

FACTOR ANALYSIS FOR REVEALING HYDROCHEMICAL PARAMETERS IN PLIOPLLEISTOCENE AQUIFERS OF NW ACHAIA (NW PELOPONNESUS, GREECE)

K. Voudouris*, N. Lambrakis*, G. Papatheodorou* and P. Daskalaki*

ABSTRACT

R-mode factor analysis is applied to 51 groundwater samples from wells, drilled in the plio-pleistocene aquifers of NW Achaia (NW Peloponnesus, Greece). Sixteen (16) hydrochemical parameters were used in order to examine their importance and investigate their correlations. Finally, six (6) factors were established, which can explain more 80% of the total variance. The contribution of each factor at every site (factor scores) is computed. The geographical distribution of these factors was mapped.

ΣΥΝΩΜΗ

R-τύπου παραγοντική ανάλυση εφαρμόσθηκε σε 51 δείγματα υπόγειου νερού που συλλέχθηκαν από τα πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα του ΒΔ τμήματος του νομού Αχαΐας. Χρησιμοποιήθηκαν 16 υδροχημικές παράμετροι με σκοπό τη διερεύνηση της σημαντικότητας κάθε μιας παραμέτρου, καθώς και την ανίχνευση των μεταξύ τους σχέσεων. Τελικά επιλέγησαν 6 παράγοντες (factors), που ερμηνεύουν ποσοστό της ολικής διακύμανσης μεγαλύτερο του 80% και υπολογίσθηκε η επίδραση κάθε παράγοντα σε κάθε θέση δειγματοληψίας. Τέλος συνιάχτηκαν χάρτες γεωγραφικής εξάπλωσης των παραπάνω παραγόντων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - INTRODUCTION

Για την αντιμετώπιση υδροχημικών προβλημάτων με μεγάλο αριθμό μεταβλητών σε μεγάλο αριθμό δειγμάτων εφαρμόζεται στατιστική πολυμεταβλητής ανάλυσης. Η εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης συμβάλλει στην μείωση της πολυπλοκότητας του προβλήματος χωρίς σημαντική απώλεια πληροφοριών. Το κύριο χαρακτηριστικό της μεθόδου αυτής είναι η ικανότητα να περιγραφεί μια ομάδα μεγάλου αριθμού δεδομένων με ένα πολύ μικρό αριθμό παραγόντων (factors).

Οι προκύπτοντες παράγοντες αποτελούνται από μεταβλητές ισχυρά συσχετιζόμενες μεταξύ τους και κάθε παράγοντας αντιπροσωπεύει μία συγκεκριμένη γεωχημική διεργασία που διαμόρφωσε τα ποσοστά διακύμανσης των μεταβλητών. Η μέθοδος της παραγοντικής ανάλυσης έχει εφαρμοσθεί από πολλούς ερευνητές (Hakli, 1970, Saager and Esselaar, 1969, Ζιούρκας και Κούκης, 1990, Τομπόυλου, 1989) σε διάφορους τομείς της γεωλογικής έρευνας, όπως Γεωχημεία, Πετρογραφία, -Τεχνική Γεωλογία, Μεταλλευτική έρευνα κλπ. Στην παρούσα εργασία εφαρμόσθηκε η μέθοδος της παραγοντικής ανάλυσης R-τύπου σε 51 δείγματα νερού, 16 υδροχημικών παραμέτρων με σκοπό την διερεύνηση της βαρύτητας κάθε μιας παραμέτρου, καθώς και την ανίχνευση των μεταξύ τους σχέσεων. Τα δείγματα έχουν συλλεχθεί από γεωτρήσεις στα μεταλλικά ιζήματα του νομού Αχαΐας, δυτικά του ακρωτηρίου Σαλμενίκο. Έχουν επιλεγεί έξι (6) παράγοντες

* University of Patras, Department of Geology, Rion 26110 PATRAS, Greece

που ερμηνεύουν το 80% της ολικής διακύμανσης (total variance) και υπολογίστηκε η επίδραση κάθε παράγοντα σε κάθε θέση δειγματοληψίας (factor scores).

Έτσι η εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης οδηγεί στον καθορισμό υποομάδων στοιχείων στενά συσχετισμένων μεταξύ τους με τελικό σκοπό την κατανόηση της υδροχημικής συμπεριφοράς.

ΓΕΩΛΟΓΙΑ-ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η περιοχή που μελετήθηκε οριοθετείται μεταξύ γεωγραφικού πλάτους 38 05' και 38 19' Β και γεωγραφικού μήκους 21 32' και 22 05' Α.

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής που δέχεται η περιοχή, ανέρχεται σε 692 mm και η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 17.85 °C (Βουδούρης,1994).

Γεωλογικά η περιοχή αποτελεί τμήμα των Δυτικών Ελληνίδων οροσειρών και περιλαμβάνει στο υπόβαθρο της τμήματα των ζωνών Γαβρόβου-Τρίπολης και Πίνδου. Μεταξύ Τριαδικού και Ηκκαινού κατά την διάρκεια ασβεστιτικής ιζηματογένεσης αποτέθηκαν 2-3km νηριτικοί ασβεστόλιθοι στη ζώνη Γαβρόβου. Επί των ασβεστολίθων επικάθεται σύμφωνα ο φλύσχη.

Η ζώνη της Πίνδου αποτελείται από δύο ενότητες: η κατώτερη δομείται από πελαγικούς ασβεστόλιθους με ενστρώσεις ραδιολαριτών Παλαιοκαινικής έως και Ηκκαινικής ηλικίας, και η ανώτερη από φλύσχη, ο οποίος συνίσταται από εναλλαγές ψαμμιτών και ιλυολίθων με παρεμβολές κροκαλοπαγών.

Το Πλειο-Τεταρτογενές επικάλυμμα που εμφανίζεται στις παράκτιες περιοχές αποτελείται από δύο λιθοστρωματογραφικές ενότητες. Η κατώτερη συνίσταται από αργίλους και άμμους που αποτέθηκαν σε ένα λιμναίο έως υφάλμυρο περιβάλλον ιζηματογένεσης κατά την διάρκεια του Πλειοκαινού έως το Κ. Πλειστόκαινο. Η ανώτερη ενότητα δομείται από Καλάβριας ηλικίας δελταϊκά και χερσαία κροκαλοπαγή (Phillipson,1892,Ψαριανός,1943) τα οποία αναπτύσσονται ασύμφωνα πάνω στα υποκείμενα λεπτομερή ιζήματα των οποίων αποτελούν βαθμιαία εξέλιξη.

Οι Zelilidis et al.(1988), διακρίνουν τρεις λιθοφάσεις στα ιζήματα της περιοχής μελέτης προς τη πλευρά του Πατραϊκού κόλπου: Την βαθύτερη, θαλάσσιας προέλευσης, φαιού χρώματος, που συνίσταται από εναλλαγές πηλού και πηλούχου αργίλου. Την ενδιάμεση, λιμναίας προέλευσης, που δομείται από στρώματα άμμου, αμμούχου πηλού και πηλού και την ανώτερη, ποταμο - χερσαίας προέλευσης, κίτρινου χρώματος, που συνίσταται από κροκαλοπαγή.

Οι παραπάνω τρεις λιθοφάσεις καλύπτονται από άλλες δύο λιθοφάσεις: μία αλλουβιακή (κροκάλες, χάλικες) και μία ποτάμιας προέλευσης(κόκκινες αποθέσεις) που συνίστανται από κροκαλοπαγή, άμμο και πηλό.(Σχ.1)

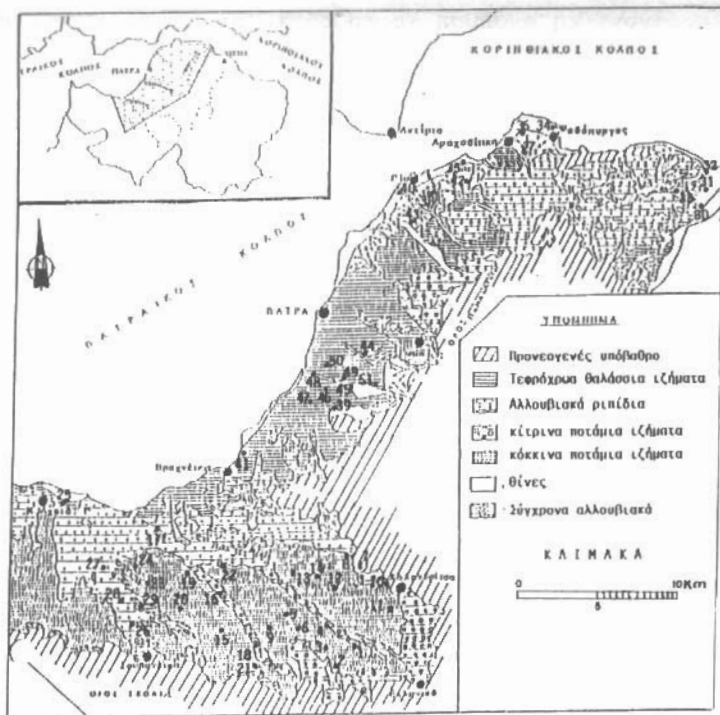
Οι Doutsos et al.(1988),αναγνωρίζουν δύο κύριες ιζηματολογικές φάσεις στα ιζήματα της περιοχής μελέτης προς τη πλευρά του Κορινθιακού κόλπου: την κατώτερη, ποταμολιμναίας προέλευσης στο κεντρικό τμήμα και λιμναίας στο δυτικό και την ανώτερη, που αποτελείται από κροκαλοπαγείς αποθέσεις ριπιδίου πάχους 500-600 m.

Στη περιοχή μελέτης αναπτύσσονται σημαντικοί υδροφόροι ορίζοντες. Οι πλέον πλούσιοι εξ' αυτών απαντώνται στα ιζήματα των χαλαρών αδρομερών αποθέσεων των ποταμοχειμάρων (Βουδούρης κ.ά,1993).

Τα υδροφόρα στρώματα είναι συνήθως υπό πίεση και έχουν τη μορφή μεγάλων φακών που επικοινωνούν μεταξύ τους, ενώ κατά τόπους παρεμβάλλονται μικρού πάχους αργιλικά στρώματα. Το πάχος των αργιλικών στρωμάτων είναι μεγαλύτερο προς την πλευρά των εκβολών των ποταμών (Πείρου, Γλαύκου) συμβάλλοντας έτσι στη δημιουργία φαινομένων αρτεσιανισμού.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Πενήντα ένα (51) δείγματα νερού συλλέχθηκαν από αντίστοιχο αριθμό γεω-



Σχ.1: Λιθοφασικός χάρτης της περιοχής έρευνας (Από Δούτσος κ.ά,1989) και θέσεις σημείων δειγματοληψίας.

Fig.1: Lithological map of the study area(From Doutsos et al.,1989) and water samples location.

τρήσεων μεγάλου κυρίως βάθους κατά τον Ιούνιο 1992 (Σχ. 1).

Η μέτρηση της θερμοκρασίας (C), της ηλεκτρικής αγωγιμότητας ($\mu\text{S}/\text{cm}$) και του PH, έγινε επί τόπου, αμέσως μετά την δειγματοληψία. Οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων των ιόντων Cl, Ca, Mg, HCO_3 και ολικής σκληρότητας (T.H.) έγιναν με τιτλοδότηση. Τα ανιόντα SO_4 , NO_3 , NO_2 , PO_4 , καθώς και ο ολικός σίδηρος, SiO_2 και το Mn προσδιορίστηκαν με φασματοφωτόμετρο. Τέλος τα αλκάλια Na και K, προσδιορίστηκαν ποσοτικά με τη χρήση φλογοφωτόμετρου.

Οι μετρήσεις των δεκαεπτά (17) μεταβλητών στα πενήντα ένα (51) δείγματα νερού παρουσιάζονται στον πίνακα 1, ο οποίος αποτελεί τον πίνακα των δεδομένων (Data matrix).

Οι μεγάλες διαστάσεις του πίνακα δεδομένων, απαιτούν την στατιστική επεξεργασία τους, ώστε να καταστεί δυνατός ο προσδιορισμός των σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ των μεταβλητών και των θέσεων μέτρησης.

Η στατιστική μέθοδος της παραγοντικής ανάλυσης (Factor analysis) επιλέχθηκε να εφαρμοσθεί στα δεδομένα, διότι έχει διαπιστωθεί ότι παρουσιάζει εξαιρετικά αποτελέσματα όταν εφαρμόζεται σε γεωχημικά ή υδροχημικά δεδομένα (Παπαθεοδώρου,1990,Briz-Kishore & Murali,1992).

Αυτό οφείλεται στο γεγονός της ύπαρξης έντονων σχέσεων "συμπάθειας" και "αντιπάθειας" μεταξύ των διαφόρων χημικών στοιχείων, σχέσεις οι οποίες εύκολα αποκαλύπτονται με την εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης (Παπαθεοδώ-

ρου, 1993).

Η R-τύπου παραγοντική ανάλυση εφαρμόστηκε με σκοπό α) την αποκάλυψη των κυρίαρχων χημικών διεργασιών που έδρασαν και διαμόρφωσαν τις τιμές των δεδομένων και β) τον καθορισμό της γεωγραφικής επίδρασης κάθε μιας από τις κυρίαρχες χημικές διεργασίες.

Από μαθηματικής πλευράς, σκοπός της παραγοντικής ανάλυσης είναι η εύρεση ενός μικρού αριθμού παραγόντων (factors) που να εκφράζουν με υψηλά ποσοστά διακύμανσης (Variance) τις αρχικές μεταβλητές. Αυτό που επιτυγχάνει η παραγοντική ανάλυση είναι η αποκάλυψη των κυρίαρχων σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών και συνεπώς των κυρίαρχων παραγόντων και αφετέρου η μείωση της πολυπλοκότητας του πίνακα δεδομένων χωρίς σημαντική απώλεια πληροφοριών.

Επιπλέον η παραγοντική ανάλυση παρέχει τη δυνατότητα του υπολογισμού της γεωγραφικής επίδρασης των προκυπτόντων παραγόντων. Η γεωλογική ερμηνεία των παραγόντων αποκαλύπτει τις κυρίαρχες διεργασίες που έδρασαν καθώς επίσης και τη γεωγραφική επίδρασή τους.

Η ανίχνευση των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών (χημικές παράμετροι) απαιτεί την εφαρμογή της R-τύπου παραγοντικής ανάλυσης, ενώ αντίθετα η ανίχνευση των σχέσεων μεταξύ των δειγμάτων νερού, απαιτεί Q-τύπου ανάλυση. Η εφαρμογή της R-τύπου παραγοντικής ανάλυσης στα υδροχημικά δεδομένα των χημικών αναλύσεων των 51 δειγμάτων ολοκληρώθηκε στα παρακάτω στάδια (Davis, 1987, Koch & Link, 1970, Φερεντίνος κ.α., 1993):

α) Διευθέτηση των αρχικών μεταβλητών υπό μορφή πίνακα (data matrix) αφού πρώτα μετασχηματισθούν σε μεταβλητές υπό "τυποποιημένη" μορφή (Standardized) σύμφωνα με την σχέση:

$$Z_i = \frac{x_i - x_m}{s} \quad \text{όπου:}$$

Z_i = μεταβλητή υπό τυποποιημένη μορφή (παρουσιάζει μέση τιμή μηδέν και τυπική απόκλιση ίση με την μονάδα)

m = μέση τιμή της μεταβλητής

s = τυπική απόκλιση της μεταβλητής

Ο μετασχηματισμός αυτός είναι απαραίτητος ώστε οι αρχικές τιμές να καταστούν αδιάστατες.

β) Υπολογισμός των διακυμάνσεων - συνδιακυμάνσεων (Variance / Covariance) των μεταβλητών υπό τυποποιημένη μορφή ή των συντελεστών συσχέτισης των αρχικών μεταβλητών σύμφωνα με την σχέση:

$$r = \frac{\sum_i (x_i - x_m) (y_i - y_m)}{\{ [\sum_i (x_i - x_m)^2] [\sum_i (y_i - y_m)^2] \}^{1/2}}$$

όπου x και y είναι η i -οστή τιμή των μεταβλητών x και y και x_m και y_m είναι οι μέσες τιμές τους. Οι συντελεστές συσχέτισης (r) διευθετούνται υπό μορφή πίνακα (correlation matrix).

γ) Επίλυση του πίνακα συσχέτισης και υπολογισμός των ιδιοτιμών (eigenvalues) και των αντίστοιχων ιδιοδιανυσμάτων (eigenvectors)

δ) Μετασχηματισμός των δεδομένων σε παράγοντες (factors).

ε) Αποκοπή των επουσιωδών παραγόντων και διατήρηση των σημαντικότερων. Το στάδιο αυτό είναι ιδιαίτερα κρίσιμο για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της παραγοντικής ανάλυσης. Η εσφαλμένη επιλογή του αριθμού των διατη-

Πίν. 2: Αποτελέσματα ανάλυσης παραγόντων

Μεταβλητές	Παράγων	Ιδιοτιμές	Διακύμανση	Αθροιστική
PH	1	4.81661	30.1	30.1
Mg	2	2.32323	14.5	44.6
Ca	3	2.09895	13.1	57.7
Na	4	1.32300	8.3	66.0
K	5	1.22943	7.7	73.7
HCO ₃	6	0.96927	6.1	79.8
Cl	7	0.87541	5.5	85.2
SO ₄	8	0.66298	4.1	89.4
NO ₃	9	0.54579	3.4	92.8
T.H	10	0.41253	2.6	95.4
E.C	11	0.29877	1.9	97.2
NH ₃	12	0.21424	1.3	98.6
Fe	13	0.15927	1.0	99.6
Mn	14	0.05422	0.3	99.9
PO ₄	15	0.01259	0.1	100.0
SiO ₂	16	0.00371	0.0	100.0

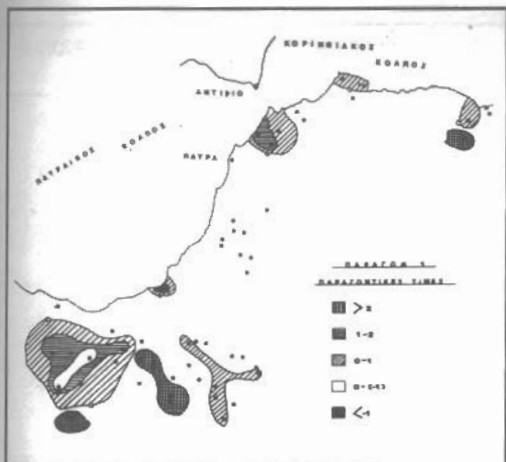
Πίν. 3: Παραγοντικές φορτίσεις μετά την περιστροφή των παραγοντικών αξόνων.

Μεταβλητές	Παράγων 1	Παράγων 2	Παράγων 3	Παράγων 4	Παράγων 5	Παράγων 6
PH	-0.31503	0.08967	-0.08032	0.84493	-0.06038	0.09201
Mg	0.19602	-0.05267	0.05783	0.08462	0.87004	0.13912
Ca	0.88513	0.13195	0.05087	-0.33362	-0.20671	0.08099
Na	-0.06798	0.83089	0.02660	0.45129	0.09412	-0.11400
K	0.61976	0.17844	-0.20656	0.42931	0.20139	-0.02147
HCO ₃	0.47607	0.37788	0.01415	-0.05106	0.16520	-0.15423
Cl	0.44385	0.77103	0.13671	0.10981	-0.06427	0.05723
SO ₄	0.79464	0.13393	-0.08446	0.01477	0.14784	0.09270
NO ₃	0.39326	-0.36504	0.11899	0.24698	-0.61546	0.18304
T.H.	0.91194	0.10130	0.04401	-0.26227	-0.04757	0.13498
E.C	0.64999	0.53637	0.09488	0.04899	0.01764	0.27335
NH ₃	0.28089	0.78778	0.11478	-0.20823	0.02702	0.05309
Fe	-0.10639	0.14924	0.84859	-0.16646	-0.04854	0.02544
Mn	-0.05397	0.09716	0.89895	-0.11091	-0.05405	0.08962
PO ₄	0.16255	0.00142	-0.00374	0.04578	0.06707	0.93991
SiO ₂	0.20579	-0.06087	0.72130	0.36155	0.19131	-0.20099

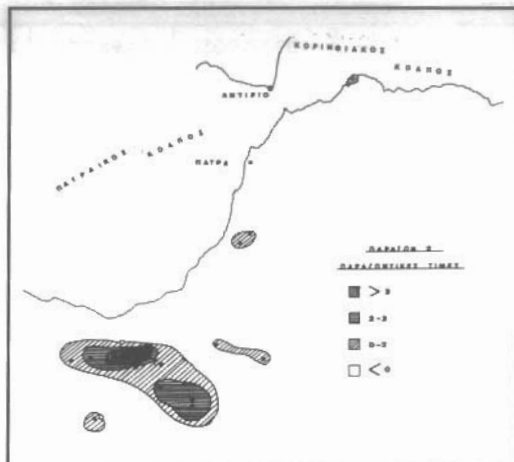
της επίδρασης κάθε παράγοντα σε κάθε θέση δειγματοληψίας. Το στάδιο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, γιατί υπολογίζει τη γεωγραφική κατανομή κάθε παράγοντα και συνεπώς τις διεργασίες που υποδηλώνει αυτός (Πίνακας 4).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο παράγων 1 εκφράζει το 30.1% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων (Πίνακας 2) και μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένας παράγων σκληρότητας, επειδή παρουσιάζει σημαντικές θετικές φορτίσεις στις εξής μεταβλητές T.H. (0.91), SO₄ (0.79), Ca (0.89), E.C. (0.65). Η επιφανειακή κατανομή των παραγοντικών τιμών του πρώτου παράγοντα (Σχ.2) έδειξε ότι η επίδρασή του είναι σημαντική στα κίτρινα ποτάμια ιζήματα ανατολικά του ποταμού Παράπειρου καθώς και



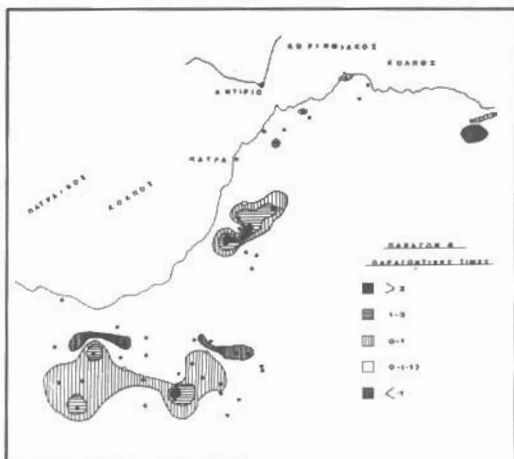
Σχ.2: Γεωγραφική εξάπλωση παράγοντα 1
Fig.2: Distribution of factor 1



Σχ.3: Γεωγραφική εξάπλωση παράγοντα 2
Fig.3: Distribution of factor 2



Σχ.4: Γεωγραφική εξάπλωση παράγοντα 3
Fig.4: Distribution of factor 3



Σχ.5: Γεωγραφική εξάπλωση παράγοντα 4
Fig.5: Distribution of factor 4

στα σύγχρονα αλλουβιακά ριπιδία.

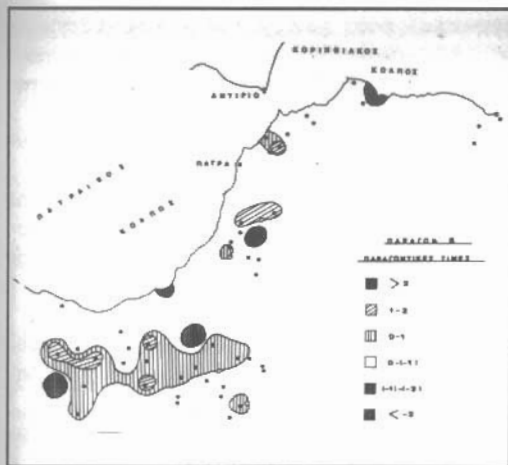
Ο παράγων 2 εκφράζει το 14.5% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων και μπορεί να χαρακτηριστεί σαν ένας παράγων αλατινότητας και μόλυνσης, όπως δηλώνουν οι υψηλές φορτίσεις των μεταβλητών Na (0.83), Cl (0.77) και NH₃ (0.79). (Πίνακας 2). Ο παράγων αυτός, όπως προκύπτει από την επιφανειακή κατανομή των παραγοντικών τιμών (Σχ.3), παρουσιάζει σημαντική επίδραση κυρίως στα κόκκινα ποτάμια ιζήματα, σε διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και παράλληλα του ποταμού Παράπειρου.

Ο παράγων 3 εκφράζει το 13.1% της ολικής διακύμανσης και μπορεί να θεωρηθεί ως ένας παράγων ο οποίος δηλώνει διεργασία εισόδου Fe και Mn στο υπόγειο νερό. Γεωγραφικά η επίδραση του παραπάνω παράγοντα είναι περιορισμένη (Σχ.4).

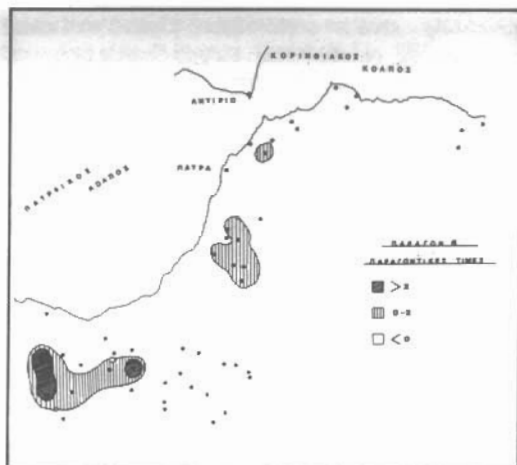
Ο παράγων 4 εκφράζει το 8.3% της ολικής διακύμανσης των δεδομένων και μπορούμε να τον θεωρήσουμε σαν ένα παράγοντα του ΡΗ (Πίνακας 2). Η μελέτη της επιφανειακής κατανομής των παραγοντικών τιμών, έδειξε ότι ο τέταρτος

Πίν. 4: Παραγοντικές τιμές (Factor scores)

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΠΑΡΑΓΩΝ 1	ΠΑΡΑΓΩΝ 2	ΠΑΡΑΓΩΝ 3	ΠΑΡΑΓΩΝ 4	ΠΑΡΑΓΩΝ 5	ΠΑΡΑΓΩΝ 6
1	-0.13	-0.62	0.24	-0.26	0.99	-1.18
2	0.08	-0.22	0.05	-0.43	-0.46	-0.21
3	0.06	-0.44	1.03	-0.57	-1.52	0.28
4	0.17	-0.61	-0.10	0.01	-0.95	-0.61
5	-0.50	-0.61	0.52	0.87	1.07	0.18
6	-0.46	-0.44	0.41	0.62	-0.29	-1.01
7	-0.20	0.06	-0.33	-1.43	-0.12	0.36
8	-0.66	-0.04	-0.44	-1.04	0.76	0.26
9	-0.63	-0.03	-0.70	-0.87	0.62	-0.54
10	-0.14	-0.52	-0.30	-0.73	-0.64	-0.45
11	0.01	-0.35	-0.81	-0.77	-0.81	0.10
12	-0.07	-0.50	0.21	-0.33	0.30	-1.33
13	0.43	-0.88	0.08	-0.17	-1.35	-1.01
14	-0.73	0.23	-0.66	-1.08	0.04	0.15
15	-0.74	2.20	1.56	0.06	1.49	-0.26
16	-1.64	1.08	-0.75	-0.34	0.80	2.33
17	-0.73	-0.51	1.73	-0.45	-0.18	-1.12
18	-1.78	2.51	0.45	2.25	-0.27	-0.14
19	1.93	3.55	-0.11	-1.17	-0.81	0.03
20	0.14	0.18	5.79	-0.88	-0.34	1.01
21	-1.75	2.08	-0.31	1.54	-0.30	-1.19
22	-0.29	-0.77	0.09	-0.08	1.67	-0.88
23	3.09	0.60	-0.24	1.33	2.06	-0.78
24	1.45	2.20	-1.25	-1.19	-0.92	-0.79
25	-0.38	-0.22	-0.66	-0.27	-0.75	-0.22
26	-1.06	0.77	-0.53	1.49	0.38	-0.46
27	1.13	0.39	0.15	-0.36	1.84	3.36
28	2.05	-0.12	-0.31	0.72	-1.72	2.09
29	0.58	-0.67	-0.38	0.21	0.44	1.94
30	-1.38	-0.27	-0.49	-1.13	-0.14	0.12
31	-0.48	-0.59	-0.07	-0.03	-0.31	-0.43
32	-0.52	-0.67	-0.48	0.08	-0.43	-0.15
33	0.88	-0.63	-0.52	0.06	-0.55	-0.67
34	0.80	-0.25	0.24	-0.49	-1.22	-0.76
35	-0.95	-0.52	-0.22	0.16	-0.25	-0.24
36	0.10	0.82	0.23	0.13	-0.30	-0.05
37	-0.02	-0.09	0.47	-0.63	-0.40	-1.16
38	0.66	-0.13	-0.63	-0.51	-0.48	1.21
39	-0.69	-0.24	-0.24	-0.49	0.15	1.00
40	1.26	-0.26	0.49	-0.32	0.59	-0.27
41	1.76	-0.40	-0.09	-0.14	2.31	-1.34
42	-0.32	-0.38	-0.46	-0.73	-0.22	-0.82
43	1.33	-0.96	-0.23	0.02	1.38	-0.97
44	-0.56	-0.93	-0.21	1.21	1.19	0.39
45	-0.55	-0.30	-0.71	-0.61	-0.32	0.89
46	-0.75	-0.20	-0.75	-0.71	-0.15	1.21
47	-0.16	-0.92	-0.11	1.53	0.55	0.63
48	0.70	1.17	-0.48	2.67	-0.68	-0.17
49	-0.59	0.04	-0.53	-0.86	-0.55	0.18
50	-0.75	-1.01	-0.12	1.09	1.40	0.75
51	0.78	-1.59	0.46	3.02	-2.58	0.77



Σχ.6: Γεωγραφική εξάπλωση παράγοντα 5
Fig.6: Distribution of factor 5



Σχ.7: Γεωγραφική εξάπλωση παράγοντα 6
Fig.7: Distribution of factor 6

παράγων παρουσιάζει ιδιαίτερα σημαντική επίδραση στα θαλάσσιας προέλευσης ιζήματα καθώς και σε ποτάμια ιζήματα του Πείρου ποταμού. Οι περιοχές αυτές υψηλής αλκαλικότητας (Σχ.5) είναι αποτέλεσμα της χημικής σύστασης των παραπάνω ιζημάτων.

Ο παράγων 5 (Σχ.6) εκφράζει το 7.7% της ολικής διακύμανσης και είναι διπολικού (bipolar) χαρακτήρα. Παρουσιάζει υψηλή θετική φόρτιση στη μεταβλητή Mg (0.87) και υψηλή αρνητική φόρτιση στη μεταβλητή NO₃ (-0.62) (Πίνακας 2). Ο παράγων αυτός εκφράζει τη διεργασία που προκαλεί έντονη "αντιπάθεια" μεταξύ Mg και του NO₃.

Τέλος, ο παράγων 6 εκφράζει το 6.1% της ολικής διακύμανσης και μπορεί να θεωρηθεί ως ένας παράγων των φωσφορικών. Η γεωγραφική του εξάπλωση είναι σημαντική στα κόκκινα ποτάμια ιζήματα, κυρίως στο δυτικότερο τμήμα της περιοχής έρευνας (Άρλα, Φώσταινα) (Σχ.7). Η περιοχή αυτή υψηλής συγκέντρωσης σε φωσφορικά, πιθανά να συνδέεται με τη χρήση λιπασμάτων για άρδευση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BRIZ-KISHORE, B.H, MURALI, G.(1992). Factor Analysis for Revealing Hydrochemical Characteristics of a Watershed. *Envir. Geology*.
- DAVIS, J.C.(1987). *Statistics and analysis in geology* 2nd edition. John Wiley and Sons, N.Y 656p.
- ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ, Κ., ΚΡΕΣΤΑΙΝΙΤΗΣ, Γ., ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ, Π., ΔΑΣΚΑΛΑΚΗ, Π. (1993). Υδρογεωλογικές και υδροχημικές συνθήκες της λεκάνης του Πείρου ποταμού (ν. Αχαΐας). Ανακοίνωση στο 2ο Υδρογεωλ. συνέδριο, Πάτρα (τόμος πρακτικών υπό εκτύπωση).
- ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ, Κ. (1994). Υδρογεωλογικές συνθήκες του νομού Αχαΐας (Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή).
- DOUSOS, Th., KONTOPOULOS, N. and POULIMENOS, G.(1988). The Corinth - Patras rift as the initial stage of continental fragmentation behind an active island arc (Greece). *Basin Research* 1,177-190.
- ΔΟΥΤΕΟΣ, Θ., ΚΟΝΤΟΠΟΥΛΟΣ, Ν., ΚΟΥΚΗΣ, Γ., ΦΥΔΑΣ, Δ. (1989). Νεοτεκτονικός χάρτης φύλλο "Πάτρα" κλίμακα 1:100.000, ΟΑΕΠ.
- ΗΚΚΛΙ, Τ.Α. (1970). Factor analysis of the sulphide phase in maficultramafic rocks in Finland. *Bull. Geol. Soc. Finland* 42, pp109-118.
- ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ, Ν. (1991). Εισαγωγή στην Υδροχημεία.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

- KAISER, H.F. , (1958). The Varimax criteria for analytical rotation in factor analysis: *Psychometrika*, v.23, p.187-200
- ΖΙΟΥΡΚΑΣ, Κ., ΚΟΥΚΗΣ, Γ., (1989). Κατολισθητικά φαινόμενα στο νομό Ευρυτανίας. Πολυμεταβλητή ανάλυση δεδομένων. Δελτίο ΚΕΔΕ τεύχος 1-2/1989.
- ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ, Γ. (1990). Διεργασίες σύγχρονης ιζηματογένεσης στον Κορινθιακό κόλπο. Διδακτορική διατριβή.
- ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ, Γ., ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΣ, Γ. (1993). Εφαρμογές μεθόδων στατιστικής πολυμεταβλητής ανάλυσης σε προβλήματα μόλυνσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από βαρέα μέταλλα. 3ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο 1-3 Απριλίου 1993.
- PHILLIPSON, A. (1892) . Der Peloponnes. 642 S. Berlin.
- SAAGER, R. and ESSELLAAR, P.A. (1969). Factor analysis of Geochemical Data from the Basal Reef, Orange Free State Goldfield, S. Africa. *Econ. Geology*. Vol.64, 1969, pp.445-451.
- ΤΟΜΠΟΥΛΟΓΛΟΥ, Γ. (1989). Εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης αντιστοιχιών στη λήψη αποφάσεων κατά την μεταλλευτική έρευνα (Αδημοσίευτη μελέτη).
- ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΣ, Γ., ΓΚΙΩΝΗΣ, Γ., ΖΑΧΑΡΙΑΣ, Ι., ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ, Γ. (1993). Εφαρμογές στατιστικών μεθόδων ανάλυσης στις επισιτήμες της γης (υπό έκδοση).
- ΨΑΡΙΑΝΟΣ, Π. (1943). Αι πλειοκαινικά αποθέσεις της Αχαΐας. *Annal. Geol. des pays Hell.* Τόμος 3, pp. 193-214. Αθήνα.
- ZELILIDIS, A., ΚΟΥΚΟΥΒΕΛΑΣ, Ι. and DOUTSOS, Th. (1988). Neogene paleostress changes behind the forearc fold belt in the Patraikos gulf area. *N Jb Geol. Palaont.* H.5 (311-325).