τη διατηρήσιμη ανάπτυξη

Διατηρησιμότητα της Ανάπτυξης

Δείκτης
Ευημερίας

Τιμές του δείκτη
ευημερίας άνω του
 W_0 , ανάπτυξη
διατηρήσιμη

Τιμές του δείκτη
ευημερίας κάτω του
 W_{min} , μη επιβίωση



που χαρακτηρίζεται:

- ① Αποδοτικότητα, μη διατηρησιμότητα, μη επιβίωση
- ② Όχι γρήγορη αποδοτικότητα, διατηρησιμότητα, επιβίωση
- ③ Μη αποδοτικότητα, μη διατηρησιμότητα, επιβίωση

Βιωσιμότητα

- Φυσική διάσταση: νερό ανανεώσιμος πόρος
- Οικονομική διάσταση (π.χ. ένα φράγμα 3 φορές τη μέση ετήσια απορροή είναι οικονομικά μη βιώσιμο)
- Κοινωνική βιωσιμότητα (π.χ. αποφυγή συγκρούσεων)

Συστημική θεώρηση στη ΔΥΠ

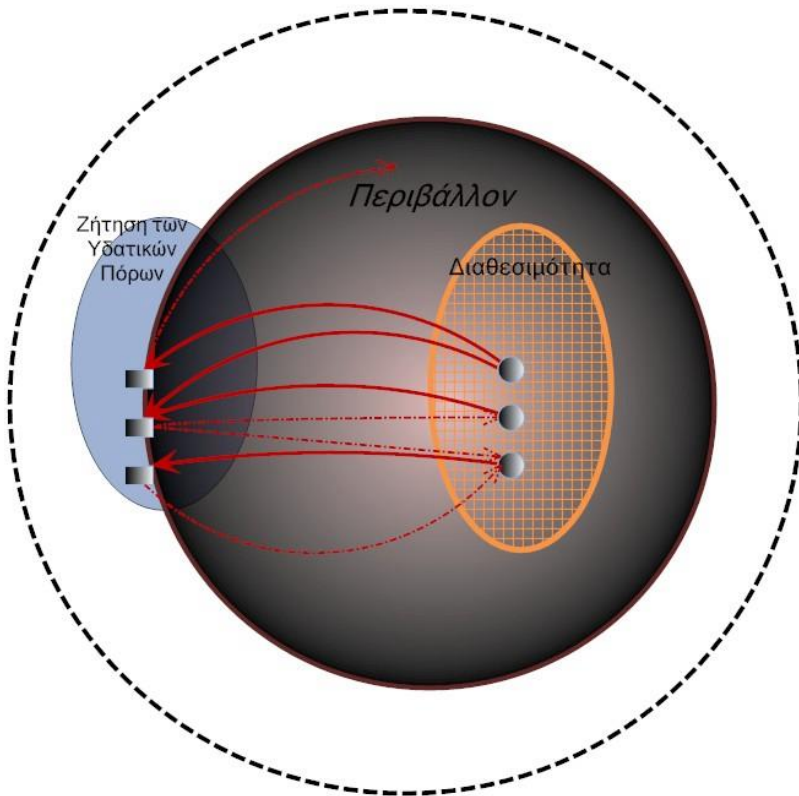
Βασικά χαρακτηριστικά συστήματος:
Ολότητα, Αλληλεπίδραση, Πολυπλοκότητα,
Σχέση με το περιβάλλον του

Κάθε έργο δημιουργεί στο περιβάλλον ένα σύνολο αντιδράσεων στο υδατικό σύστημα, στο περιβάλλον γενικότερα ☒ Συστημική προσέγγιση

Διαχείριση Υδατικών Πόρων είναι το σύνολο των ενεργειών (μέτρα, έργα, κανονιστικές διατάξεις, συμφωνίες κλπ.) για την αρμονική σχέση μεταξύ

- Υδατικών πόρων
- Κέντρων κατανάλωσης
- Περιβάλλοντος

τώρα αλλά και στο μέλλον με στόχο τη διατηρήσιμη ανάπτυξη



Διαγραμματική Παρουσίαση Υδατικού Συστήματος

Διαθεσιμότητα των
Υδατικών Πόρων

Ζήτηση των
Υδατικών Πόρων

Περιβάλλον

W_{in}

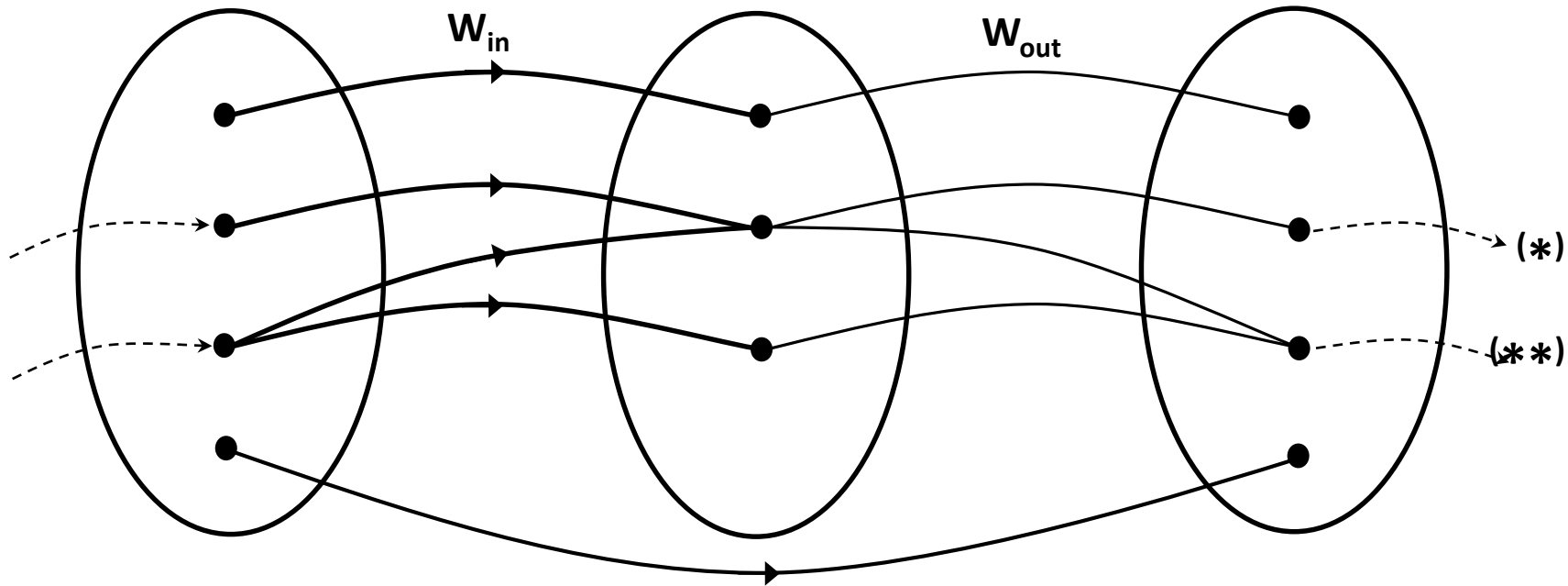
W_{out}

(*)

(*)

(**)

(**)



Λειψυδρία

	Φυσικά Αίτια	Ανθρωπογενή Αίτια
Προσωρινή κατάσταση	Ξηρασία (drought)	Έλλειμμα Νερού (water shortage)
Μόνιμη κατάσταση	Ξηρότητα (aridity)	Λειψυδρία Ερημοποίηση (Desertification)

Λειψυδρία: μόνιμη ή περιστασιακή περίπτωση όπου η ζήτηση υπερβαίνει τους αξιοποιήσιμους υδατικούς πόρους. Αίτια:


- Ανθρωπογενή (αύξηση του πληθυσμού, η έλλειψη υποδομών κ.ά)
- Φυσικά
- Συνδυασμός

Ξηρασία: Το φαινόμενο κατά το οποίο οι ποσότητες εισερχόμενου διαθέσιμου νερού σε ένα σύστημα είναι **κάτω από τις κανονικές για μία σημαντική χρονική περίοδο** (Τσακίρης, 2013)

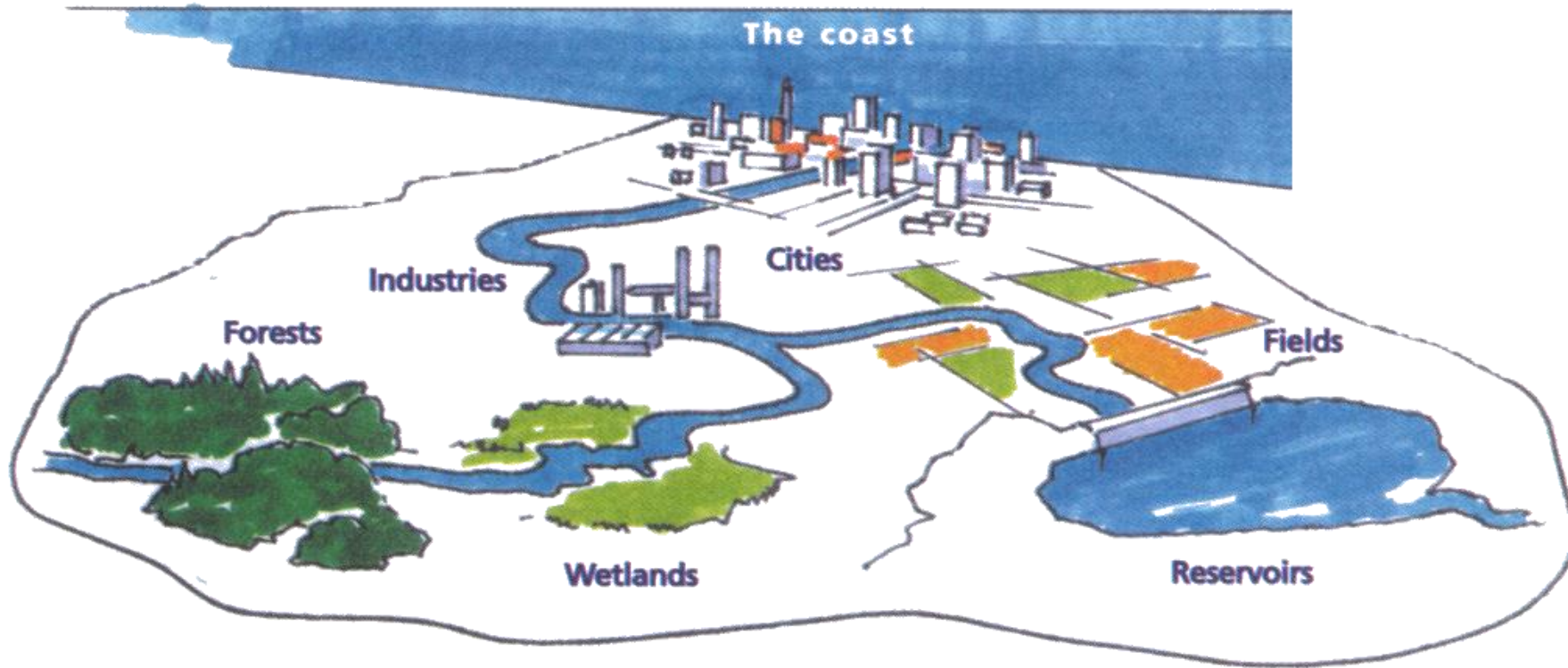


ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

- Ζήτηση/ Ανάγκες
- Εσωτερική-εξωτερική ζήτηση
- **Καταναλωτική/μη καταναλωτική χρήση (π.χ. υδροδυναμικά έργα, αναψυχή, ναυσιπλοΐα)**
- Τομείς:
 - Ύδρευση
 - Τουρισμός
 - Βιομηχανία
 - Παραγωγή Ενέργειας (υδροδυναμικά έργα)
 - Γεωργία
 - Περιβάλλον (εσωτερική ζήτηση)
 - Αισθητική αναβάθμιση (εσωτερική ζήτηση)



Γεωργία:
μεγαλύτερος
καταναλωτής



Country	Annual renewable water Resources km ³ yr ⁻¹	Total fresh Water withdrawal km ³ yr ⁻¹	Domestic use	Industrial use	Agricultural use	Irrigated area
			%	%	%	10 ³ ha
Algeria	14.3	4.5	25	15	60	555
Cyprus	0.9	0.21	24	2	74	40
Egypt	86.8	55.1	6	8	86	3,265
Libya	0.6	4.6	11	2	87	470
Morocco	30.0	11.04	5	3	92	1,258
Sudan	154.0	17.8	4	1	94	1,946
Tunisia	4.1	3.08	9	3	89	352
Bahrain	0.1	0.24	39	4	56	3
Gaza St.	0.06	0.12	40		60	12
Iran	137.5	70.03	6	2	92	7,264
Iraq	96.4	42.8	3	5	92	3,525
Israel	2.1	1.9	16	5	79	193
Jordan	0,9	0.98	22	3	75	73
Kuwait	0.0	0.54	37	2	60	5
Lebanon	4.8	1.29	28	4	68	88
Oman	1.0	1.22	5	2	94	62
Qatar	0.1	0.28	23	3	74	13
Saudi A.	2.4	17.02	9	1	90	1,473
Syria	46.1	14.41	4	2	94	1,082
Turkey	200.7	31.6	16	11	72	4,186
U.A.E	0.1	2.11	24	9	67	67
W. Bank	0.4	0.10	6.5		93.5	10.4
Yemen	4.1	2.93	7	1	92	481

Χρήση νερού στα νοικοκυριά (οικιακή)

Table 2-2 Indoor Residential End Uses of Water

End Use	Percentage of Indoor Water Use
Toilets	27
Clothes washers	22
Showers	17
Faucets	16
Leakage	14
Other domestic	2
Baths	2
Dishwashers	1
Total indoor*	100

Source: Mayer et al. 1999.

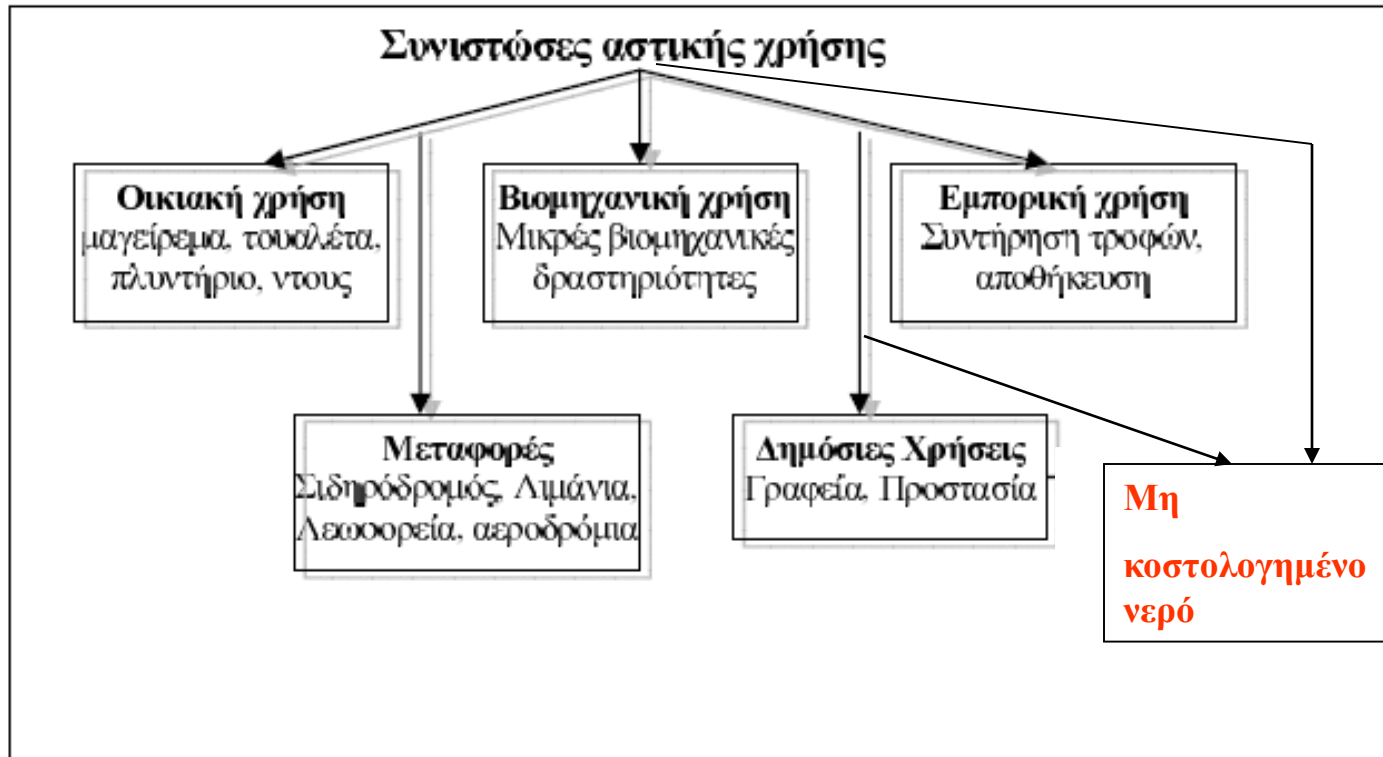
*Adds to 101% because of rounding error.

Συνιστώσες αστικής ζήτησης νερού

- Οικιακή χρήση
- Βιομηχανική χρήση **μικρής κλίμακας** και βιοτεχνίες
- Εμπορική χρήση
- Δημόσιες χρήσεις
- Μεταφορές (Τσακίρης, 2005)

Αστική χρήση νερού

Η μέση ειδική ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο ανά ημέρα και οι συνακόλουθοι πολλαπλασιαστές συμπεριλαμβάνουν όλες τις παραπάνω χρήσεις

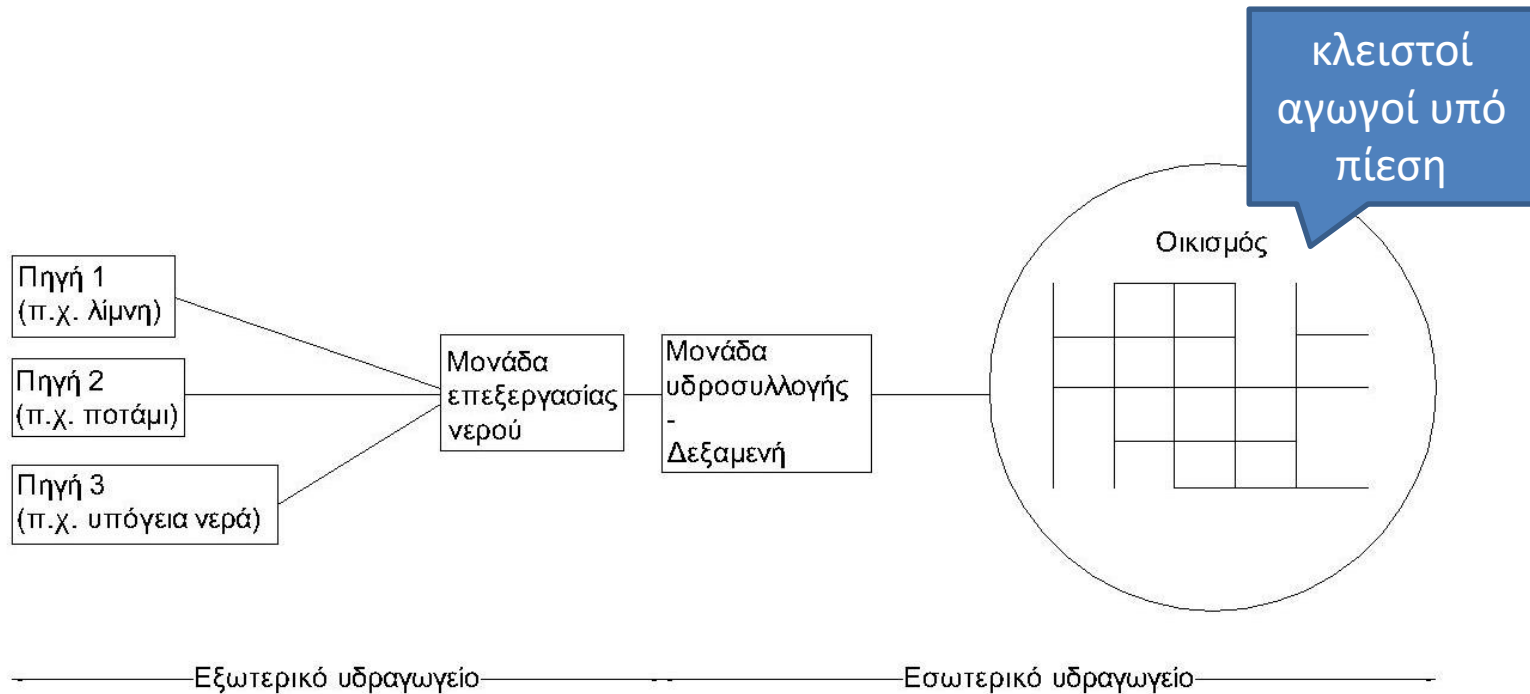


Μη κοστολογημένο νερό:

- απώλειες από τα δίκτυα
- απώλειες δεξαμενών
- εξάτμιση
- διαρροές λόγω βλαβών (στην Αθήνα εκτιμώνται σε 35%-40%)
- καταναλώσεις μη μετρούμενων καταναλωτών (νοσοκομεία, σχολεία)
- παράνομες συνδέσεις με το δίκτυο
- χαλασμένοι μετρητές
- ζήτηση για κατάσβεση πυρκαγιών

Παράδειγμα: Στη Σύμη μεταφέρονται 200.000 m³ από τη Ρόδο ενώ εξοικονομούνται και άλλα 50.000 m³ από πηγές του νησιού. Από τα συνολικά 250.000 m³ μόνο τα 85.000 m³ κοστολογούνται.

Υδραγωγείο



Εισερχόμενο Νερό στο Δίκτυο <u>(A3)</u>	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση <u>(A14=A10+A13)</u>	Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση <u>(A10=A8+A9)</u>	Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση <u>(A8)</u>	Ανταποδοτικό Νερό <u>(A20=A8+A9)</u>
			Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση <u>(A9)</u>	
	Απώλειες Νερού <u>(A15=A3-A14)</u>	Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση <u>(A13=A11+A12)</u>	Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση <u>(A11)</u>	Μη Ανταποδοτικό Νερό (NRW) <u>(A21=A3-A20)</u>
		Φαινόμενες Απώλειες Νερού <u>(A18=A16+A17)</u>	Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση <u>(A16)</u>	
		Πραγματικές Απώλειες Νερού <u>(A19=A15-A18)</u>		

Σχήμα 1. Το Διεθνές Πρότυπο Υδατικό Ισοζύγιο των *International Water Association (IWA)* και *American Water Works Association (AWWA)*

Πίνακας 2. Παραγόμενο-Τιμολογούμενο-Μη τιμολογούμενο νερό 1992-2012 (αρχείο ΔΕΥΑΜΒ) (Τζίνη κ.ά. 2022)

ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (ΠΝ)	ΤΙΜΟΛΟΓΟΥΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (ΤΝ)		ΜΗ ΤΙΜΟΛΟΓΟΥΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (ΜΤΝ)	
	(ποσότητα - m ³)	(ποσοστό)	(ποσότητα - m ³)	(ποσοστό)
14.022.099	8.388.956	60%	5.633.143	40%
15.084.111	8.496.293	56%	6.587.818	44%
14.929.111	7.198.749	48%	7.730.362	52%
15.239.518	7.486.739	49%	7.752.779	51%
15.968.252	7.682.209	48%	8.286.043	52%
15.451.454	7.226.649	47%	8.224.805	53%
16.350.270	7.019.253	43%	9.331.017	57%
15.907.255	7.015.413	44%	8.891.842	56%
15.738.734	7.092.014	45%	8.646.720	55%
15.152.578	7.190.469	47%	7.962.109	53%

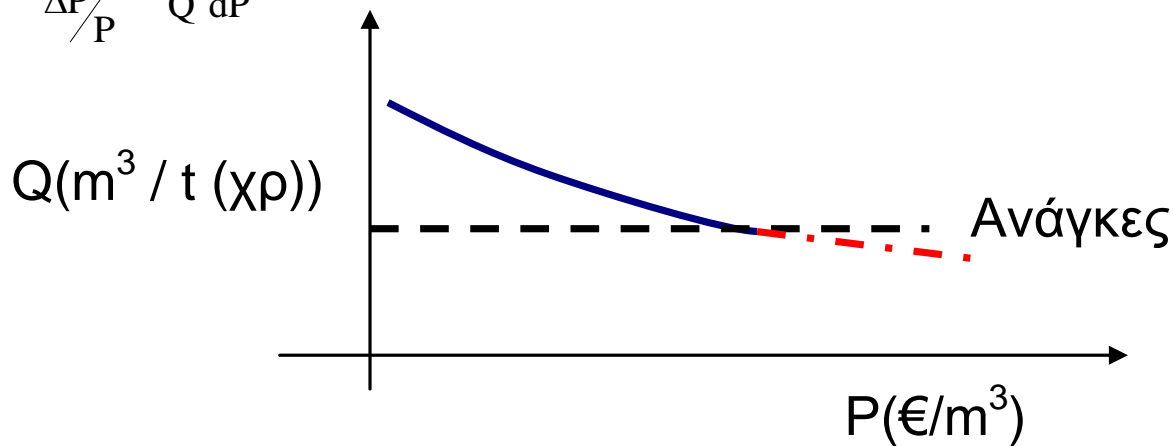
- Κατά την ευρωπαϊκή επιτροπή (European Commission, 2014) 25- 30% πόσιμου νερού χάνεται λόγω απωλειών σε αστικά δίκτυα διανομής νερού, επομένως το μη τιμολογούμενο νερό αθροίζεται σε ένα ποσοστό περί τα 30% (Liemberger and Wyatt, 2019). Ωστόσο, μπορούν να παρατηρηθούν και μεγαλύτερες απώλειες λόγω θραύσεων (π.χ. Serafimetal., 2022).

Ελαστικότητα της ζήτησης

Θεωρώντας στο παραπάνω μοντέλο ότι μία μεταβλητή X είναι η τιμή του νερού προκύπτει P:

Ελαστικότητα στην ζήτηση = (Ποσοστό αλλαγής στο Q)/(Ποσοστό αλλαγής στο P)=

$$PE = \frac{\frac{\Delta Q}{Q}}{\frac{\Delta P}{P}} = \frac{P}{Q} \frac{dQ}{dP}$$



Προφανώς η καμπύλη ζήτησης δεν πρέπει να είναι κάτω από την καμπύλη των αναγκών για κοινωνικούς λόγους.

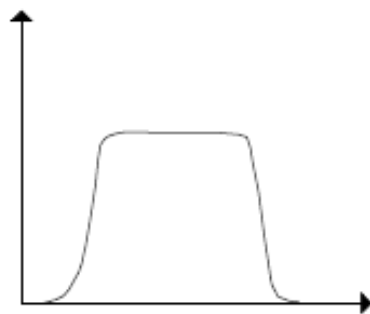
Ζήτηση, οικονομικό
μέγεθος

Ελαστικότητα της αστικής ζήτησης νερού, παράδειγμα εφαρμογής

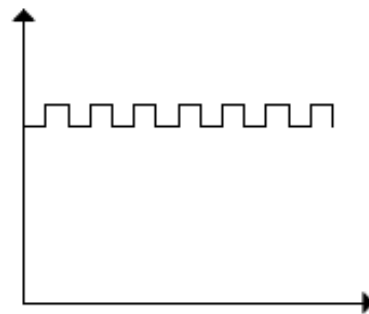
- Το πλέον πετυχημένο παράδειγμα διαχείρισης της ζήτησης σε μεγάλη κλίμακα στη χώρα μας προκύπτει από τη διαχείριση της επταετούς ξηρασίας που έπληξε το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας στο τέλος της δεκαετίας του 1980 και το πρώτο μισό της επόμενης (Xenos et al., 2002). Με μια σειρά μέτρων, η μείωση της κατανάλωσης **έφτασε στο 1/3 της συνολικής**. Τα μέτρα αυτά ήταν οικονομικά (μεγάλη αύξηση των τιμών και κλιμάκωση του τιμολογίου με πολύ μεγάλες τιμές μονάδας στις μεγάλες καταναλώσεις), επικοινωνιακά (συνεχής και ειλικρινής ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του πληθυσμού), νομοθετικά και διοικητικά (απαγόρευση ποτίσματος γκαζόν και επιβολή προστίμων για τις παραβάσεις), καθώς και τεχνολογικά (μείωση των διαρροών, χρησιμοποίηση νερού δεύτερης ποιότητας από γεωτρήσεις ή ανακύκλωση για πότισμα δημοτικών πάρκων) (Κουτσογιάννης, 2014).

Διακύμανση της ζήτησης/ ημέρα (παράδειγματα)

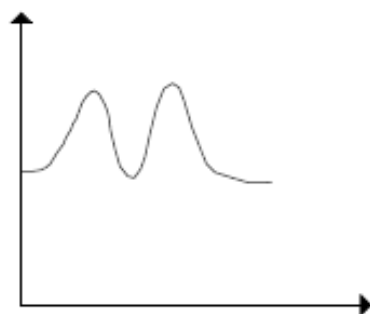
επιχειρήσεις



εργοστάσια



οικογένεια

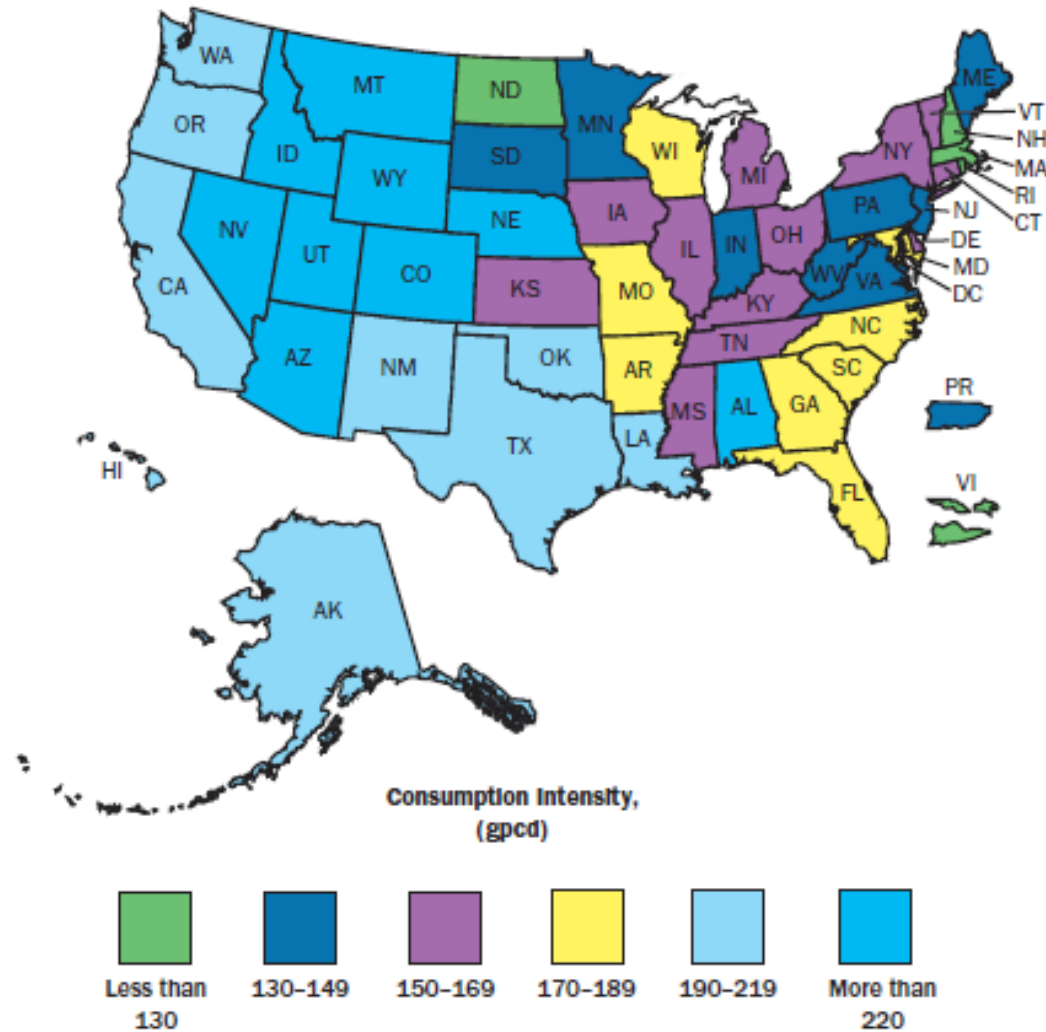


εστιατόρια



Πρόβλεψη

Μακροχρόνια (10-40 χρόνια)	Αναγκαία για έργα υποδομών (π.χ. ύδρευση , αποχέτευση κλπ), ακατέργαστο νερό (αξιοποίηση υδατικών πόρων)
Μεσοπρόθεσμη (έτη-δεκαετία)	Βελτίωση αστικών υποδομών (ύδρευση αποχέτευση), επενδύσεις
Πρόβλεψη βραχύ χρόνου	Προϋπολογισμός, παρακολούθηση προγραμμάτων και αξιολόγηση, πρόβλεψη εσόδων
Ώρες πολύ μικρής διάρκειας, ημέρες, εβδομάδες	Βελτιστοποίηση, διαχείριση συστήματος για έως και δύο εβδομάδες λειτουργίας, βέλτιστη λειτουργία άντλησης



Source: Hutson et al. 2004.

Figure 2-1 Per Capita Water Usage in the United States in 2000

U.S.: κατανάλωση ανά κάτοικο ανά ημέρα, ακατάλληλο για Ελλάδα
Bruce Billings
Clive V. Jones, 2008

Έτος	Λίτρα/Έτος	Λίτρα/Κάτοικο/Ημέρα
2001	101155000	292
2002	78536000	226
2003	85776000	247
2004	78539000	227
2014	74885000	280

Η κατανάλωση είναι σχετικά μεγάλη για τόσο μικρό πληθυσμό ωστόσο τα νούμερα δικαιολογούνται λόγω μικροαρδεύσεων (Χλωρός, 2020).

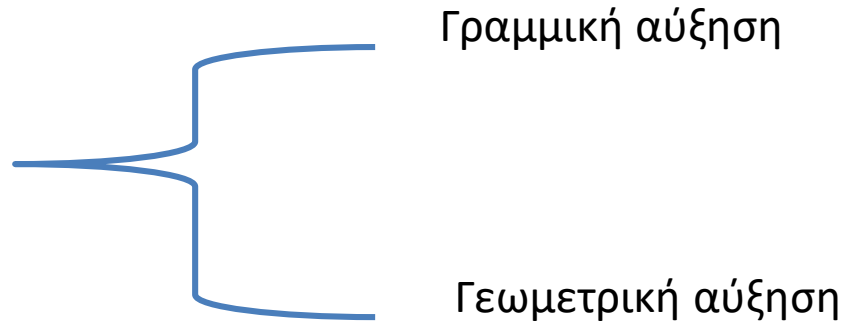
μέτρα διαχείρισης της ζήτησης νερού για αστικές χρήσεις

Τα κύρια μέτρα διαχείρισης της ζήτησης νερού για αστικές χρήσεις είναι τα ακόλουθα:

- Μείωση των απωλειών νερού:
 - Πραγματικές (θραύση αγωγών, διήθηση, εξάτμιση στο εξωτερικό υδραγωγείο)
 - Φαινόμενες (Παράνομες συνδέσεις , Λάθη μετρήσεων)
- Τιμολόγηση νερού
- Διοικητικά και θεσμικά μέτρα
- Ενημέρωση και εκπαίδευση των χρηστών νερού
- Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων (βλ. κυκλική οικονομία)

Πρόβλεψη πληθυσμού

- Βραχυχρόνια:



- Μακροχρόνια: λογιστική καμπύλη ή φθίνοντος ρυθμού αύξησης

ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΟΙΚΙΣΜΟΥΣ /Πληθυσμιακή εξέλιξη (Α)

1. Γραμμική Αύξηση

$$\beta = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \text{σταθ}, \quad P_v = P_0 + \beta v$$

π.χ $\alpha = 5000$ κατ / έτος

Έτος	Πληθ.
0	P_0
1	$P_0 + \beta$
2	$P_0 + \beta + \beta$
...	
n	$P_0 + v \beta$

ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΟΙΚΙΣΜΟΥΣ /Πληθυσμιακή εξέλιξη (B)

2. Γεωμετρική αύξηση

$$P_v = P_0(1+\gamma)^v, \gamma \geq 0.01, \frac{\Delta P}{\Delta t} = \gamma P, \Delta t \text{ \textit{\textepsilon}τη}$$

ρ ποσοστό ετήσιας αύξησης (π.χ $\gamma = 0.02$ ή 2%)

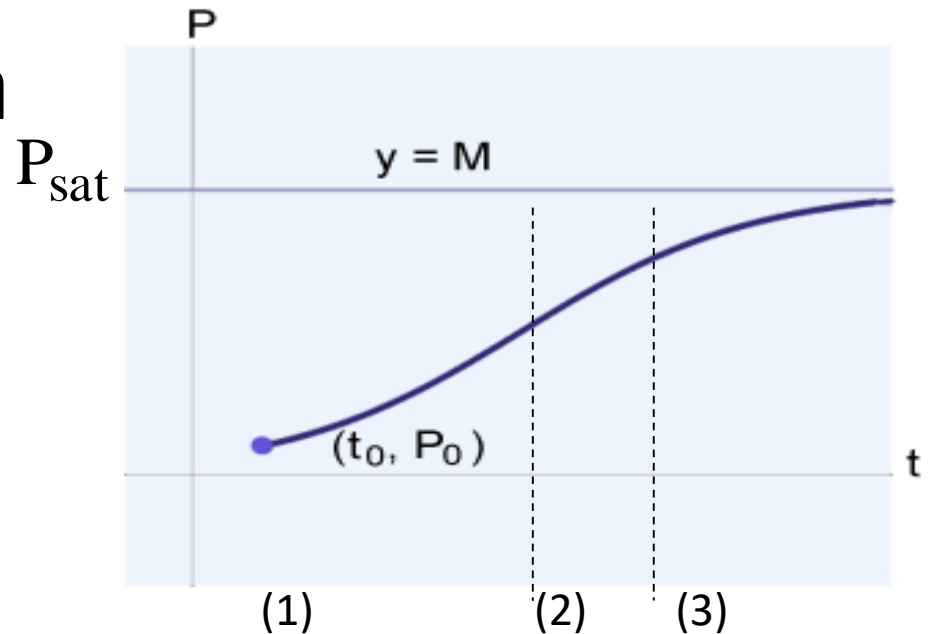
<i>Έτος</i>	<i>Πληθ.</i>
0	P_0
1	$P_0 + \gamma P_0 = P_0(1+\gamma)$
2	$(P_0(1+\gamma)) + (P_0(1+\gamma))\gamma = P_0(1+\gamma)(1+\gamma) = P_0(1+\gamma)^2$
3	$(P_0(1+\gamma^2) + (P_0(1+\gamma)^2)\gamma = P_0(1+\gamma)^2(1+\gamma) = P_0(1+\gamma)^3$
...	
n	$P_v = P_0(1+\gamma)^v$

ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΟΙΚΙΣΜΟΥΣ

Πληθυσμιακή εξέλιξη(Γ)

3. Λογιστική καμπύλη

$$P_v = \frac{P_{sat}}{1 + ce^{-bv}}$$



ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΟΙΚΙΣΜΟΥΣ

Πληθυσμιακή εξέλιξη(Δ)

4. Φθίνοντος ρυθμού αύξησης

$$P_v = P_o + (P_{sat} - P_o)(1 - e^{\lambda n})$$

Έννοια του πληθυσμού κορεσμού

Τρεις η παραπάνω μετρήσεις

ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΟΙΚΙΣΜΟΥΣ

Πληθυσμιακή εξέλιξη(E)

5. Φθίνουσα εξέλιξη

$\alpha < 0 \rightarrow$ (ποτέ) $\alpha = 0$, πληθυσμός σταθερός

6. Χωροταξικά Μοντέλα

Εκτίμηση αστικής ζήτησης νερού (1)

- Με βάση την **πρόβλεψη του πληθυσμού** και την **κατανάλωση ανά άτομο**
- Με βάση ένα μοντέλο **πολλών μεταβλητών**. Ζητούμενο η αστική ζήτηση νερού. Ανεξάρτητες μεταβλητές: π.χ. πληθυσμός (+), θερμοκρασία (+), τιμή (-), κ.ά και σενάρια για τις μελλοντικές τιμές των παραπάνω μεγεθών
- **Με χρονοσειρές**, ωστόσο διατηρούνται οι στατιστικές ιδιότητες του δείγματος, κατάλληλο για βραχυπρόθεσμη πρόβλεψη
- Αβεβαιότητα...

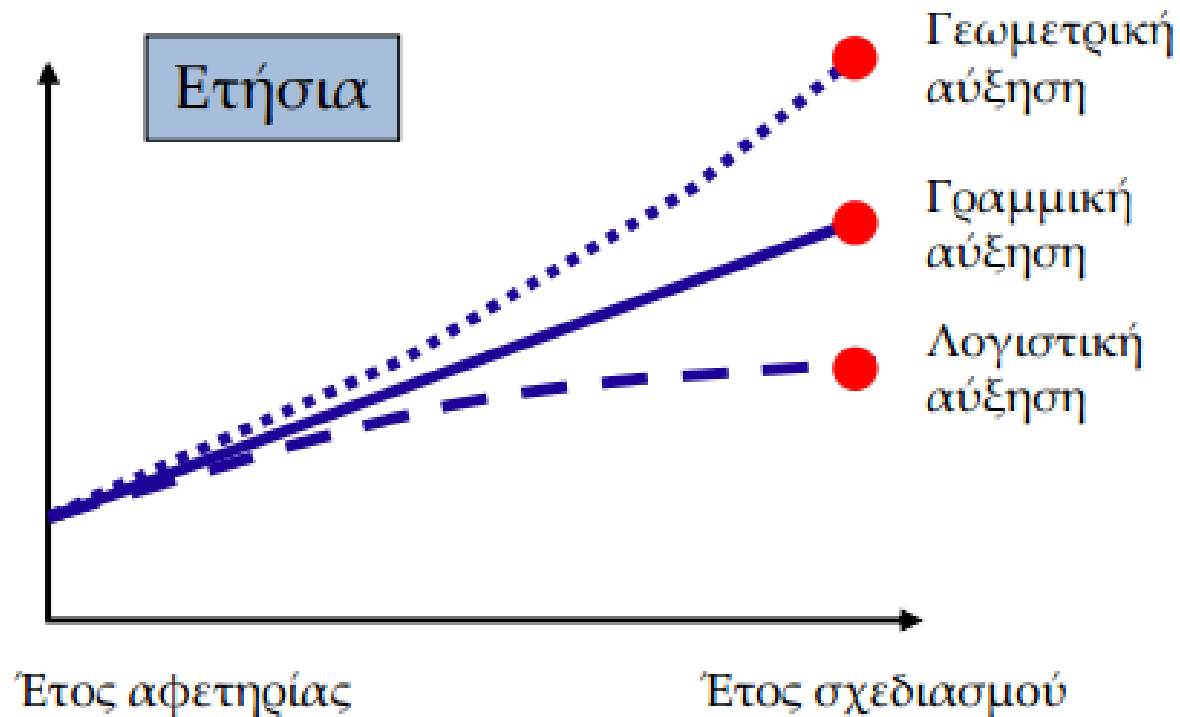
Νέα ιδέα

- Παροχή ανά μονάδα επιφανείας και όχι ανά κάτοικο, κατάλληλο για χώρες με χωροταξικό, με τήρηση των χρήσεων γης, με σταθερή βιομηχανική ανάπτυξη.

Εκτίμηση αστικής ζήτησης νερού (2)

- Ζήτηση νερού, οικονομικό μέγεθος δεν ταυτίζεται κατ'ανάγκη με τις ανάγκες νερού
- Εξαρτάται από την τιμή του νερού και όχι μόνο
- Πρόβλεψη πληθυσμού, σενάρια
- Εξαγωγή συναρτησιακής σχέσης μεταξύ αστικής ζήτησης νερού (εξαρτημένη μεταβλητή) και άλλων μεταβλητών (π.χ. τιμή, πληθυσμός, υδρολογικά χαρακτηριστικά, οικονομικά χαρακτηριστικά κ.ά)
- Συνήθως: Μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης
- Προσδιορισμός της ζήτησης νερού με βάση το μοντέλο παλινδρόμησης και την πρόβλεψη του πληθυσμού
- Έμφυτη αβεβαιότητα στη διαδικασία.

Σενάρια αύξησης πληθυσμού (Κουτσογιάννης και Ευστρατιάδης, 2014)



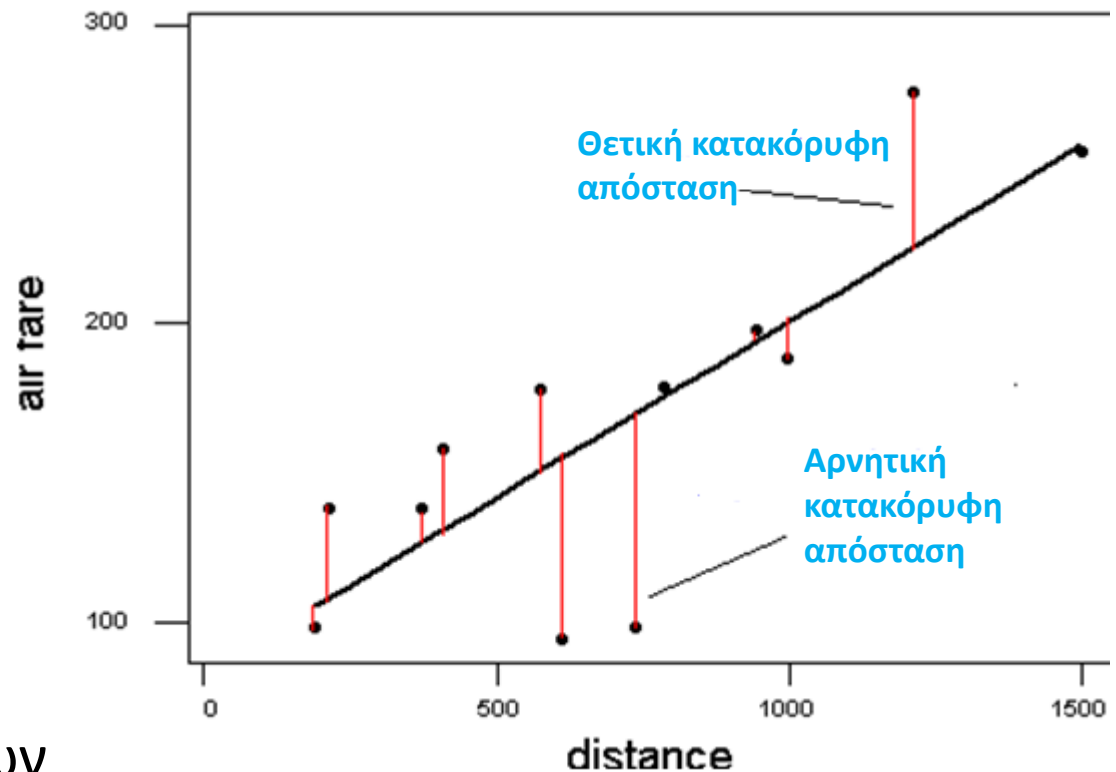
Πρόβλεψη αστικής ζήτησης νερού

- *Μοντέλο της πολλαπλής παλινδρόμησης προκειμένου να προσδιορισθεί η ζήτηση νερού. Ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:*
 - *Ανάπτυξη σεναρίου (ή σεσάρια) πρόβλεψης μελλοντικού πληθυσμού.*
 - *Ανάπτυξη μοντέλου πολλαπλής παλινδρόμησης για το συνολικό προσδιορισμό της ζήτησης νερού (Τσακίρης, 2005), έλεγχος συσχέτισης και στατιστικής υπόθεσης (Ναλμπάντης, 2007). Στο μοντέλο ο πληθυσμός είναι μία μεταβλητή όχι η μοναδική. Π.χ. θα έχω ανεξάρτητες μεταβλητές, τον πληθυσμό, κλιματικές συνθήκες (π.χ. θερμοκρασία), εισοδηματικές, τιμή νερού ανά κυβικό, πυκνότητα πληθυσμού ανά τετραγωνικό κ.ά*
 - *Για διάφορα σεσάρια κλιματικών, κοινωνικο-οικονομικών εξελίξεων (π.χ. πληθυσμός, μέσο ετήσιο εισόδημα) αλλά και στρατηγικών διαχείρισης νερού (π.χ. τιμολόγηση νερού) προσδιορίζεται η ζήτηση νερού.*

Συμβατική γραμμική παλινδρόμηση

Επιλογή γραμμής παλινδρόμησης

- Σφάλμα κατακόρυφη απόσταση = $(Y - Y')$
 - Θετικό ή αρνητικό
- Γραμμή παλινδρόμησης,
$$Y' = \beta_0 + \beta_1 X$$
- Βέλτιστη γραμμική λύση όταν τα α και β ελαχιστοποιούν το άθροισμα των τετραγώνων του σφάλματος $\sum(Y - Y')^2$



Ανάλυση ισχύος της ανάλυσης
με βάση τη στατιστική και
γενίκευση των αποτελεσμάτων
Βασική μέθοδος:
Βελτιστοποίηση χωρίς
περιορισμούς

$$\text{minimize } D = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 =$$

$\hat{a}_0, \dots, \hat{a}_n$

$$= \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 =$$

$$\sum_{i=1}^n \left(y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \dots - \hat{\beta}_j x_{ij} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ik} \right)^2$$

k αριθμός
ανεξάρτητων
μεταβλητών
i δεδομένο
έως n

Μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (βελτιστοποίηση χωρίς περιορισμούς) (1)

$$\text{Minimize } D = \sum_{i=1}^n \epsilon_i^2$$

$\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$

$$= \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

$$= \sum_{i=1}^n [y_i - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_{i1} + \dots + \hat{\beta}_k x_{ik})]^2$$

Ελαχιστοποίηση: η μερική παράγωγος του $\sum(Y - Y')^2$ ως προς β_0 και β_1 είναι μηδέν

1 μεταβλητή ανεξάρτητη

$$\Leftrightarrow \frac{\partial \left(\sum_{i=1}^n [(y_i - \hat{\beta}_1 x_i - \hat{\beta}_0)^2] \right)}{\partial \hat{\beta}_0} = 0 \Leftrightarrow$$

$$\sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial (y_i - \hat{\beta}_1 x_i - \hat{\beta}_0)^2}{\partial \hat{\beta}_0} \right] = 0 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial (y_i - \hat{\beta}_1 x_i - \hat{\beta}_0)^2}{\partial (y_i - \beta x_i - \hat{\beta}_0)} \cdot \frac{\partial (y_i - \beta x_i - \hat{\beta}_0)}{\partial \hat{\beta}_0} \right] = 0 \Leftrightarrow$$

$$\sum_{i=1}^n \left[2(y_i - \hat{\beta}_1 x_i - \hat{\beta}_0) \cdot (-1) \right] = 0 \Leftrightarrow$$

$$\frac{\partial \square}{\partial x} = \frac{\partial \square}{\partial \beta} \frac{\partial \beta}{\partial x}$$

π.χ.

$$\frac{\partial \square^2}{\partial x} = \frac{\partial \square^2}{\partial \square} \frac{\partial \square}{\partial x} = 2\square \cdot \frac{\partial \square}{\partial x}$$

(βελτιστοποίηση χωρίς περιορισμούς)

Στο ακρότατο θα μηδενίζονται όλοι οι μερικοί παράγωγοι,

μεταβλητές: οι συντελεστές παλινδρόμησης
(2)

$$\left[\frac{\partial D}{\partial \beta_0} \right]_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \dots - \hat{\beta}_k x_{ik}) = 0$$

$$\left[\frac{\partial D}{\partial \beta_j} \right]_{\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_{i1} - \dots - \beta_k x_{ik}) x_{ij} = 0,$$

Επομένως καταλήγω στο παρακάτω σύστημα

$$\begin{array}{r}
 n\hat{\beta}_0 + \sum_{i=1}^n x_{i1}\hat{\beta}_1 + \sum_{i=1}^n x_{i2}\hat{\beta}_2 + \dots + \sum_{i=1}^n x_{ik}\hat{\beta}_k = \sum_{i=1}^n y_i \\
 \sum_{i=1}^n x_{i1}\hat{\beta}_0 + \sum_{i=1}^n x_{i1}^2\hat{\beta}_1 + \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{i2}\hat{\beta}_2 + \dots + \sum_{i=1}^n x_{i1}x_{ik}\hat{\beta}_k = \sum_{i=1}^n y_i x_{i1} \\
 \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \qquad \qquad \qquad \vdots \\
 \sum_{i=1}^n x_{ik}\hat{\beta}_0 + \sum_{i=1}^n x_{ik}x_{i1}\hat{\beta}_1 + \sum_{i=1}^n x_{ik}x_{i2}\hat{\beta}_2 + \dots + \sum_{i=1}^n x_{ik}^2\hat{\beta}_k = \sum_{i=1}^n y_i x_{ik}
 \end{array}$$

Σε μητρική μορφή ορίζονται (4)

$$y = X\beta + \epsilon$$

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix}$$

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad \epsilon = \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{bmatrix}$$

Επομένως καταλήγω στο παρακάτω σύστημα (Mays and Tung, 1992) (5)

i, j, \dots, κ και $j = 1, 2, \dots, \kappa$.

In matrix form, the normal equations (6.3.12) can be expressed as

$$(\mathbf{X}^T \mathbf{X}) \hat{\boldsymbol{\beta}} = \mathbf{X}^T \mathbf{y} \quad (6.3.13)$$

in which T indicates the transpose of a matrix or a vector. Equation (6.3.13) can be solved for $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ to obtain the following mathematical expression of the ordinary least square regression coefficients,

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y} \quad (6.3.14)$$

in which $\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k)^T$. The $(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1}$ is a square symmetric $(k + 1) \times (k + 1)$ matrix whose inverse always exists if the independent variables are linearly independent; that is, no column of the \mathbf{X} matrix is a linear combination of the other columns.

ΤΕΛΟΣ

Μη γραμμική παλινδρόμηση

- Βοηθητικές μεταβλητές $y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \dots + \beta_j x_j^K$
- Μη χρήση στατιστικής

- Συντελεστής R^2

$$E' = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{SS_e}{S_{yy}}$$

- Συντελεστής R^2 (προσαρμοσμένου)
- Πρόβλημα υπερ-εκπαίδευσης ή υποεκπαίδευσης

Η Στατιστική στην Παλινδρόμηση αξιοποιείται για το υπολογισμό του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης του Pearson (r) και το συντελεστή προσδιορισμού (R^2)

$$r = \frac{\text{covariance}(x, y)}{\sqrt{\text{var } x} \sqrt{\text{var } y}}$$

εκτίμηση :

$$\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n-1}$$

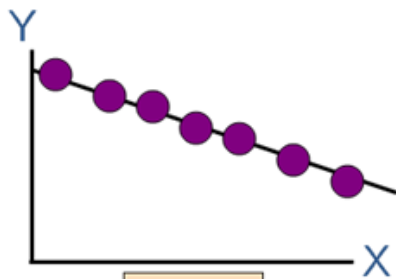
$$\hat{r} = \frac{n-1}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}}$$

➤ Συντελεστής Pearson (r)

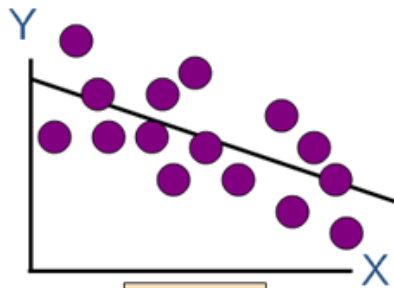
$$r = \frac{\sum x_i y_i - (\sum x_i) \cdot (\sum y_i)}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \cdot \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

Μέτρο που αποτιμά το βαθμό συγκέντρωσης των σημείων του διαγράμματος διασποράς γύρω από την ευθεία της παλινδρόμησης

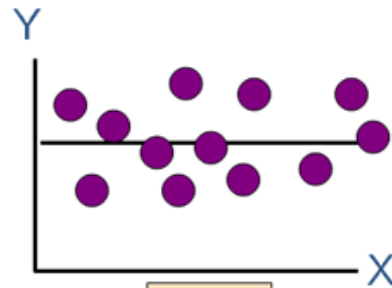
Συντελεστής Συσχέτιση r
(πιο σωστά γραμμικής)



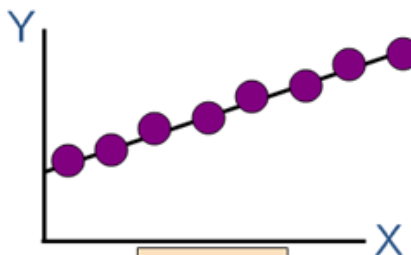
$\rho = -1$



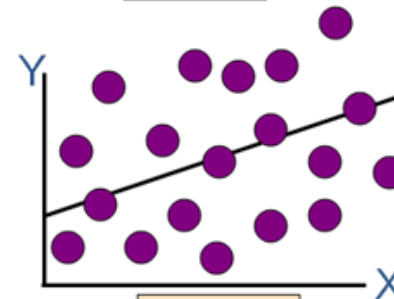
$\rho = -.6$



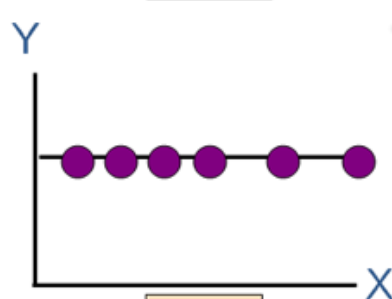
$\rho = 0$



$\rho = +1$



$\rho = +.3$



$\rho = 0$

Μεταξύ 2
μεταβλητών

Ο συντελεστής αποδοτικότητας (ή προσδιορισμού) R^2 (Nash and Sutcliffe, 1970)

ορίζεται ως η αφαίρεση από τη μονάδα του αθροίσματος της διαφοράς των τετραγώνων μεταξύ των υπολογισμένων και των παρατηρούμενων δεδομένων προς τη διασπορά των παρατηρούμενων δεδομένων (Krause et al. 2005):

$$E' = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{SS_e}{S_{yy}}$$

Πολλές ανεξάρτητες μεταβλητές X (πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση)

όπου

$$SS_e = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

η ποσότητα που μετράει την έλλειψη προσαρμογής μεταξύ των υπολογισμένων και παρατηρούμενων παρατηρήσεων

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

το ολικό άθροισμα των τετραγώνων της απόστασης της εξαρτημένης μεταβλητής από τη μέση τιμή της.

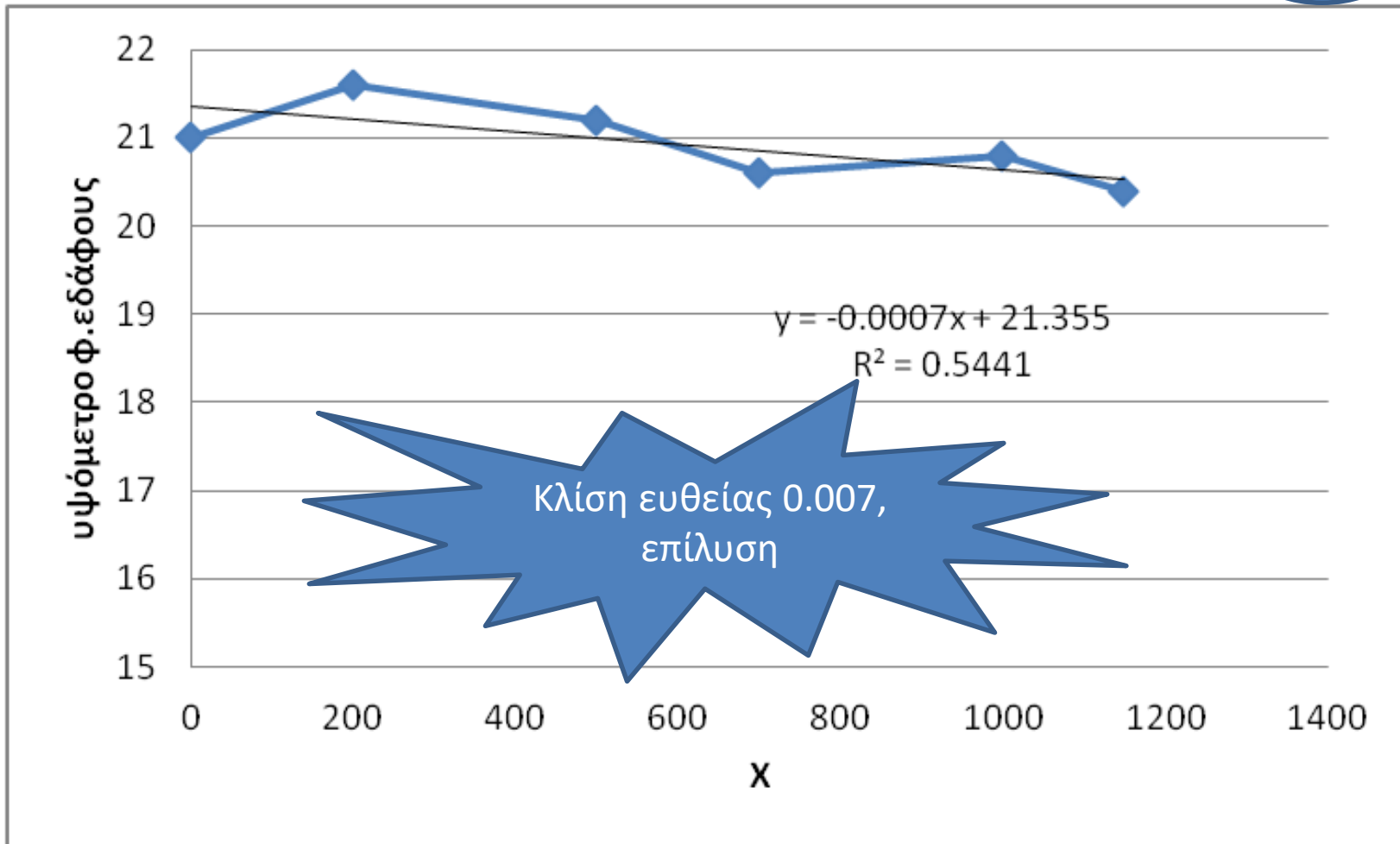
Ο αριθμητής του λόγου πρέπει να είναι σημαντικά μικρότερος από τον παρανομαστή

Παράδειγμα εφαρμογής

Επιλογή κλίσης πυθμένα:
κατά το δυνατόν του εδάφους:
γραμμική παλινδρόμηση για τον
προσδιορισμό της μέσης κλίσης του
εδάφους

Εύρεση μέσης κλίσης με γραμμική παλινδρόμηση

Θέμα



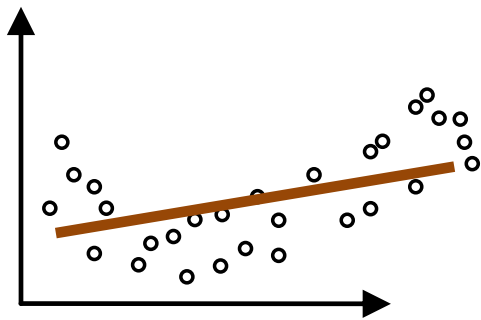
Μη γραμμική παλινδρόμηση

- Βοηθητικές μεταβλητές $y_j = a_0 + a_1x_j + \dots + a_nx_j^n$
- Μη χρήση στατιστικής

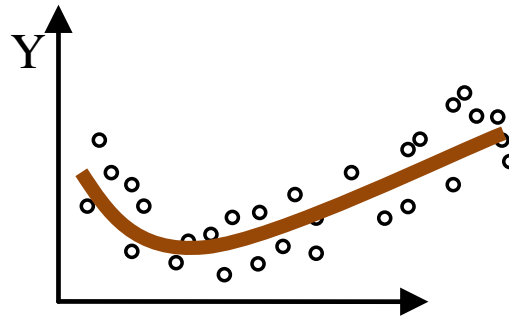
- Συντελεστής R^2

$$E' = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y}_i)^2} = 1 - \frac{SS_e}{S_{yy}}$$

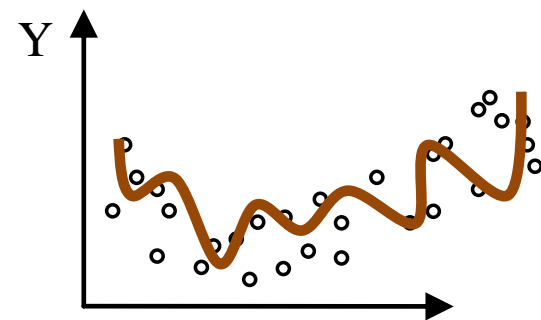
- Συντελεστής R^2 (προσαρμοσμένου)
- Πρόβλημα υπερ-εκπαίδευσης ή υποεκπαίδευσης



(a) undertraining



(b) balanced approach



(c) overtraining

Figure 1: Fitting the best curve for polynomial regression

Από τον ορισμό του συντελεστή προσδιορισμού προκύπτει ότι η προσθήκη μιας επιπλέον ανεξάρτητης μεταβλητής οδηγεί **πάντοτε** στην αύξηση του ποσοστού της μεταβλητότητας της εξαρτημένης μεταβλητής που προσδιορίζεται από τις ανεξάρτητες, επομένως σε αύξηση του συντελεστή προσδιορισμού. Ωστόσο, κάθε επιπλέον ανεξάρτητη μεταβλητή μειώνει κατά έναν τους **βαθμούς ελευθερίας**²⁷. Συνεπώς θα πρέπει να αποτιμηθεί σε ποιο βαθμό η αύξηση της τιμής του συντελεστή προσδιορισμού είναι σημαντική ώστε να δικαιολογεί την απώλεια ενός βαθμού ελευθερίας. Η προσθήκη πολλών ανεξάρτητων μεταβλητών μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της τιμής του R^2 που ωστόσο δεν θα έχει αξία διότι ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών θα είναι πολύ υψηλός σε σχέση με το μέγεθος του δείγματος. Για το λόγο αυτό πολύ συχνά χρησιμοποιείται ο **διορθωμένος συντελεστής προσδιορισμού** (adjusted coefficient of determination) \bar{R}^2 (adjusted R-Square) που λαμβάνει υπόψη του την απώλεια των βαθμών ελευθερίας και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{SS_{res}/(n-1)}{SS_{tot}/(n-p-1)} = 1 - (1-R^2) \cdot \frac{n-1}{n-p-1} = R^2 - (1-R^2) \cdot \frac{p}{n-p-1} \quad (7.11)$$

όπου n το μέγεθος του **δείγματος**²⁸ και p ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Εκτιμημένο Μοντέλο Παλινδρόμησης

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_k X_k$$

όπου : \hat{Y} = προβλεφθε ίσα τιμή της Y

b_0 = εκτίμηση της σταθεράς της παλινδρ όμησης

b_1 = εκτίμηση του συντελεστ ή 1 της παλινδρ όμησης

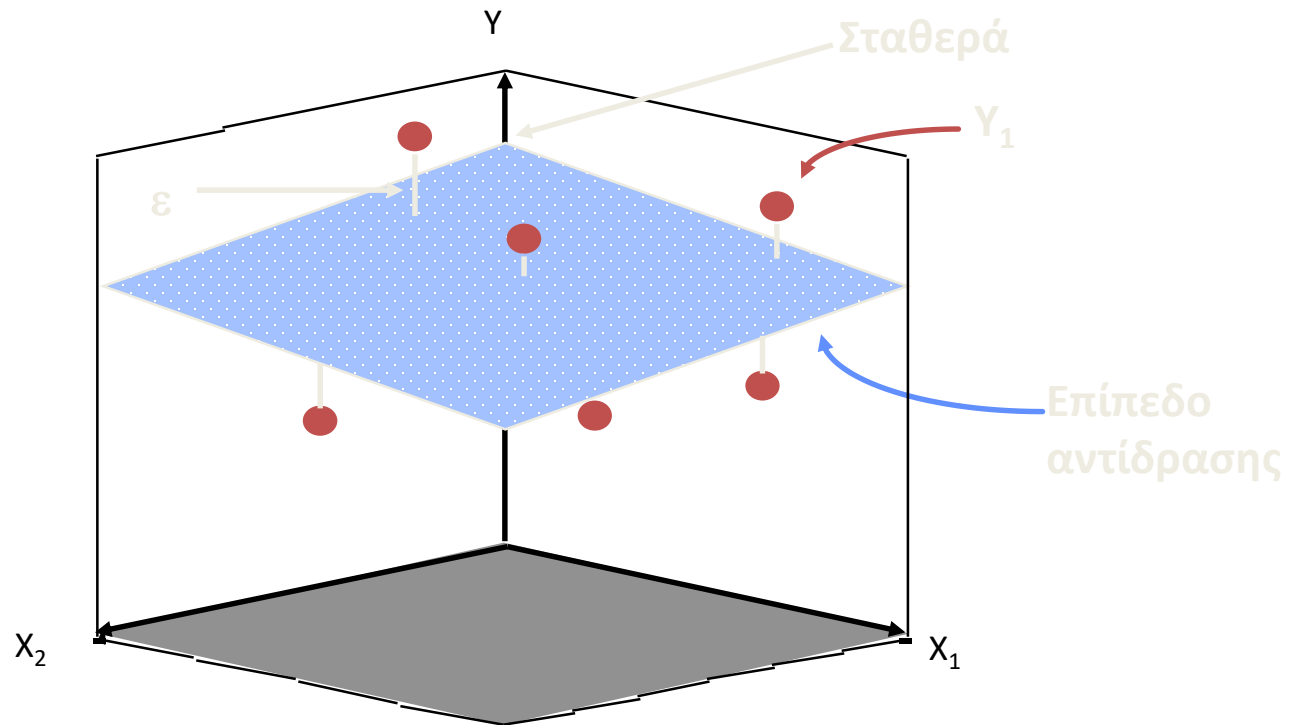
b_2 = εκτίμηση του συντελεστ ή 2 της παλινδρ όμησης

b_3 = εκτίμηση του συντελεστ ή 3 της παλινδρ όμησης

b_k = εκτίμηση του συντελεστ ή k της παλινδρ όμησης

k = αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητ ών

Επίπεδο αντίδρασης για ένα μοντέλο πολλαπλής παλινδρόμησης πρώτης τάξης, δυο ανεξάρτητων μεταβλητών



- Modelling of demand

$$Q = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) + u$$

Linear: $Q = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + \dots + a_nX_n + u$

Logarithmic: $\ln Q = b_0 + b_1 \ln X_1 + b_2 \ln X_2 + b_3 \ln X_3 + \dots + b_n \ln X_n + u$

Semi-logarithmic: $Q = c_0 + c_1 \ln X_1 + c_2 \ln X_2 + c_3 \ln X_3 + \dots + c_n \ln X_n + u$

Βιβλίο2 - Microsoft Excel

Κεντρική Εισαγωγή Διάταξη σελίδας Τύποι **Δεδομένα** Αναθεώρηση Προβολή Acrobat

Από την Access Από το Web Από κείμενο Από άλλες προελεύσεις Υπάρχουσες συνδέσεις

Λήψη εξωτερικών δεδομένων

Ανανέωση όλων Σύνδεσεις

Ιδιότητες Επεξεργασία συνδέσεων Σύνδεσεις

Απολοιφή Νέα εφαρμογή Για προ... Ταξινόμηση & φιλτράρισμα

Κ7 fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8	38885	0.24	788	4572923						
9	39607	0.26	630	4958822						
10	41431	0.28	645	4901240						
11	42662	0.29	746	5098086						
12	43974	0.3	636	5228509						
13	45335	0.31	605	5408442						
14	46802	0.32	552	5957869						
15	48285	0.34	528	6088739						
16	50006	0.3	632	6075706						
17	51437	0.33	617	6131266						
18										
19										
20										
21										

Εξελ, δεδομένα, παλινδρόμηση,,,,

Ανάλυση δεδομένων

Εργαλεία ανάλυσης

- Έλεγχος F των διακυμάνσεων δύο δειγμάτων
- Ανάλυση Fourier
- Ιστόγραμμα
- Κυλιόμενος μέσος
- Γεννήτρια τυχαίων αριθμών
- Τάξη και εκατοστημόρια
- Παλινδρόμηση**
- Δειγματοληψία
- Έλεγχος t του μέσου δύο δειγμάτων συσχετισμένων ζευγών
- Έλεγχος t δύο δειγμάτων με υποθέμενες ίσες διακυμάνσεις

OK Ακυρο Βοήθεια

Κεντρική Εισαγωγή Διάταξη σελίδας Τύποι Δεδομένα Αναθεώρηση Προβολή Acrobat

Calibri 11

Αναδίπλωση κειμένου

Συγχώνευση και στοίχιση στο κέντρο

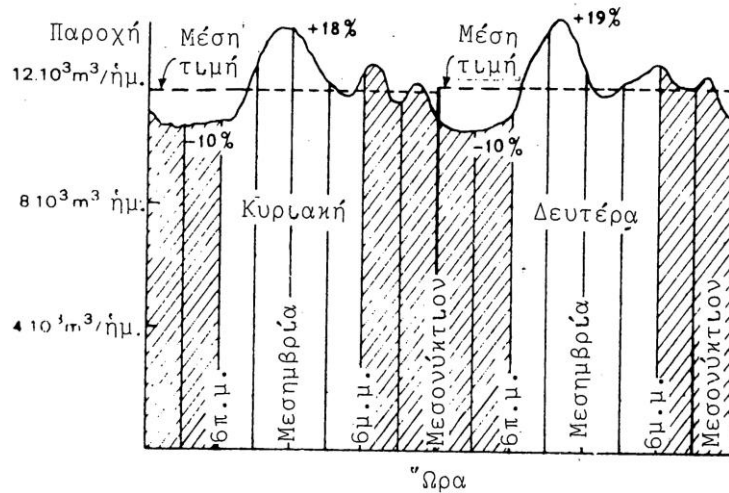
Γενική

Αριθμός

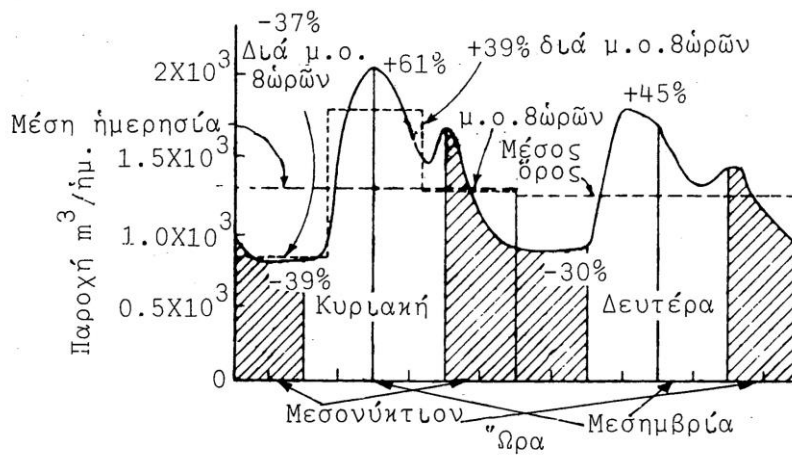
A16		fx								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ΕΞΟΔΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΟΣ									
2										
3	Στατιστικά παλινδρόμησης									
4	Πολλαπλό R	0.981603145								
5	R Τετράγωνο	0.963544735								
6	Προσαρμοσμένο R Τετρα	0.945317102								
7	Τυπικό σφάλμα	135172.1458								
8	Μέγεθος δείγματος	10								
9										
10	ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ									
11		<i>βαθμοί ελευθερίας</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>αντικότητα F</i>				
12	Παλινδρόμηση	3	2.9E+12	9.66E+11	52.86176	0.000105				
13	Υπόλοιπο	6	1.1E+11	1.83E+10						
14	Σύνολο	9	3.01E+12							
15										
16		<i>Συντελεστές</i>	<i>τυπικό σφάλ</i>	<i>t</i>	<i>τιμή-P</i>	<i>πώτερο 95%</i>	<i>ηλότερο 95%</i>	<i>πώτερο 95%</i>	<i>ηλότερο 95%</i>	<i>0.0%</i>
17	Τεταγμένη επί την αρχή	1863385.879	1201633	1.550711	0.171951	-1076904	4803676	-1076904	4803676	
18	Μεταβλητή X 1	115.9277085	21.51597	5.387984	0.001683	63.28002	168.5754	63.28002	168.5754	
19	Μεταβλητή X 2	-1273023.847	3778420	-0.33692	0.74765	-1.1E+07	7972438	-1.1E+07	7972438	
20	Μεταβλητή X 3	-1946.408953	936.0221	-2.07945	0.082798	-4236.77	343.9546	-4236.77	343.9546	
21										
22										
23										
24										
25										

Υποπρόβλημα Ύδρευσης

- Πρόβλεψη πληθυσμού
- Μέση ημερήσια
- **Μέγιστη ωριαία (ή μέγιστη ημερήσια σε εξωτερικό υδραγωγείο) και μόνιμη ροή για σωλήνες, προσοχή όχι γενικά στη ΔΥΠ**



Σχήμα 5.4.1. Μεταβολή της παροχής εις κύριον άγωγόν ύδρευσεως μεγάλης βιομηχανικής πόλεως (12).



Σχήμα 5.4.2. Χαρακτηριστικά μεταβολάι ύδατοκαναλώσεως μικρών μή βιομηχανικών πόλεων (12).

(Παρθενιάδης, 1981)

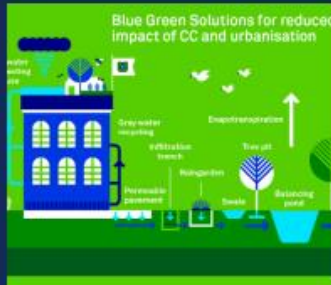
ΝΕΩΤΕΡΕΣ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ

Διαχείριση Αστικού Νερού

- Παλιά αντίληψη:
 - δίκτυα ύδρευσης/αποχέτευσης ακαθάρτων/δίκτυα ομβρίων και έντονα τροποποιημένα υδατορέματα.
 - Αυτόνομη μεμονωμένη μελέτη
- Νεότερη αντίληψη:
 - Συστημική προσέγγιση
 - Ανακύκλωση
 - παραγωγή ενέργειας
 - πολλαπλές λειτουργίες (π.χ. πάρκο αναψυχής),
 - διαχείριση της ζήτησης

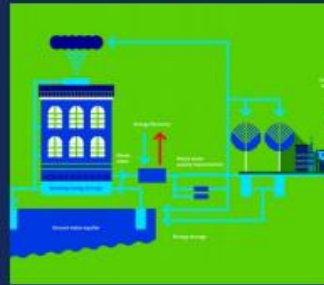
Αλλάζοντας τον ρόλο των υποδομών: μια κατανομημένη προσέγγιση στη διαχείριση αστικού νερού

Πάρκο ή Αντιπλημμυρικό;



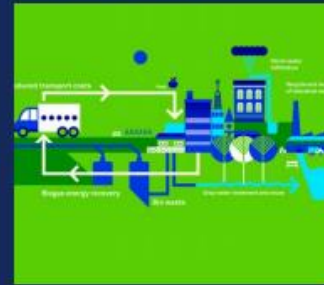
Ολοκληρωμένες λύσεις όπου μπλε και πράσινες υποδομές χρησιμοποιούνται για τη μείωση των πλημμυρικών επιπτώσεων και την αύξηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών.

Υδροφόρος ή Δεξαμενή;



Εκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων όχι απλά ως έναν υδατικό πόρο αλλά και ως ένα τρόπο αποθήκευσης νερού και ενέργειας (και χρήσης τους ως ΑΠΕ!)

Λύμα ή Πόρος;



Μετασχηματίζοντας τα απόβλητα σε πόρους. Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων ή

- μονάδα παραγωγής ενέργειας;
- εργοστάσιο παραγωγής λιπασμάτων;
- εργοστάσιο παραγωγής ενεργού άνθρακα;

Μαρκόπουλος,
Διαχείριση Αστικού Νερού:
Μια διαφορετική ματιά στις υποδομές και τις υπηρεσίες αστικού νερού

Αρδευτικές Ανάγκες σε νερό

- Με βάση τη (δυναμική) εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας (δλδ θεωρώντας απεριόριστη διαθεσιμότητα νερού), ET_c (mm/ημέρα)
- Εξατμισοδιαπνοή (δυναμική) καλλιέργειας αναφοράς: η δυναμική εξατμισοδιαπνοή (με επάρκεια νερού), ομοιόμορφο γρασίδι ύψους 8 έως 15 cm, ET_0 (mm/ημέρα)
- $ET_c = K_c ET_0$
- K_c φυτικός συντελεστής (πίνακες) ανά μήνα και για κάθε καλλιέργεια
- Βασικός παράγοντας: θερμοκρασία (και όχι μόνο)
- Υδατικό ισοζύγιο: Αφαιρείτε η ενεργός βροχόπτωση, για τη χώρα μας έχει μικρές τιμές στην αρδευτική περίοδο (η ενεργός βροχόπτωση effective rainfall- δηλαδή η ποσότητα βροχής που κατεισδύει και δε γίνεται επιφανειακή απορροή)
- Λαμβάνεται υπόψη η απόδοση των δικτύων

«Ελαστικότητα της ζήτησης», συνθήκες ξηρασίας

- Μπορούν να αφήνονται ακαλλιέργητες γεωργικές εκτάσεις με μονοετείς καλλιέργειες (συνδυασμός με αγρανάπαυση) ή να καλλιεργούνται με ξηρικές καλλιέργειες, ενώ το διαθέσιμο νερό πρέπει να διατίθεται στις πολυετείς καλλιέργειες για την αποφυγή ζημιών μεγάλης κλίμακας. Είναι αυτονόητο ότι αυτού του τύπου οι διευθετήσεις πρέπει να συνδυάζονται με κατάλληλο σύστημα γεωργικών ασφαλίσεων και αποζημιώσεων (Κουτσογιάννης, 2014)

Διαχείριση της Αρδευτικής ζήτησης

- Η αρδευτική ζήτηση εξαρτάται κύρια από την θερμοκρασία
- Επιλογή καλλιεργειών
- Εκσυγχρονισμός δικτύων και πρακτικών στις αρδεύσεις (π.χ. αυτοματισμοί)
- Τιμολόγηση νερού
- Συνθήκες ξηρασίας
- Χρήση μη συμβατικών υδατικών πόρων

Παραγωγικότητα νερού

- Όφελος (ή φυσικές μονάδες) (ετήσιο) ανά m^3 νερού (ετήσιο) NB/W, ($\text{€}/ m^3$).
- Εξαρτάται:
 - είδος καλλιέργειας
 - συνθήκες εδάφους και κλίματος στην περιοχή
 - διαθεσιμότητα νερού
 - πρακτική αρδεύσεων
 - οικονομικές πρακτικές
- Διακύμανση παραγωγικότητας νερού ανά περιοχή, αντικειμενικές και υποκειμενικές συνθήκες

Παραγωγικότητα του Νερού

- μεγαλύτερη παραγωγή με λιγότερο νερό (More crop per drop)-

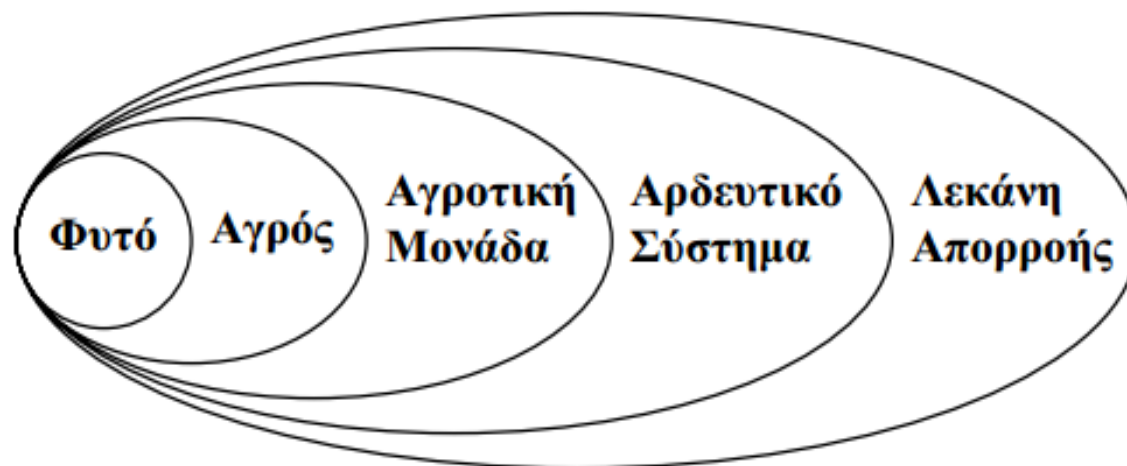
$$WP = \frac{\text{όφελος}}{\text{νερό}}$$

όφελος: σε φυσικούς ή οικονομικούς όρους

νερό: σε μονάδες όγκου νερού

Η κλίμακα επηρεάζει τον τρόπο υπολογισμού

- **Κλίμακες για τον υπολογισμό της παραγωγικότητας του νερού**



Τσακίρης, 2014

Τι πρέπει να γίνει στα αρδευτικά δίκτυα;

- μείωση απωλειών στα δίκτυα
- βελτίωση μεθόδων άρδευσης
- καλύτερα αποτελέσματα με επιστημονική υποστήριξη

Μείωση καταναλώσεων
Αύξηση παραγωγικότητας

κυριότερα μέτρα διαχείρισης της ζήτησης νερού για άρδευση

Τα κυριότερα μέτρα διαχείρισης της ζήτησης νερού για άρδευση είναι:

- Η αύξηση της παραγωγικότητας των αρδευτικών έργων
- Η ανάπτυξη της βέλτιστης σύνθεσης καλλιεργειών
- Η διαχείριση των εδαφικών πόρων
- Η επαναχρησιμοποίηση νερού αποβλήτων (συνήθως των αστικών)

Αύξηση παραγωγικότητας

- Επιλογή του κατάλληλου συστήματος άρδευσης με βάση φυσικά κριτήρια (π.χ. τοπογραφία), την κοινωνική κατάσταση στην περιοχή μελέτης, και τις οικονομικές συνθήκες στην περιοχή
- Κατάλληλες υδραυλικές κατασκευές ρύθμισης της ροής και μετρητικός εξοπλισμός
- Τεχνολογίες μείωσης της εξάτμισης
- Χρήση αυτοματισμών για τον έλεγχο της ροής του νερού σε αρδευτικά συστήματα
- Νομοθετικά μέτρα
- Τιμολόγηση αρδευτικού νερού (είτε με βάση την καλλιεργούμενη έκταση, είτε -το σωστότερο- με βάση τον όγκο του νερού που χρησιμοποιείται)
- Ανακύκλωση
- Διαχείριση αποθεμάτων ταμιευτήρων.

Έπιες εναλλακτικές από περιβαλλοντική σκοπιά

**Μέτρα εξοικονόμησης νερού χωρίς άμεσο
κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος**

- Εκσυγχρονισμός δικτύων ύδρευσης-άρδευσης
- Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων

Τιμολόγηση νερού

Επιλογή καλλιεργειών

Ανακύκλωση

Δείκτης λειψυδρίας Rws

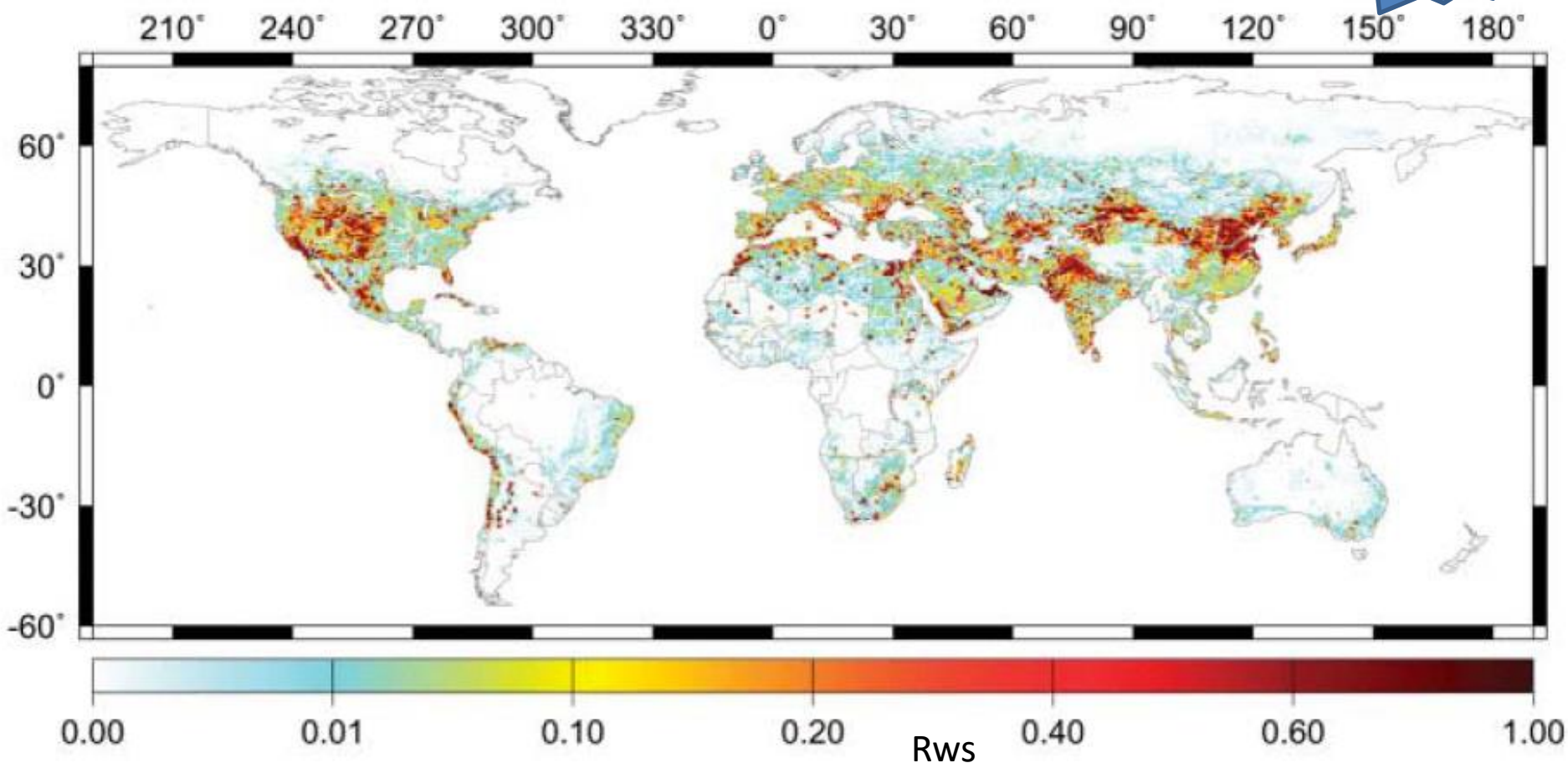
($Rws > 0.4$) = Water Stress

$Rws =$

«απόσυρση (χρήση) νερού– αφαλάτωσης νερό

Ανανεώσιμες ετήσιες ποσότητες νερού

Κατώφλι
40%



Τυπική αστική χρήση νερού

- 100-600L/άτομο/day (υψηλό εισόδημα)
- 50-100L/ άτομο /day (χαμηλό εισόδημα)
- 10-40L/ άτομο /day (σπανιότητα νερού)
 - Προσοχή, δεν χρησιμοποιώ τους πολλαπλασιαστικούς συντελεστές της ύδρευσης (υδραυλική, μέγιστη στιγμιαία)



Λειψυδρία

- Πρώτη αδρομερή εκτίμηση με βάση μέσες τιμές και την κατανάλωση κατ' άτομο.
- Αστική απαίτηση(?):
 - $100\text{L/person/day} = 40\text{m}^3/\text{person/year}$
 - $600\text{L/person/day} = 240\text{m}^3/\text{person/year}$
- Προσθέτω αγροτική ενεργειακή και βιομηχανική χρήση που αντιστοιχεί καθ' άτομο:
 - $20 \times 40\text{m}^3/\text{person/year} = 800\text{m}^3/\text{person/year}$
- Ολικές ανάγκες:
 - $840\text{m}^3/\text{person/year}$
 - $1040\text{m}^3/\text{person/year}$

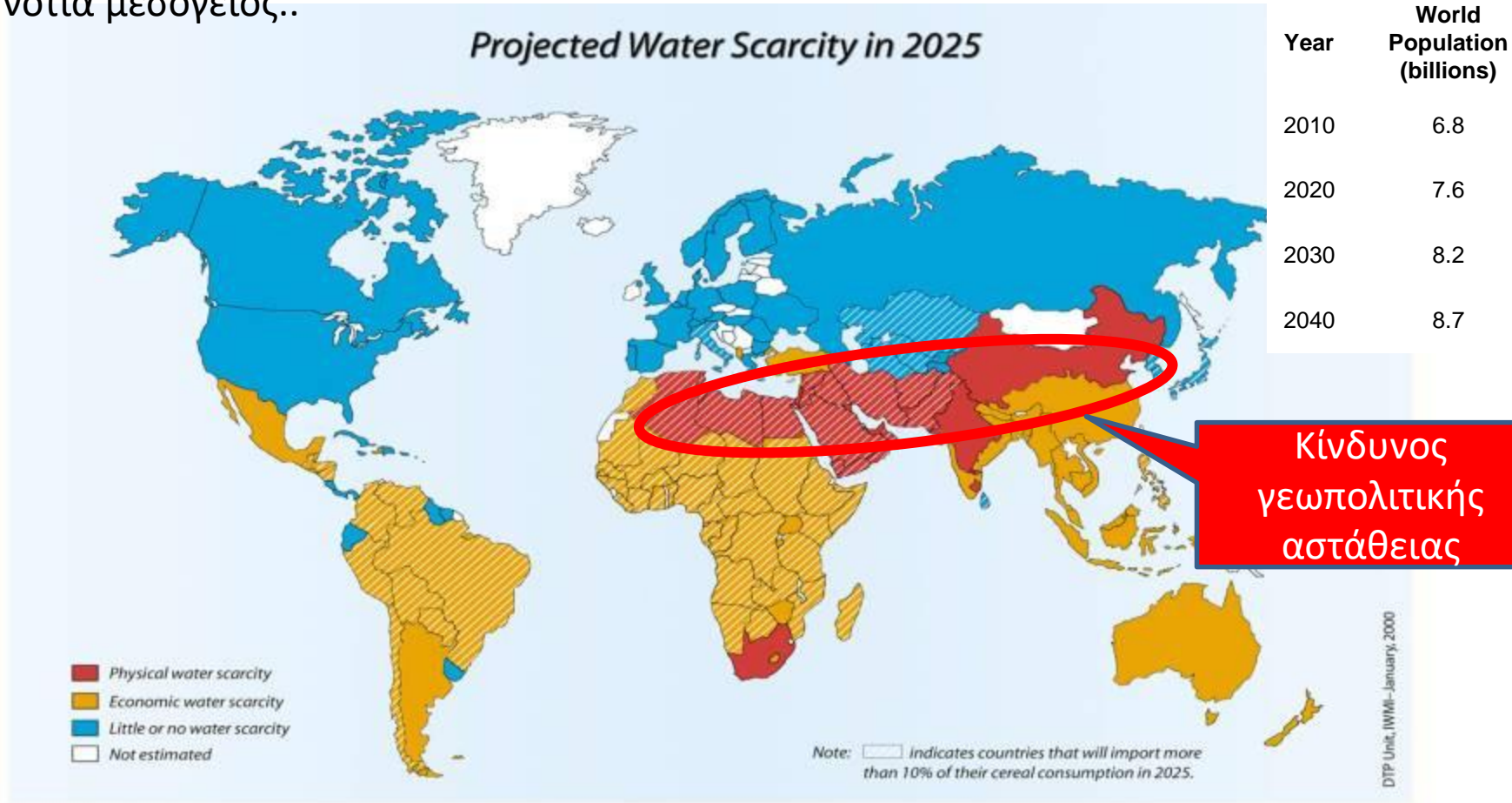
Με βάση τις διαθέσιμες ποσότητες νερού

- **Water scarcity (Λειψυρία):** $<1000 \text{ m}^3 / \text{person}/\text{year}$
 - Χρόνια και εκτεταμένης χωρικής έκτασης προβλήματα
- **Water stress:** $<1700 \text{ m}^3 / \text{person}/\text{year}$
 - Τοπικά προβλήματα
- **Επάρκεια:** $>1700 \text{ m}^3 / \text{person}/\text{year}$

Μεχρι το 2025 κοντά 2 δις
σε περιοχές με απόλυτες
συνθήκες λειψυδρίας

Μέλλον?

Όλη η νότια μεσόγειος..



Κίνδυνος γεωπολιτικής αστάθειας



Prepared by IWMI as input for the World Water Vision, The Hague, March, 2000.

<http://iwmi.org>