

Συστηματική παρακολούθηση της ποσότητας και ποιότητας υδατικών πόρων σαν προϋπόθεση για την εφαρμογή βέλτιστου σχεδιασμού διαχείρισης, προστασίας και αποκατάστασης αυτών

*Νικόλαος Σκουλικίδης - Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων  
Εθνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών*

### **Περίληψη**

Η αειφόρος διαχείριση λεκανών απορροής και η προστασία των επιφανειακών υδατικών πόρων της χώρας απαιτεί γνώση των μηχανισμών που καθορίζουν τη διακύμανση της ποιότητας των επιφανειακών νερών στο χώρο και στο χρόνο. Η εργασία παρουσιάζει τις μεταβολές στη σύσταση των ποτάμιων νερών συναρτήσει του χρόνου, καθώς και τη σχέση μεταξύ της διακύμανσης της παροχής και των σημαντικότερων παραγόντων και διεργασιών που ρυθμίζουν το υδροχημικό καθεστώς των μεγάλων Ελληνικών ποταμών. Για να αποκτήσουμε μία πιο ακριβή και λεπτομερή εικόνα των δραματικών εποχικών και υπερετήσιων υδροχημικών μεταβολών των ελληνικών ποταμών, που κυρίως οφείλονται σε αντίστοιχες υδρολογικές διακυμάνσεις, είναι απαραίτητη η εφαρμογή προγραμμάτων συστηματικής παρακολούθησης των απορροών και της ποιότητας των ποτάμιων συστημάτων της χώρας.

### **Abstract**

The sustainable management of catchments and the protection of water resources requires an understanding of the mechanisms governing the variations in space and time of the water bodies composition. The present paper shows the relationships between river water composition and time as well as the relationships between seasonal discharge fluctuations and the main factors and processes controlling the hydrochemical regime of major Greek rivers. Systematic monitoring programs will be necessary in the future in order to study in detail the dramatic intra-annual, and inter-annual variations in the water composition of the Greek rivers, exhibiting significant hydrological fluctuations.

## **Εισαγωγή**

Η εργασία βασίζεται στα δεδομένα της μελέτης των δέκα μεγαλύτερων ποτάμιων συστημάτων της χώρας (Έβρος-Άρδας, Νέστος-Αρκουδόρεμμα, Στρυμόνας-Κερκίνη-Αγγίτης, Γαλλικός, Αξιός, Αλιάκμονας-Πολύφυτος, Πηνειός, Σπερχειός, Αχελώος-Κρεμαστά και Λούρος), που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του "Διεθνούς Προγράμματος για τα Ποτάμια" των SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment) / UNEP (United Nations Environmental Program). Επίσης έγινε χρήση χρονοσειρών της αγωγιμότητας πέντε μεγάλων ποταμών από τα δεδομένα του Υπ. Γεωργίας (Δ/νση Σ.Ε.Ε. & Α.Ε.Π., Τμήμα Προστασίας Αρδευτικών Υδάτων).

## **Μέθοδοι**

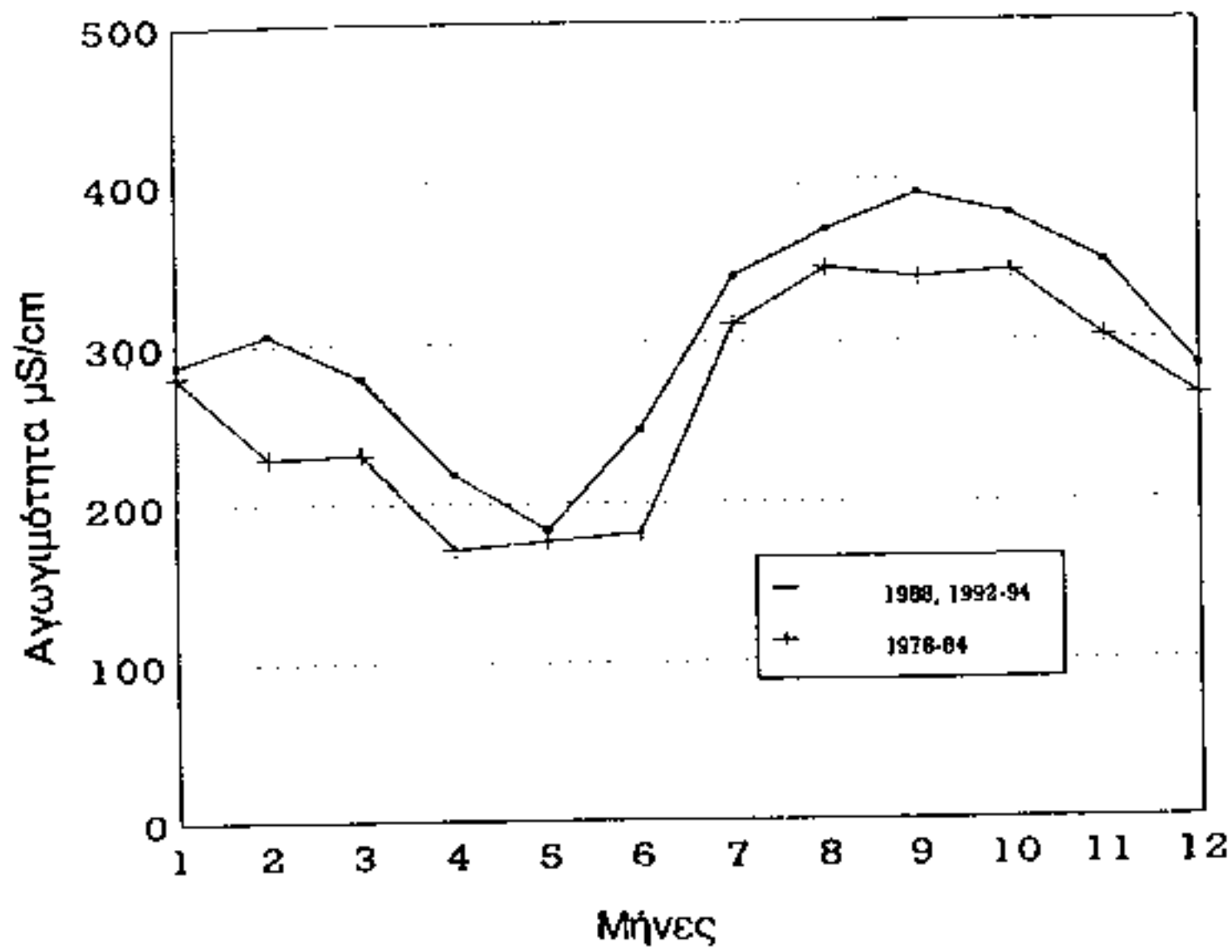
Προκειμένου να αναγνωρισθεί η φύση και η ποσοτική συνεισφορά των διαφόρων παραγόντων που ρυθμίζουν εποχιακά τη σύσταση των Ελληνικών ποταμών, εφαρμόστηκαν προγράμματα πολυμεταβλητών στατιστικών αναλύσεων (παραγοντικές αναλύσεις και αναλύσεις ομαδοποίησης) στις μέσες εποχιακές τιμές των υδροχημικών δεδομένων κάθε ποταμού (πίνακες 22 x 13).

- η σύσταση των ατμοσφαιρικών κατακρμνησμάτων που επηρεάζει τη σύσταση των ποταμών, σε ποσοστό 5 - 15% (ανάλογα με το ιόν),
- το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής (ορεινά ποτάμια ή τμήματα ποταμών χαρακτηρίζονται από χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένων συστατικών).

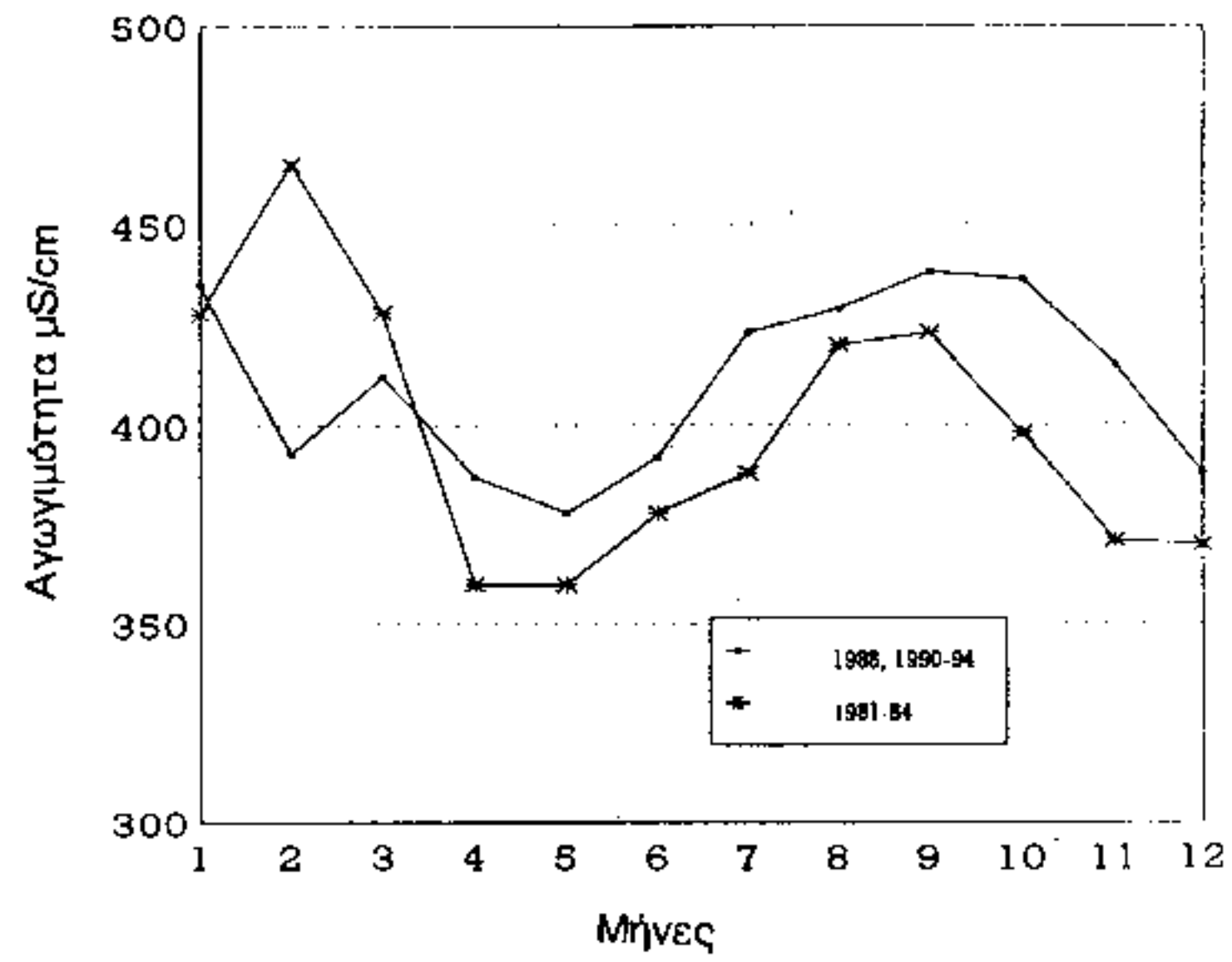
Από τη σύγκριση των εποχικών με τις τοπικές (κατά μήκος του ποταμού) υδροχημικές διακυμάνσεις για κάθε ποταμό, φαίνεται ότι, κατά κανόνα, ο χημισμός των ποταμών είναι κύρια συνάρτηση των εποχικών υδρολογικών διακυμάνσεων (Skoulikidis, 1990). Η έντονη εποχική διακύμανση της σύστασης των Ελληνικών ποταμών οφείλεται στις αντίστοιχες έντονες διακυμάνσεις της δίαιτας των απορροών τους. Συγκεκριμένα η αύξηση της παροχής συνδέεται με φαινόμενα αραίωσης ή/και έκπλυσης (Edwards, 1973; Walling & Foster, 1975, Skoulikidis, 1990, 1991, 1993), ενώ κατά τη ξηρή περίοδο το ποτάμιο νερό συνίσταται κυρίως από υπόγειο νερό που εμπλουτίζεται ακόμη περισσότερο με διαλυμένα συστατικά, λόγω αυξημένης εξατμισοδιαπνοής και ρύπανσης. Η εικ. 1 παρουσιάζει μηνιαίες διακυμάνσεις της υδροχημείας ενός ποταμού, καθώς και τα υδρολογικά αίτια που την καθορίζουν. Παράλληλα, τα ποτάμια παρουσιάζουν σημαντικές διαχρονικές μεταβολές στη μέση ετήσια σύστασή τους. Αυτές οφείλονται κύρια στις διαχρονικές διακυμάνσεις της παροχής, που προκαλείται από περιοδικές κλιματικές μεταβολές, αλλά και από τη διαχείριση των απορροών.

Η αγωγιμότητα, για την οποία υπάρχουν μεγάλες χρονοσειρές μετρήσεων (Υπ. Γεωργίας, Δ/νση Σ.Ε.Ε. & Α.Ε.Π., Τμήμα Προστασίας Αρδευτικών Υδάτων), μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης των διεργασιών που επικρατούν. Οι εικ. 2 α - ε παρουσιάζουν τη μέση μηνιαία μεταβολή της αγωγιμότητας στη διάρκεια ενός υδρολογικού κύκλου, για δύο χρονοσειρές (τέλη δεκαετίας 70 - αρχές δεκαετίας 80 και τέλη δεκαετίας 80 - αρχές δεκαετίας 90), στα ποτάμια Νέστο, Στρυμώνα, Αξιό, Αλιάκμονα και Πηνειό. Από τη σύγκριση των δύο χρονοσειρών να εξάγουμε συμπεράσματα για μακροχρόνιες μεταβολές του υδρολογικού κύκλου των ποταμών. Η μέση ετήσια παροχή των ποταμών αυτών στη διάρκεια της εικοσαετίας 70-90 παρουσιάζει πτωτική τάση (Skoulikidis, 1996). Παράλληλα παρατηρούμε σημαντική αύξηση της μέσης αγωγιμότητας στη πρόσφατη χρονοσειρά σε όλα αυτά τα ποτάμια (εικ. 2 α - ε).

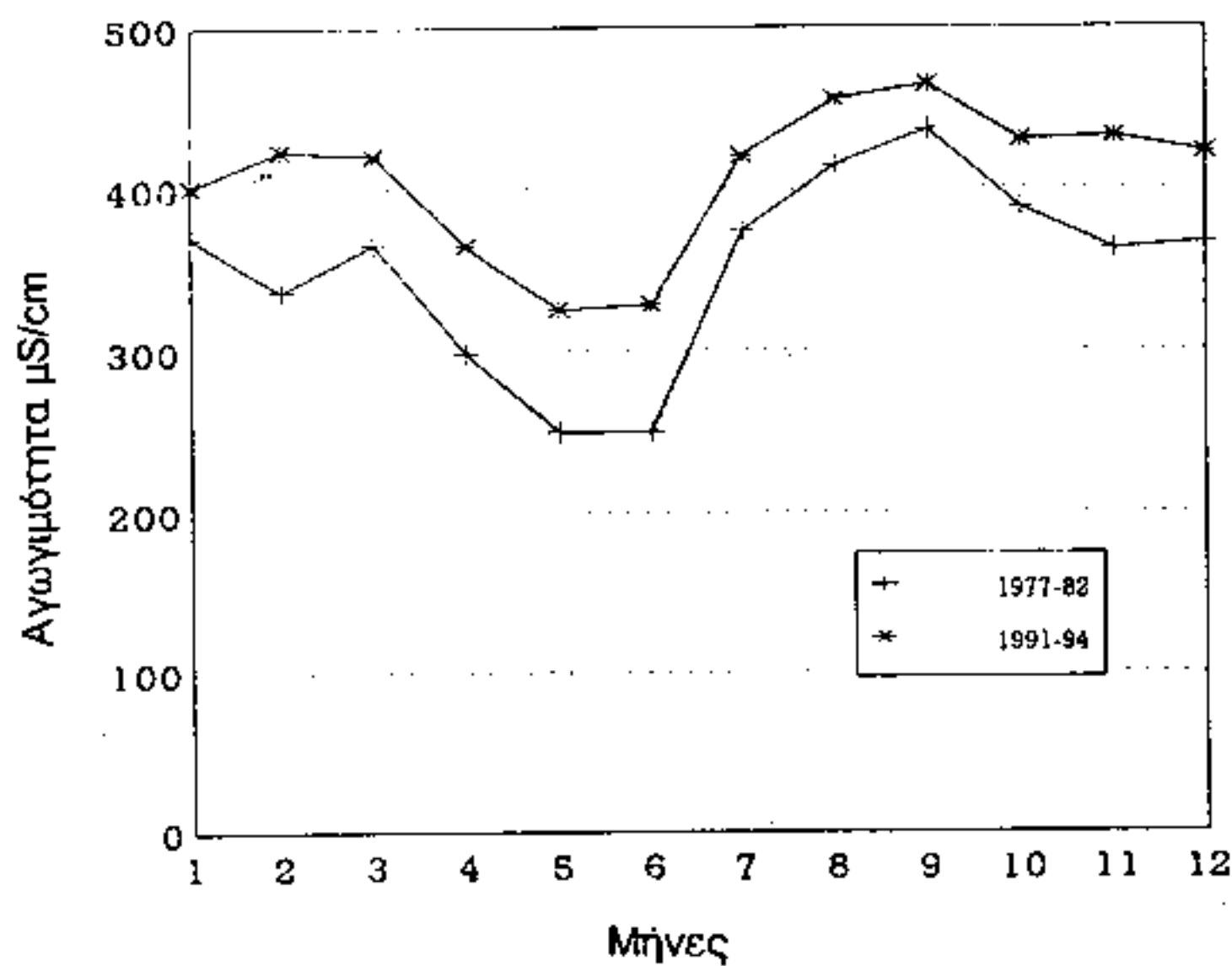
Οι καμπύλες της μέσης μεταβολής της αγωγιμότητας στα γειτονικά ποτάμια Νέστο και Στρυμώνα (εικ. 2 α, β) δείχνουν σχετικά ομοιόμορφη μεταβολή στη διάρκεια του έτους. Η αγωγιμότητα αυξάνεται κατά τους θερινούς μήνες, ενώ γύρω στο Μάιο παρουσιάζει ελάχιστες τιμές λόγω αραίωσης. Η αύξηση της αγωγιμότητας κατά τους μήνες Φεβρουάριο ή και Μάρτιο, σε σχέση με τη περίοδο πριν (Δεκεμβρίου ή



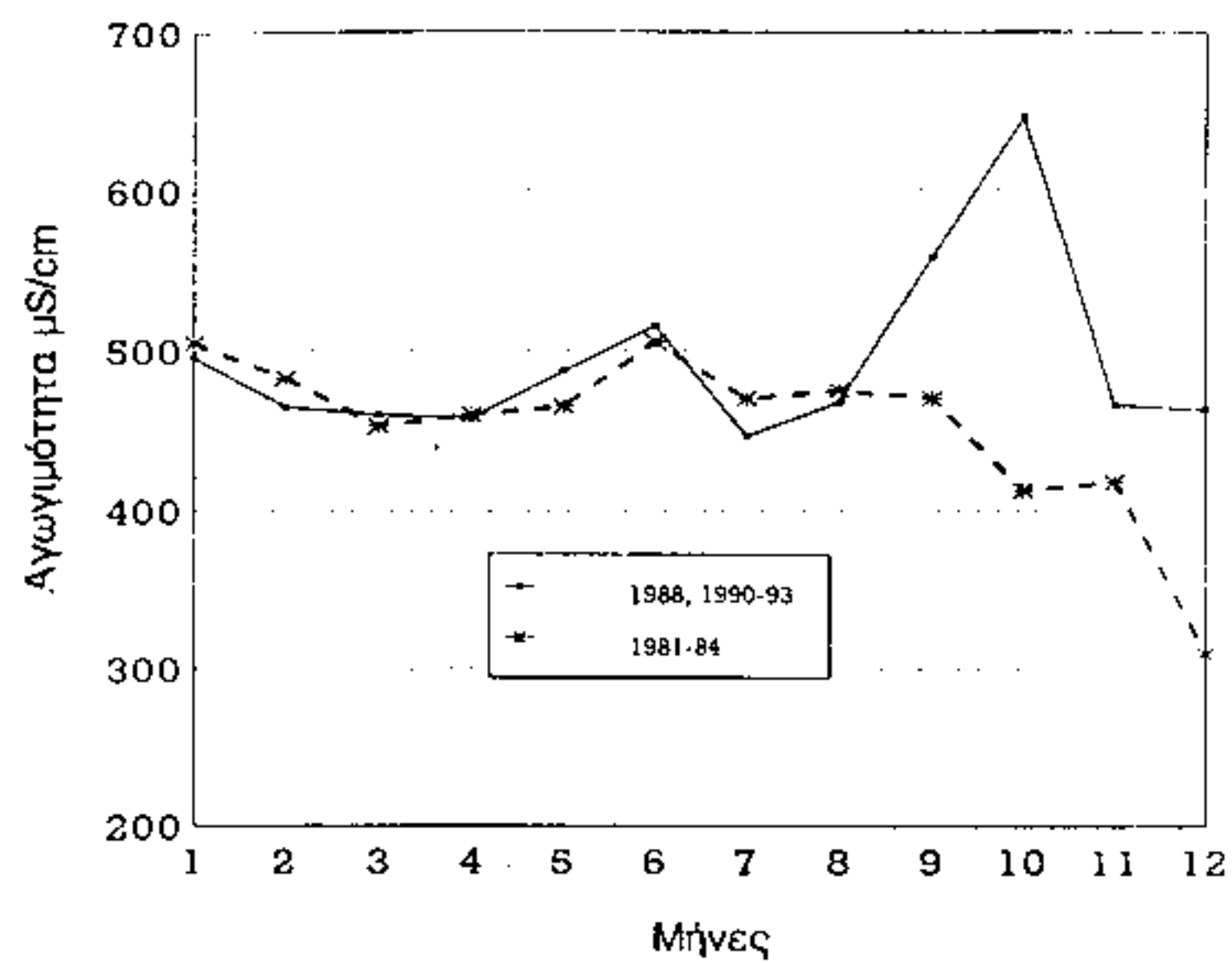
(α)



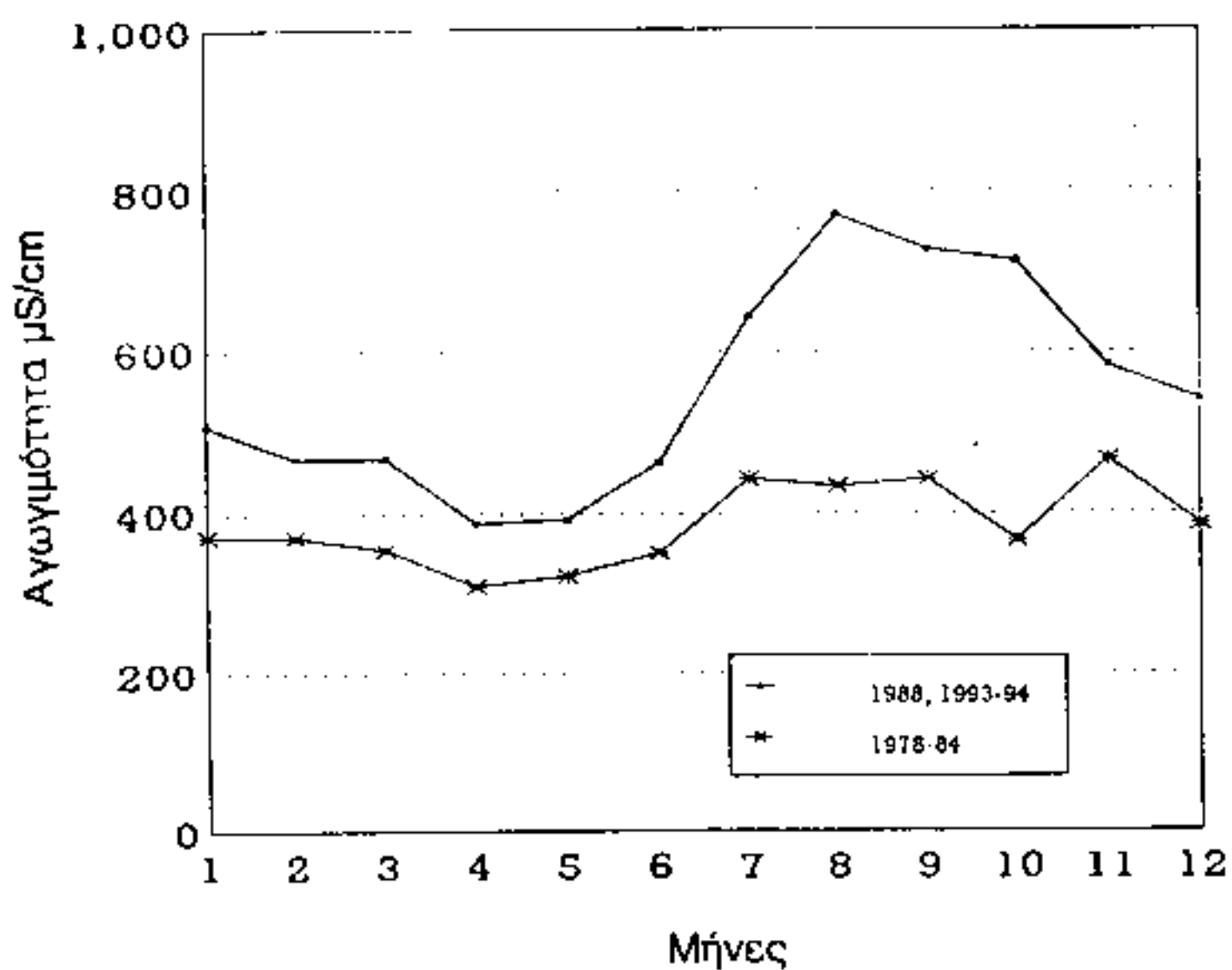
(δ)



(β)



(ε)



(γ)

Εικ. 2α-ε

Μέση μηνιαία μεταβολή της αγωγιμότητας στη διάρκεια ενός υδρολογικού κύκλου, για χρονοσειρές μεταξύ 1) τέλη 70 - αρχές 80 και 2) τέλη 80 - αρχές 90, στα ποτάμια Νέστο, Στρυμώνα, Αξιό, Αλιάκμονα και Πηνειό

Ιανουαρίου) και μετά (Απριλίου), οφείλεται σε φαινόμενα έκπλυσης που συνοδεύουν τα μέγιστα των απορροών, που προέρχονται από τη τήξη του χιονιού.

Η μείωση της αγωγιμότητας στον Αλιάκμωνα κατά το Φεβρουάριο στη πιο πρόσφατη χρονοσειρά (εικ. 2 γ), μπορεί να αποδοθεί στη μείωση της μέσης ετήσιας παροχής του ποταμού κατά τα τελευταία χρόνια (Skoulikidis 1996) που προκαλεί μείωση των πλημμυρικών επιφανειών και εξασθένηση των φαινομένων έκπλυσης.

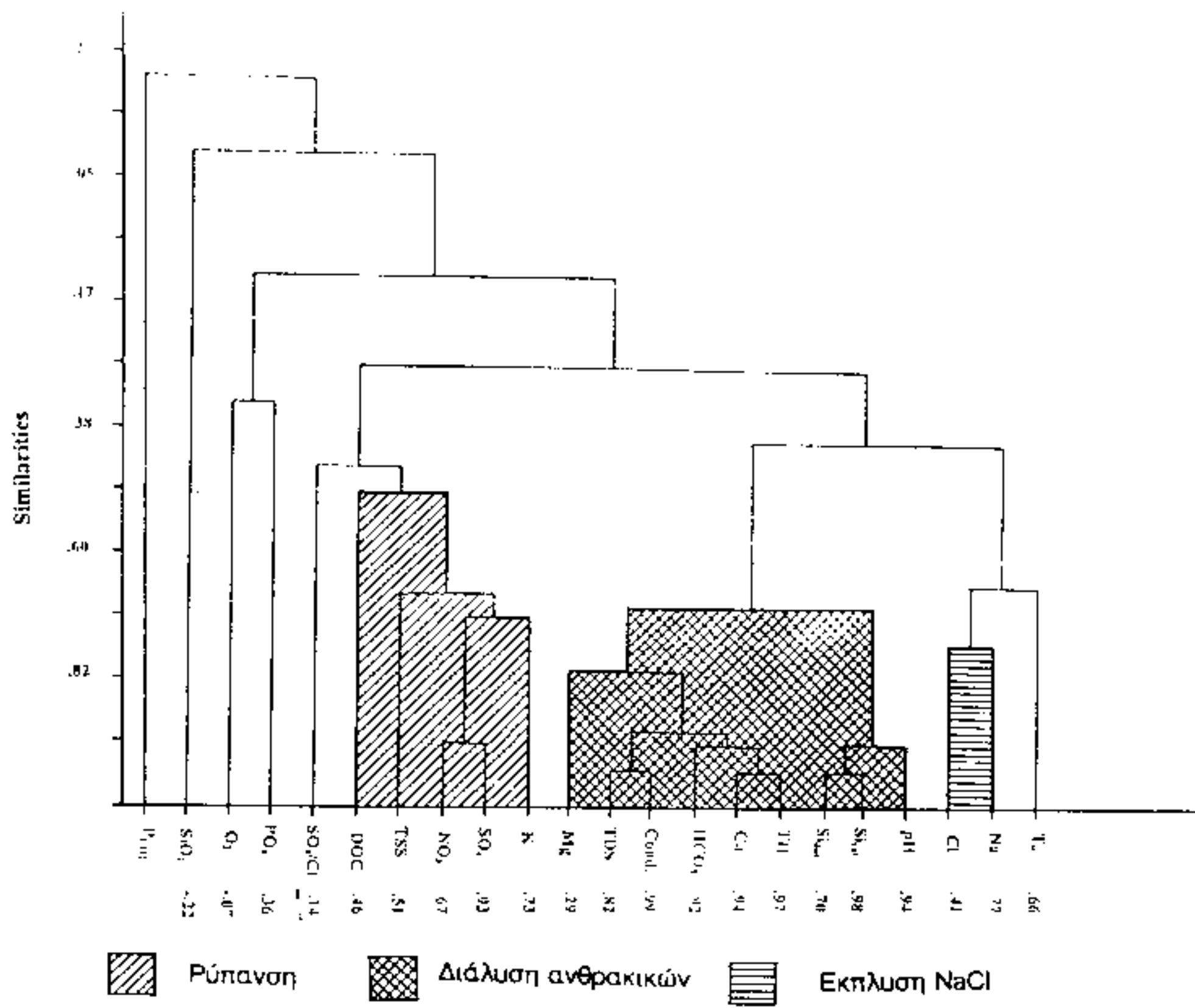
Τέλος η σημαντική αύξηση της θερινής αγωγιμότητας στον Αλιάκμωνα, Αξιό και ιδιαίτερα στο Πηνειό, ποτάμια που επίσης παρουσίασαν πτώση της μέσης ετήσιας απορροής τους τα τελευταία χρόνια, υποδηλώνει σημαντική αύξηση της χρήσης των νερών τους κατά την αρδευτική περίοδο. Αποτέλεσμα αυτού είναι τα ποτάμια να παρουσιάζουν ελάχιστη παροχή (Αξιός) ή και στάσιμα νερά (Πηνειός). Στο Πηνειό, τα "έλη" αυτά, που είναι εμπλουτισμένα με ιόντα από υπόγειο νερό αλλά και από υγρά απόβλητα, εμπλουτίζονται ακόμη περισσότερο από την έντονη εξατμισοδιαπνοή. Ακολουθεί κατακρήμνιση διαλυμένων συστατικών σε μορφή αλάτων και οξειδίων, που με την αύξηση της παροχής (Δεκέμβριος) εκπλαίνονται και καταλήγουν στο ποταμό.

Στη συνέχεια θα εξετασθούν οι εποχικές διακυμάνσεις των παραγόντων και διεργασιών που καθορίζουν τις αντίστοιχες διακυμάνσεις της σύστασης του ποτάμιου νερού.

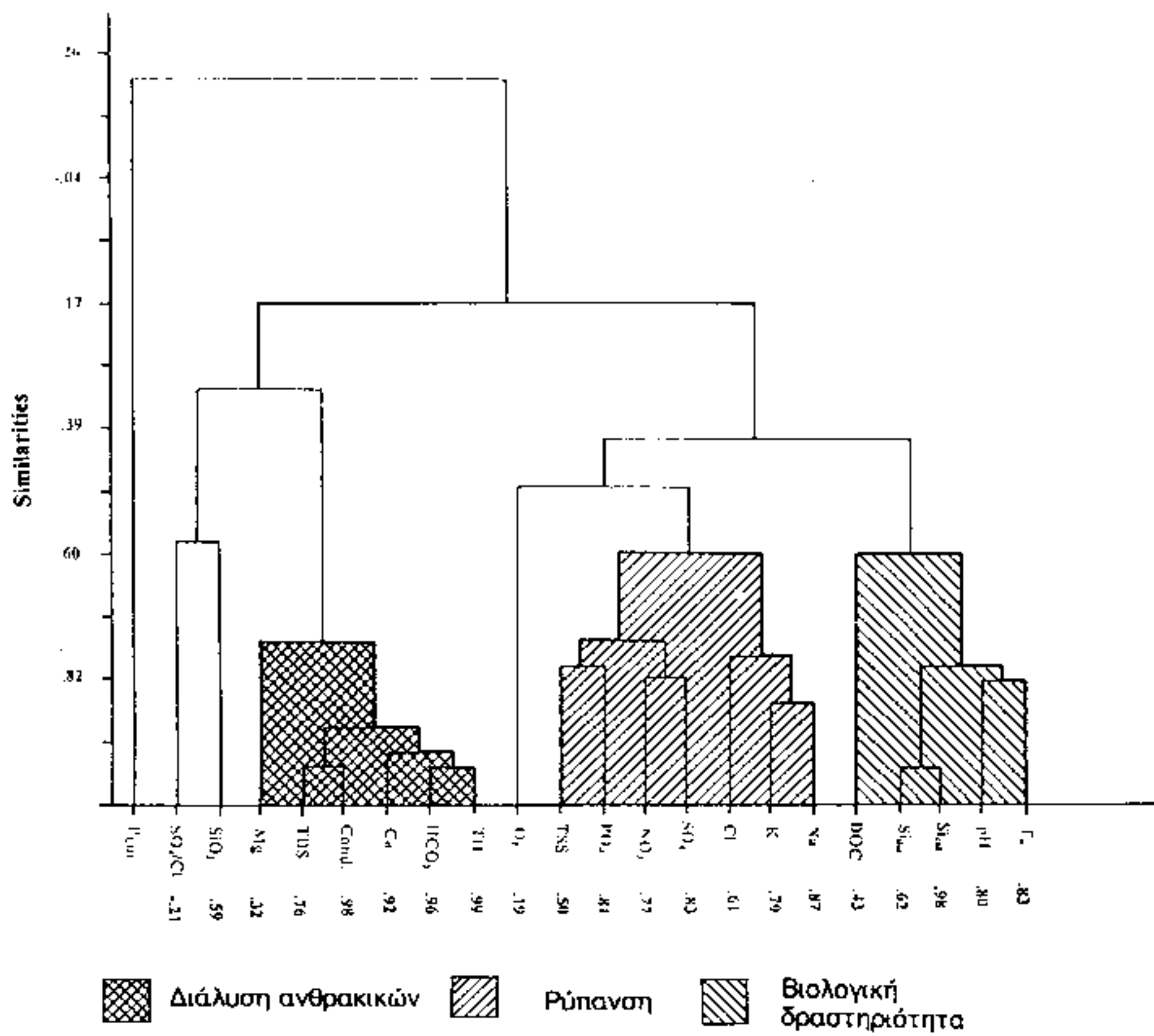
Σύμφωνα με παραγοντικές αναλύσεις (Skoulikidis, 1996) και αναλύσεις ομαδοποίησης (εικ. 3 α - δ), που εφαρμόστηκαν για κάθε εποχή χωριστά, οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν τη σύσταση των Ελληνικών ποταμών και στις τέσσερις εποχές του έτους είναι: α) η διάλυση ανθρακικών ορυκτών, β) η ρύπανση, γ) η βιολογική δραστηριότητα και δ) η αποσάθρωση (αριλλο)πυριτικών ορυκτών και/ή ο εμπλουτισμός των νερών με χλωριούχο νάτριο.

Σύμφωνα με τις παραγοντικές αναλύσεις (πίνακας 1) η "διάλυση ανθρακικών πετρωμάτων" αποτελεί τον κύριο παράγοντα κατά την άνοιξη, το φθινόπωρο και το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι ο κύριος παράγοντας είναι η "ρύπανση". Η "βιολογική δραστηριότητα" εκδηλώνεται κυρίως το καλοκαίρι και το φθινόπωρο, ενώ το φαινόμενο της "έκπλυσης χλωριούχου νατρίου" είναι εντονότερο την άνοιξη. Ο εμπλουτισμός του νερού με ιόντα νατρίου και χλωρίου τις άλλες εποχές πρέπει να οφείλεται σε ρύπανση με αστικά απόβλητα, καθώς τα ιόντα αυτά ομαδοποιούνται με ιόντα δείκτες ρύπανσης (εικ. 3 β - δ).

Οι μηχανισμοί και οι παράγοντες που καθορίζουν, κατά εποχή, τη σύσταση των Ελληνικών ποταμών συνοψίζονται στο πίνακα 2.



(α): άνοιξη



(β): καλοκαίρι

Ιανουαρίου) και μετά (Απριλίου), οφείλεται σε φαινόμενα έκπλυσης που συνοδεύουν τα μέγιστα των απορροών, που προέρχονται από τη τήξη του χιονιού.

Η μείωση της αγωγιμότητας στον Αλιάκμωνα κατά το Φεβρουάριο στη πιο πρόσφατη χρονοσειρά (εικ. 2 γ), μπορεί να αποδοθεί στη μείωση της μέσης ετήσιας παροχής του ποταμού κατά τα τελευταία χρόνια (Skoulikidis 1996) που προκαλεί μείωση των πλημμυρικών επιφανειών και εξασθένηση των φαινομένων έκπλυσης.

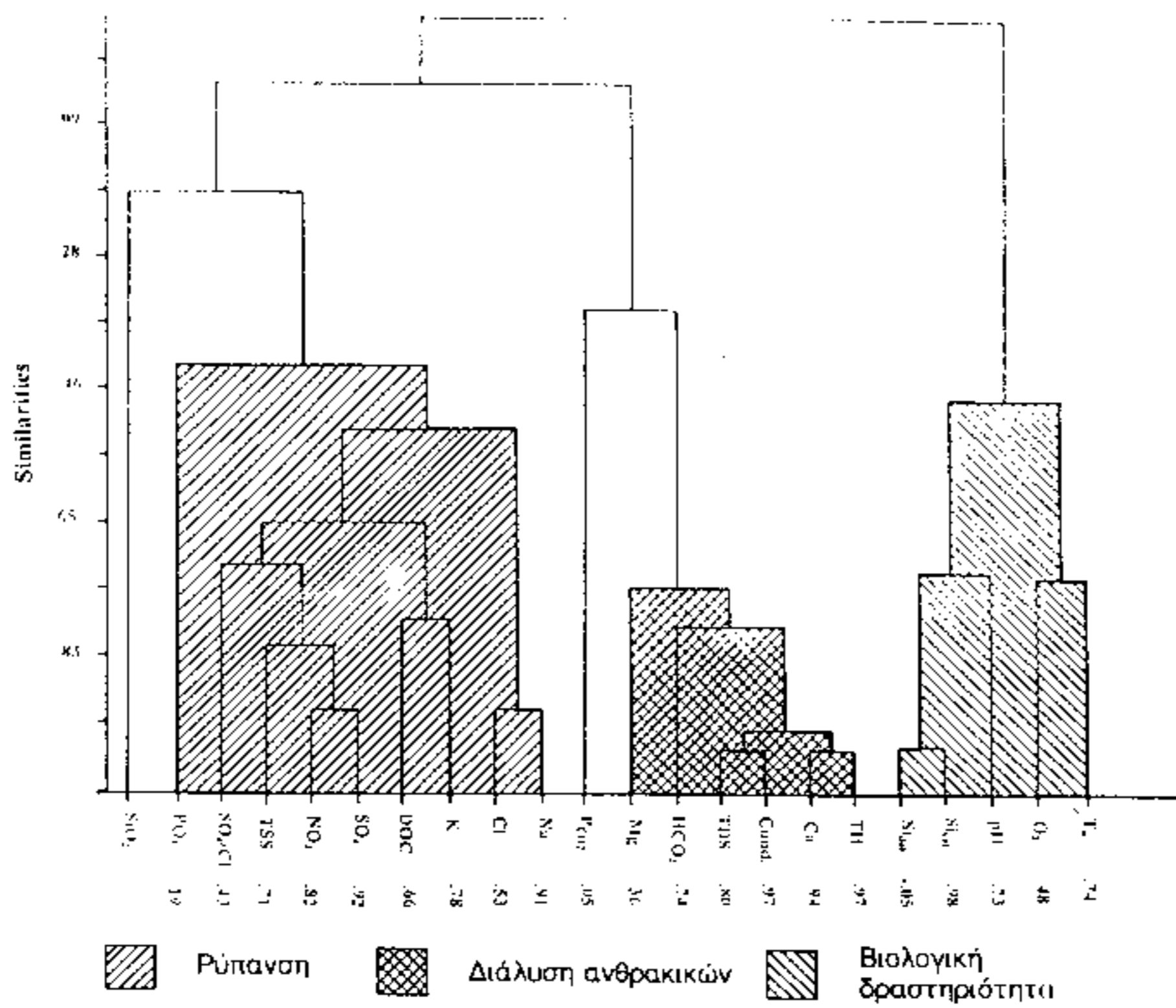
Τέλος η σημαντική αύξηση της θερινής αγωγιμότητας στον Αλιάκμωνα, Αξιό και ιδιαίτερα στο Πηνειό, ποτάμια που επίσης παρουσίασαν πτώση της μέσης ετήσιας απορροής τους τα τελευταία χρόνια, υποδηλώνει σημαντική αύξηση της χρήσης των νερών τους κατά την αρδευτική περίοδο. Αποτέλεσμα αυτού είναι τα ποτάμια να παρουσιάζουν ελάχιστη παροχή (Αξιός) ή και στάσιμα νερά (Πηνειός). Στο Πηνειό, τα "έλη" αυτά, που είναι εμπλουτισμένα με ιόντα από υπόγειο νερό αλλά και από υγρά απόβλητα, εμπλουτίζονται ακόμη περισσότερο από την έντονη εξατμισοδιαπνοή. Ακολουθεί κατακρήμνιση διαλυμένων συστατικών σε μορφή αλάτων και οξειδίων, που με την αύξηση της παροχής (Δεκέμβριος) εκπλαίνονται και καταλήγουν στο ποταμό.

Στη συνέχεια θα εξετασθούν οι εποχικές διακυμάνσεις των παραγόντων και διεργασιών που καθορίζουν τις αντίστοιχες διακυμάνσεις της σύστασης του ποτάμιου νερού.

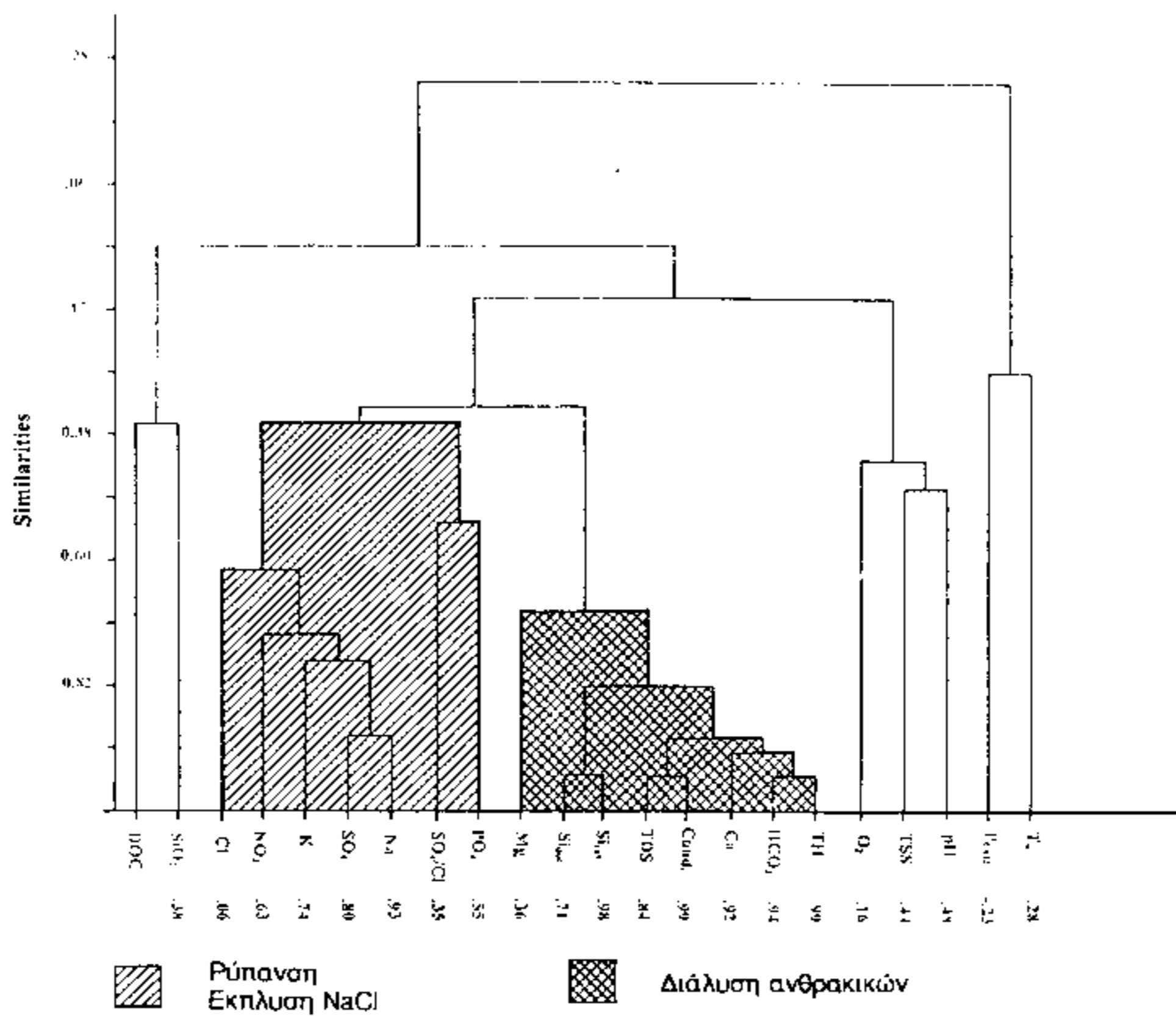
Σύμφωνα με παραγοντικές αναλύσεις (Skoulikidis, 1996) και αναλύσεις ομαδοποίησης (εικ. 3 α - δ), που εφαρμόστηκαν για κάθε εποχή χωριστά, οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν τη σύσταση των Ελληνικών ποταμών και στις τέσσερις εποχές του έτους είναι: α) η διάλυση ανθρακικών ορυκτών, β) η ρύπανση, γ) η βιολογική δραστηριότητα και δ) η αποσάθρωση (αριλλο)πυριτικών ορυκτών και/ή ο εμπλουτισμός των νερών με χλωριούχο νάτριο.

Σύμφωνα με τις παραγοντικές αναλύσεις (πίνακας 1) η "διάλυση ανθρακικών πετρωμάτων" αποτελεί τον κύριο παράγοντα κατά την άνοιξη, το φθινόπωρο και το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι ο κύριος παράγοντας είναι η "ρύπανση". Η "βιολογική δραστηριότητα" εκδηλώνεται κυρίως το καλοκαίρι και το φθινόπωρο, ενώ το φαινόμενο της "έκπλυσης χλωριούχου νατρίου" είναι εντονότερο την άνοιξη. Ο εμπλουτισμός του νερού με ιόντα νατρίου και χλωρίου τις άλλες εποχές πρέπει να οφείλεται σε ρύπανση με αστικά απόβλητα, καθώς τα ιόντα αυτά ομαδοποιούνται με ιόντα δείκτες ρύπανσης (εικ. 3 β - δ).

Οι μηχανισμοί και οι παράγοντες που καθορίζουν, κατά εποχή, τη σύσταση των Ελληνικών ποταμών συνοψίζονται στο πίνακα 2.



(γ): φθινώπορο



(δ): χειμώνας

Εικ. 3α-δ Πολυμεταβλητή στατιστική ανάλυση ομαδοποίησης στα δεδομένα των ποταμών για τις τέσσερις εποχές του χρόνου



Πίνακας 1 α-δ. Παράγοντες που ελέγχουν τη σύσταση των ποταμών κατά τις 4 εποχές του χρόνου, σύμφωνα με τα αποτελέσματα παραγοντικών αναλύσεων

| Rotated Factor Matrix         |                       |              |                            |                         |
|-------------------------------|-----------------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
|                               | Παράγοντας 1          | Παράγοντας 2 | Παράγοντας 3               | Παράγοντας 4            |
|                               | Διάλυση<br>ανθρακικών | Ρύπανση      | Βιολογική<br>δραστηριότητα | Εμπλουτισμός<br>με NaCl |
| Διακύμανση %                  | 46.5                  | 19.9         | 9.2                        | 8.2                     |
| Tw                            | 0.55                  |              |                            | 0.56                    |
| pH                            | 0.60                  |              | 0.72                       |                         |
| TH                            | 0.99                  |              |                            |                         |
| Cond.                         | 0.92                  |              |                            |                         |
| Ca <sup>2+</sup>              | 0.95                  |              |                            |                         |
| Mg <sup>2+</sup>              | 0.88                  |              |                            |                         |
| Na <sup>+</sup>               |                       |              | 0.51                       | 0.60                    |
| K <sup>+</sup>                |                       | 0.84         |                            |                         |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 0.98                  |              |                            |                         |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>  |                       | 0.72         |                            |                         |
| Cl <sup>-</sup>               |                       |              |                            | 0.92                    |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0.49                  | 0.78         |                            |                         |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |                       | 0.66         |                            |                         |
| TDS                           | 0.93                  |              |                            |                         |
| SiO <sub>2</sub>              |                       |              | 0.49                       | - 0.63                  |
| DOC                           |                       | 0.76         | 0.43                       |                         |
| P <sub>CO2</sub>              |                       |              | - 0.83                     |                         |
| SI <sub>cal</sub>             | 0.78                  |              | 0.50                       |                         |
| SI <sub>dol</sub>             | 0.82                  |              | 0.52                       |                         |
| TSS                           |                       | 0.73         |                            |                         |
| O <sub>2</sub>                |                       |              |                            | 0.45                    |

(α) άνοιξη

| Rotated Factor Matrix         |              |                       |                            |              |
|-------------------------------|--------------|-----------------------|----------------------------|--------------|
|                               | Παράγοντας 1 | Παράγοντας 2          | Παράγοντας 3               | Παράγοντας 4 |
|                               | Ρύπανση      | Διάλυση<br>ανθρακικών | Βιολογική<br>δραστηριότητα |              |
| Διακύμανση%                   | 48.9         | 20                    | 11.4                       | 9.1          |
| Tw                            |              |                       |                            | - 0.78       |
| pH                            |              |                       |                            | - 0.93       |
| TH                            |              | 0.99                  |                            |              |
| Cond.                         |              | 0.89                  |                            |              |
| Ca <sup>2+</sup>              |              | 0.97                  |                            |              |
| Mg <sup>2+</sup>              |              | 0.83                  |                            |              |
| Na <sup>+</sup>               | 0.90         |                       |                            |              |
| K <sup>+</sup>                | 0.86         |                       |                            |              |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |              | 0.99                  |                            |              |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>  | 0.85         |                       |                            |              |
| Cl <sup>-</sup>               | 0.73         |                       |                            |              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0.76         |                       |                            |              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |              |                       |                            |              |
| TDS                           |              | 0.91                  |                            |              |
| SiO <sub>2</sub>              |              |                       | 0.87                       |              |
| DOC                           |              |                       |                            |              |
| P <sub>CO2</sub>              |              |                       |                            | 0.91         |
| SI <sub>cal</sub>             |              | 0.63                  |                            | - 0.73       |
| SI <sub>dol</sub>             |              | 0.70                  |                            | - 0.64       |
| TSS                           | 0.69         |                       | 0.56                       |              |
| O <sub>2</sub>                | 0.53         |                       |                            | - 0.51       |

(β): καλοκαίρι

| Rotated Factor Matrix         |  |              |                            |                            |
|-------------------------------|--|--------------|----------------------------|----------------------------|
|                               | Παράγοντας 1                                     | Παράγοντας 2 | Παράγοντας 3               | Παράγοντας 4               |
|                               | Διάλυση<br>ανθρακικών<br>Εμπλουτισμός με<br>NaCl | Ρύπανση      | Βιολογική<br>δραστηριότητα | Βιολογική<br>δραστηριότητα |
| Διακύμανση %                  | 45.9   | 18           | 14.6                       | 8.3                        |
| Tw                            |  |              | - 0.46                     | 0.77                       |
| pH                            |  |              | - 0.95                     |                            |
| TH                            | 0.98   |              |                            |                            |
| Cond.                         | 0.91   |              |                            |                            |
| Ca <sup>2+</sup>              | 0.95   |              |                            |                            |
| Mg <sup>2+</sup>              | 0.81   |              |                            |                            |
| Na <sup>+</sup>               | 0.53   | - 0.60       |                            |                            |
| K <sup>+</sup>                |  | - 0.79       |                            |                            |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 0.88   |              |                            |                            |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>  |  | - 0.87       |                            |                            |
| Cl <sup>-</sup>               | 0.66   | - 0.43       |                            |                            |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | 0.49   | - 0.78       |                            |                            |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |  | - 0.62       |                            |                            |
| TDS                           | 0.94   |              |                            |                            |
| SiO <sub>2</sub>              |  | - 0.64       |                            |                            |
| DOC                           |  | - 0.65       |                            | 0.47                       |
| P <sub>CO2</sub>              |  |              | 0.86                       |                            |
| SI <sub>cal</sub>             | 0.58   |              | - 0.76                     |                            |
| SI <sub>dol</sub>             | 0.66   |              | - 0.70                     |                            |
| TSS                           |  | - 0.83       |                            |                            |
| O <sub>2</sub>                |  |              |                            | 0.94                       |

(γ) φθινώπορο

| Rotated Factor Matrix         |                       |                            |              |              |
|-------------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------|--------------|
|                               | Παράγοντας 1          | Παράγοντας 2               | Παράγοντας 3 | Παράγοντας 4 |
|                               | Διάλυση<br>ανθρακικών | Βιολογική<br>δραστηριότητα | Ρύπανση      |              |
| Διακύμανση %                  | 45                    | 15.8                       | 13.9         | 8.3          |
| Tw                            | 0.68                  |                            |              |              |
| pH                            |                       | 0.92                       |              |              |
| TH                            | 0.97                  |                            |              |              |
| Cond.                         | 0.85                  |                            | - 0.50       |              |
| Ca <sup>2+</sup>              | 0.93                  |                            |              |              |
| Mg <sup>2+</sup>              | 0.81                  |                            |              |              |
| Na <sup>+</sup>               |                       |                            | - 0.95       |              |
| K <sup>+</sup>                |                       |                            | - 0.87       |              |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 0.98                  |                            |              |              |
| SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>  |                       |                            | - 0.92       |              |
| Cl <sup>-</sup>               |                       |                            | - 0.75       |              |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  |                       |                            | - 0.77       |              |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |                       |                            | - 0.65       |              |
| TDS                           | 0.89                  |                            |              |              |
| SiO <sub>2</sub>              |                       |                            |              | 0.92         |
| DOC                           |                       |                            |              |              |
| P <sub>CO2</sub>              |                       | - 0.95                     |              |              |
| SI <sub>cal</sub>             | 0.75                  | 0.61                       |              |              |
| SI <sub>dol</sub>             | 0.82                  | 0.54                       |              |              |
| TSS                           |                       | 0.63                       |              |              |
| O <sub>2</sub>                |                       | 0.55                       |              |              |

(δ) χειμώνας

Tw: θερμοκρασία νερού, TH: ολική σκληρότητα, Cond: αγωγιμότητα, TDS: ολικά διαλυμένα στερεά, TSS: ολικά αιωρούμενα στερεά, P<sub>CO2</sub>: μερική πίεση διοξειδίου του άνθρακα, SI<sub>cal</sub>: δείκτης κορεσμού ασβεστίτη, SI<sub>dol</sub>: δείκτης κορεσμού δολομίτη.

Πίνακας 2. Μηχανισμοί και παράγοντες που καθορίζουν εποχιακά τη ποιότητα των Ελληνικών ποταμών

| ΑΙΤΙΟ                   | ΚΥΡΙΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΣΤΟ ΠΟΤΑΜΙ   | ΑΝΟΙΞΗ  | ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ  | ΦΘΙΝΩΠΟΡΟ   | ΧΕΙΜΩΝΑΣ   |
|-------------------------|---|---|--|---|--|
| Αποσάθρωση              |   | <i>Μέγιστη παροχή</i><br>Καθοριστικός παράγοντας                      | <i>Χαμηλή παροχή</i><br>Παράγοντας μεγάλης σημασίας  | <i>Ελάχιστη παροχή</i><br>Καθοριστικός παράγοντας   | <i>Ψηλή παροχή</i><br>Καθοριστικός παράγοντας    |
|                         | Διάλυση ανθρακικών ορυκτών (κυρίως ασβεστίτη) με συνέπεια την αύξηση της ολικής σκληρότητας (Ο. Σ.)   | Ελάχιστες - χαμηλές τιμές Ο.Σ. στα περισσότερα ποτάμια, λόγω αραίωσης | Μέγιστες τιμές Ο.Σ., λόγω υψηλής συμμετοχής υπόγειου νερού, εξατμισοδιαπνοής, και αναπνοής φυκών   | Υψηλές-μέγιστες τιμές Ο.Σ., λόγω υψηλής συμμετοχής υπόγειου νερού, εξατμισοδιαπνοής και αναπνοής φυκών          | Χαμηλές-ελάχιστες τιμές Ο.Σ., λόγω αραίωσης      |
| Ρύπανση                 |   | Παράγοντας μεγάλης σημασίας   | Καθοριστικός παράγοντας  | Παράγοντας μεγάλης σημασίας   | Παράγοντας δευτερεύουσας σημασίας                |
|                         | Εμπλουτισμός των νερών με θρεπτικά, νάτριο, χλώριο και οργανικό άνθρακα   | Μέσες συγκεντρώσεις, λόγω αραίωσης                                    | Χαμηλές συγκεντρώσεις (έλλειψη φαινομένων έκπλυσης - παροχή όχι αρκετά χαμηλή για πρόκληση εμπλουτισμού)   | Υψηλές συγκεντρώσεις, λόγω χαμηλής παροχής σε συνδυασμό με ρύπανση από αστικά απόβλητα και βιομηχανίες τροφίμων | Μέγιστες συγκεντρώσεις, λόγω φαινομένων έκπλυσης |
| Βιολογική δραστηριότητα |   | Παράγοντας δευτερεύουσας σημασίας                                     | Παράγοντας ελάχιστης σημασίας  | Παράγοντας δευτερεύουσας σημασίας   | Παράγοντας μεγάλης σημασίας                      |
|                         | Η φωτοσύνθεση προκαλεί αύξηση του διαλυμένου οξυγόνου, του pH και του κορεσμού ανθρακικών. Σε μερικές περιπτώσεις παραγωγή Ο.Υ.* Σε σπάνιες περιπτώσεις κατακρήμνιση ασβεστίτη και απομάκρυνση θρεπτικών. Όταν υπερσχύει η αναπνοή οι διεργασίες αντιστρέφονται | Ενδείξεις ασθενών βιολογικών δράσεων                                  | Η βιολογική δραστηριότητα ενισχύεται από υψηλές θερμοκρασίες νερού και εκδηλώνεται με αύξηση του pH, υπερκορεσμό ανθρακικών και παραγωγή οργανικού υλικού. | Η βιολογικές δράσεις είναι ασθενέστερες απ'ότι το καλοκαίρι   | Οι βιολογική δραστηριότητα δεν εκδηλώνεται       |
| Εμπλουτισμός με NaCl    |   | Παράγοντας ελάχιστης σημασίας   | Απουσία του φαινομένου   | Απουσία του φαινομένου  | Δεν εκδηλώνεται                                  |
|                         | Εμπλουτισμός των νερών με νάτριο και χλώριο   | Έκπλυση NaCl από τους εδαφικούς πόρους                                | Εμπλουτισμός, λόγω απορροών αστικών αποβλήτων  | Εμπλουτισμός, λόγω της συνεισφοράς υπόγειου νερού και απορροών αστικών αποβλήτων                                | Έκπλυση NaCl ασθενέστερη απ'ότι την άνοιξη       |

\* Οργανικό υλικό

## Συμπεράσματα

Η παροχή είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση των διαλυμένων συστατικών και στερεών στο νερό των ποταμών (Edwards, 1973). Οι συγκεντρώσεις αυτές υπόκεινται σε εποχικές και διαχρονικές μεταβολές, τόσο ως προς τα κύρια στοιχεία, όσο και ως προς τις παραμέτρους ρύπανσης, ανάλογα με τις διακυμάνσεις της παροχής τους. Οι υδροχημικές αυτές μεταβολές οφείλονται σε αντίστοιχες μεταβολές βιογεωχημικών διεργασιών (αποσάθρωση, αλάτωση και έκπλυση εδαφών, φωτοσύνθεση ή οξειδωση οργανικού υλικού) και παραγόντων (ρύπανση), που είτε ενεργοποιούνται και εκδηλώνονται, είτε αδρανοποιούνται, ανάλογα με την εποχή και τα υδρολογικά χαρακτηριστικά των αποδεκτών.

Η δίαιτα των Ελληνικών ποταμών παρουσιάζει, σε σύγκριση με άλλα Ευρωπαϊκά, ραγδαίες διακυμάνσεις ακόμη και σε μηνιαία βάση. Μάλιστα σε περίπτωση έντονων βροχοπτώσεων μεταφέρονται τεράστιες ποσότητες διαλυμένων συστατικών, φερτών υλικών και ρυπαντών στους ποτάμιους αποδέκτες, στα δέλταϊκά πεδία, στους υγροβιότοπους και στη θάλασσα. Για να αποκτήσουμε μία πιο λεπτομερή εικόνα των χρονικών μεταβολών της ποιότητας των ποτάμιων νερών και των μηχανισμών που τις ελέγχουν απαιτείται συστηματική παρακολούθηση των παροχών και των βασικών υδροχημικών στοιχείων και παραμέτρων ρύπανσης. Με την αξιολόγηση και ερμηνεία των δεδομένων αυτών είναι δυνατή η υλοποίηση του παραπάνω στόχου.

Αποκαλύπτοντας τους μηχανισμούς που μεταβάλλουν τη ποιότητα των νερών συναρτήσει του χρόνου είναι δυνατό να τους ελέγξουμε, αλλά και να προβλέψουμε τις ακραίες διακυμάνσεις της. Λαμβάνοντας υπ' όψη αυτά μπορούμε να προχωρήσουμε στο σχεδιασμό διαχειριστικού πλαισίου λεκανών απορροής που στοχεύει στη προστασία του υδάτινου οικοσυστήματος, τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και τη προστασία των παράκτιων περιοχών.

## Βιβλιογραφία

- Edwards A.M. (1973) The variation of dissolved constituents with discharge in some Norfolk rivers. *Journal of Hydrology*, 18, 219-242.
- Skoulikidis N. (1990). *Geobiochemie der groessten Griechischen Fluesse*. Ph.D Thesis, Univ. of Hamburg, 313 pp.
- Skoulikidis N. Th. (1992). *Ueberblick ueber die Geohydrochemie der groessten Griechischen Fluesse* *Annales Geologiques des Pays Helleniques*, XXXV, 413-449
- Skoulikidis N. Th. (1993). "Significance evaluation of factors controlling river water composition" *Environmental Geology*, Vol. 22, 178-185.
- Skoulikidis N. Th. (1996). "An overview of Greek river waters composition, its origin and its temporal variations" *Environmental Geology* (υπό κρίση).
- Walling, D.E. and I.D.L. Foster (1975) Variations in the natural chemical concentration of river water during flood flows, and the lag effect: some further comments. *Journal of Hydrology*, 26: 237- 244.