

# Η δυναμική εξέλιξη των ποτάμιων συστημάτων του Πηνειού και του Τιταρήσιου σε σχέση με τη μορφοτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης της ανατολικής Θεσσαλίας.

ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ Κ.<sup>(1)</sup>, ΠΑΥΛΟΠΟΥΛΟΣ Κ.<sup>(2)</sup>, ΣΥΡΙΔΗΣ Γ.<sup>(3)</sup>, ΜΟΥΜΟΥ Χ.<sup>(1)</sup>

## ABSTRACT

Pinios and Titarissios Rivers are the two main drainage systems of the eastern graben of the Thessaly basin. Titarissios River is a tributary of Pinios River and its channel is located northwards of the Pinios River main channel in the north part of the Larissa plain. Their junction is situated in the NE part of the plain, just before their entrance in the narrow straits of Rodia valley. Through the Rodia valley and the Tembi valley farther downwards, the fluvial system of Pinios River discharges to the Aegean Sea.

The fluvial response of the Pinios and Titarissios Rivers has been studied with the use of digital elevation SRTM data processed in GIS software. The data procession carried out the estimation of elevation and inclination for the low relief areas of the plain. In addition, the SL (stream length) morphotectonic index was calculated for the entire length of the channels for both rivers.

The values of the inclinations for the segments of the Titarissios channel are higher while the variations of the SL index are lower than the corresponding values of the Pinios River. On the contrary, due to the lower values of the segment inclinations for the Pinios channel, the SL index value is extremely high for the channel segment in Rodia valley.

The evolution of the Pinios and Titarissios drainage systems show us that the narrows of the Rodia valley were formed not as an elongated drainage network, due to backward erosion controlled by Aegean Sea base level. In contrast, the geological formation of the Rodia valley is younger than the Tembi valley. The channel incision on an initial meandering drainage network pattern and the simultaneous tectonic uplift of the fault-bounded Rodia block are responsible for the formation of the narrows of the Rodia valley. According to the SL index values, the fluvial system controlling the channel erosion in Rodia valley, and is also in equilibrium with the upstream channel, is the Titarissios River.

The more dynamic fluvial system of Titarissios River creates a new erosion level. This new equilibrium on the drainage network of eastern Thessaly basin, with high rates of channel incision in the Rodia channel segment, drains the Larissa plain and controls the Pinios River flow.

Keywords: drainage network, Pinios River, morphotectonic index, Thessaly, Greece.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ποταμοί Πηνειός και Τιταρήσιος αποτελούν τα δύο κύρια συστήματα αποστράγγισης του ανατολικού βυθίσματος της λεκάνης της Θεσσαλίας. Ο Τιταρήσιος ρέει βορειότερα του Πηνειού ποταμού και ως παραπόταμός του συμβάλει σ' αυτόν στο ΒΑ άκρο της λεκάνης της Λάρισσας. Στη συνέχεια διαμέσου των στενών της Ροδιάς και των Τεμπών ο Πηνειός εκβάλλει στη θάλασσα.

Για την μελέτη της δυναμικής εξέλιξης των κοιτών των ποταμών Πηνειού και Τιταρήσιου χρησιμοποιήθηκαν υψομετρικά δεδομένα αναγλύφου SRTM της λεκάνης της Θεσσαλίας τα οποία επεξεργάστηκαν με λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Η επεξεργασία των παραπάνω δεδομένων έδωσε τη δυνατότητα προσδιορισμού των υψομέτρων και των κλίσεων στις περιοχές

## THE FLUVIAL RESPONSE OF PINIOS AND TITARISIOS RIVERS TO MORPHOTECTONIC DEFORMATION OF EASTERN THESSALY BASIN

<sup>1</sup>Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., [vouval@geo.auth.gr](mailto:vouval@geo.auth.gr)

<sup>2</sup>Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, <sup>3</sup>Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., [syrides@geo.auth.gr](mailto:syrides@geo.auth.gr)

<sup>3</sup>Τομέας Γεωλογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., [syrides@geo.auth.gr](mailto:syrides@geo.auth.gr)

χαμηλού αναγλύφου της λεκάνης. Παράλληλα υπολογίστηκε ο μορφοτεκτονικός δείκτης SL για όλο το μήκος των κοιτών των δύο ποταμών.

Οι κλίσεις της κοίτης του Τιταρήσιου είναι μεγαλύτερες και οι μεταβολές της τιμής του δείκτη SL αισθητά μικρότερες από αυτές του Πηνειού. Σε αντίθεση ο Πηνειός ποταμός εξαιτίας των μικρότερων κλίσεων στην κοίτη του παρουσιάζει έναν εξαιρετικά μεγάλο δείκτη SL (με τιμή 758) για το τμήμα της κοίτης στα στενά της Ροδιάς.

Προσδιορίζοντας την δυναμική εξέλιξη των ποτάμιων συστημάτων Πηνειού και Τιταρήσιου φαίνεται ότι η επιγενετική κοιλάδα των στενών της Ροδιάς δεν αποτελεί προϊόν της οπισθοδρομούσας διάβρωσης από τη διάνοιξη των Τεμπών κατά την αποστράγγιση του βυθίσματος της Θεσσαλίας. Αντίθετα είναι πολύ νεότερη από τη διάνοιξη των Τεμπών του Πηνειού και οφείλεται στις ανυψωτικές κινήσεις του τεκτονικού κέρατος της Ροδιάς. Ειδικότερα όπως είναι εμφανές από τις τιμές του δείκτη SL, το ποτάμιο σύστημα που προκαλεί τη διάβρωση των στενών της Ροδιάς και βρίσκεται σε ισορροπία με το τμήμα της κοίτης στα ανάντη, είναι το σύστημα του Τιταρήσιου.

Το δυναμικότερο λοιπόν ποτάμιο σύστημα του Τιταρήσιου διαμορφώνει ένα νέο βασικό επίπεδο διάβρωσης. Έτσι, η νέα αυτή δυναμική ισορροπία στο υδρογραφικό δίκτυο της ανατολικής Θεσσαλίας, με την έντονη κατά βάθος διάβρωση στα στενά της Ροδιάς, προκάλεσε την αποστράγγιση της λεκάνης και οδηγεί σήμερα τα νερά του Πηνειού ποταμού προς τον Τιταρήσιο.

Λέξεις κλειδιά: υδρογραφικό δίκτυο, Πηνειός ποταμός, μορφοτεκτονικοί δείκτες, Θεσσαλία, Ελλάδα.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Πηνειός ποταμός της Θεσσαλίας με τους παραποτάμους του αποτελεί το κύριο σύστημα αποστράγγισης του βυθίσματος της Θεσσαλίας από το Μέσο-Ανώτερο Πλειστόκαινο (500.000 έτη) έως σήμερα (Ψιλοβίκος, 1991). Ο Πηνειός ποταμός ακολούθησε διάφορες φάσεις εξέλιξης, ενώνοντας της επιμέρους λεκάνες του τεκτονικού βυθίσματος της Θεσσαλίας με στενές κοιλάδες και στη συνέχεια διαμέσου της κοιλάδας των Τεμπών το αποστράγγιζε προς το Αιγαίο πέλαγος.

Τα υδρογραφικά συστήματα για ένα μακρύτερο σε βάθος χρονικό διάστημα και οι ποτάμιες κοίτες για ένα μικρότερο είναι μάρτυρες της εξέλιξης του μορφολογικού αναγλύφου μιας περιοχής, γιατί με βάση συγκεκριμένες συνεχείς εξελικτικές ποτάμιες διεργασίες εξομαλύνουν τις μεταβολές του αναγλύφου αφήνοντας παράλληλα τα αποτυπώματα των φάσεων εξέλιξης (πχ. αναβαθμιδές). Ειδικότερα για τις ποτάμιες κοίτες η χρήση μορφοτεκτονικών δεικτών μας οδηγεί σε ασφαλή συμπεράσματα για την επίδραση της τεκτονικής στη διαμόρφωση του μορφολογικού αναγλύφου.

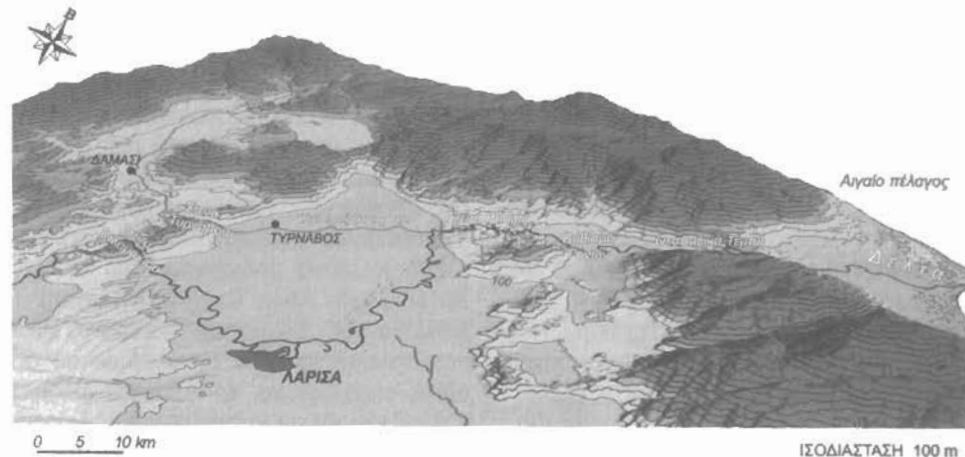
Στην παρούσα εργασία μελετούνται τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του υδρογραφι-

κού συστήματος αποστράγγισης του βυθίσματος της ανατολικής Θεσσαλίας, το οποίο αποτελείται από τον Πηνειό ποταμό και τον παραπόταμό του Τιταρήσιο.

## 2. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η Θεσσαλία αποτελεί ένα εκτεταμένο ενδοορεινό βύθισμα της Κεντρικής Ελλάδας, το οποίο οριοθετείται στα ανατολικά από τους ορεινούς όγκους της Πελαγονικής και δυτικά από τους ορεινούς όγκους της Πίνδου. Το βύθισμα αυτό δεν είναι γεωμορφολογικά ενιαίο και χωρίζεται στα επιμέρους βυθίσματα της Δυτικής και Ανατολικής Θεσσαλίας (Ψιλοβίκος, 1991). Ειδικότερα το βύθισμα της ανατολικής Θεσσαλίας υποδιαιρείται στις επιμέρους λεκάνες Σαρανταπόρου - Ελασσόνας και Τυρνάβου - Λάρισας (Ψιλοβίκος, 1991).

Αναλυτικότερα, η λεκάνη Τυρνάβου - Λάρισας χωρίζεται υδρολογικά σε δύο επιμέρους τμήματα. Το βόρειο τμήμα το οποίο αποστράγγιζεται από τον Πηνειό ποταμό και τον παραπόταμό του Τιταρήσιου και το νότιο τμήμα το οποίο ανήκει στην υδρολογική λεκάνη της λίμνης Κάρλας. Οι δύο αυτοί ποταμοί εισέρχονται από τα δυτικά στο βόρειο τμήμα της λεκάνης και ενώνονται στα στενά κοιλάδων Καλαμακίου και Δαμασίου αντίστοιχα, συμβάλλοντας μεταξύ τους στο



Σχήμα 1. Μορφολογική αποτύπωση του βόρειου τμήματος της λεκάνης της Ανατολικής Θεσσαλίας έως το δέλτα του Πηνειού ποταμού στο Αιγαίο πέλαγος.

βορειοανατολικό άκρο της λεκάνης και στη συνέχεια διαμέσου των στενών κοιλάδων Ροδιάς και Τεμπών εκβάλλουν στο Αιγαίο Πέλαγος (σχήμα 1).

Το υδρολογικό σύστημα του Πηνειού ποταμού στη λεκάνη της Λάρισας αποτελούσε πάντοτε τον φυσικό υπερχειλιστήρα της λίμνης της Κάρλας διαμορφώνοντας μια ανώτατη στάθμη στο ιστορικό παρελθόν της περιοχής, αλλά ταυτόχρονα υπήρχε και βασικός τροφодότης της λίμνης σε νερό κατά τις πλημμυρικές εξάρσεις του.

## 3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ - ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το βύθισμα της Θεσσαλίας δημιουργήθηκε πάνω στο γεωλογικό υπόβαθρο τριών μεγάλων γεωτεκτονικών ζωνών, της Πελαγονικής στα ανατολικά, της Πίνδου στα δυτικά και των οφειολίθων της Πελαγονικής ανάμεσα στις δύο ζώνες (Μουντράκης, 1985). Η Πελαγονική μάζα κατέχει το κεντρικό και ανατολικό τμήμα της Θεσσαλίας και αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα γνευσίων, σχιστολίθων και μαρμάρων, ενώ σημαντική είναι επίσης η παρουσία των ασβεστολίθων.

Η κατανόηση της γεωμορφολογικής εξέλιξης του βυθίσματος της Θεσσαλίας έχει άμεση σχέση με την εξέλιξη της ρηγιγενούς τεκτονικής στον χώρο των Εσωτερικών Ελληνίδων (Caruto et al., 1994). Ειδικότερα η λεκάνη της Λάρισας

αποτελεί μια ενδοορεινή λεκάνη που άρχισε να δημιουργείται από το Πλειόκαινο, εξαιτίας της μετα-ορογενετικής κατάρρευσης από τη δράση ενός εφελκιστικού πεδίου τάσεων ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης (Caruto & Paviides, 1993). Το πεδίο αυτό των τάσεων δημιούργησε μια σειρά τεκτονικών κεράτων και τάφρων ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης, τα οποία οριοθετούνται από μεγάλα κανονικά ρήγματα (Caruto et al., 1994). Στην ευρύτερη Θεσσαλία, αυτό το τεκτονικό καθεστώς ήταν ενεργό από το Πλειόκαινο, ή πιθανά το Ανώτατο Μειόκαινο έως το Κατώτερο Πλειστόκαινο (Caruto, 1990).

Από παλαιογεωγραφική άποψη η παραπάνω τεκτονική δημιούργησε εκτεταμένα ενδοορεινά βυθίσματα τα οποία καλύφθηκαν από νερό σε όλη σχεδόν την έκτασή τους δημιουργώντας λιμναίες συνθήκες ιζηματογένεσης. Η παλαιογεωγραφία της περιοχής όπως προκύπτει από τα ιζηματολογικά και στρωματογραφικά στοιχεία χαρακτηρίζεται από την επικράτηση λιμναίων συνθηκών. Ακολουθώντας την συνεχιζόμενη βύθιση της λεκάνης και την τροφοδοσία της από τα υδρογραφικά δίκτυα σχηματίστηκε μια μεγάλη λίμνη με πιθανό μέγιστο βάθος 10m περίπου, εκτεινόμενη σε όλη την περιοχή της Θεσσαλικής πεδιάδας. Η παρουσία ελωδών και λιμναίων αποθέσεων μέχρι την περίοδο του Βιλλαφράγκιου, αποδεικνύει ότι κανένα υδρογραφικό δίκτυο δεν είχε αναπτυχθεί στη λεκάνη της Λάρισας (Caruto et al. 1994).

Τα νερά των λιμνών αυτών άρχισαν να αποστραγγίζονται προς το Αιγαίο Πέλαγος κατά το τέλος του Βιλαφράγκιου (Faugeres, 1977) ή λίγο μεταγενέστερα κατά το Αν. Πλειστόκαινο (500.000yBP) (Ψιλοβίκος, 1991). Τότε άρχισε και η συγκρότηση ενός αρχικού υδρογραφικού δικτύου του Πηνεϊού ποταμού το οποίο ένωσε τα επιμέρους βυθίσματα με τη δημιουργία στενών κοιλάδων που δημιουργήθηκαν από την ποτάμια δράση και παράλληλα άρχισε να μεταφέρει ιζήματα εκτός της λεκάνης δημιουργώντας τις πρώτες δελταϊκές αποθέσεις του ποταμού στον Αιγαϊκό χώρο.

Μετά από μία περίοδο γεωτεκτονικής σταθερότητας, ένα νέο τεκτονικό καθεστώς επικρατεί στη Θεσσαλική λεκάνη. Είναι πάλι εφελκυστική η τεκτονική όπως και η προηγούμενη αλλά χαρακτηρίζεται από ρήγματα διεύθυνσης BBA-NNΔ (Caruto 1990). Αυτή η τεκτονική φάση που ξεκίνησε από το Μέσο-Κατώτερο Πλειστόκαινο είναι ακόμα ενεργή μέχρι και σήμερα, όπως προκύπτει από την πρόσφατη και ιστορική σεισμική δραστηριότητα στην ευρύτερη περιοχή. Είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντική για την δομική εξέλιξη της Θεσσαλίας και ειδικά για το βόρειο τμήμα της πεδιάδας της Λάρισας. Οι νέες γεωδυναμικές συνθήκες δημιούργησαν ένα νέο σύστημα κανονικών ρηγμάτων με κύριες διευθύνσεις Α-Δ και ΑΝΑ-ΔΒΔ. Τα περισσότερα από αυτά τα ρήγματα κόβουν τα παλαιότερα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Σύμφωνα με τους ρυθμούς ολισθησης που υπολογίζονται για μερικά ρήγματα (ρήγμα Ροδιάς και ρήγμα Τυρνάβου) (Caruto et al. 1994) και θεωρώντας ότι αυτοί είναι ανάλογοι και για άλλα σημαντικά ρήγματα, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η λεκάνη του Τυρνάβου καθορίζεται ως μια μεμονωμένη τεκτονική δομή, ανεξάρτητη από την παλαιότερη λεκάνη της Λάρισας από το Ανώτερο Πλειστόκαινο και μετά.

#### 4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

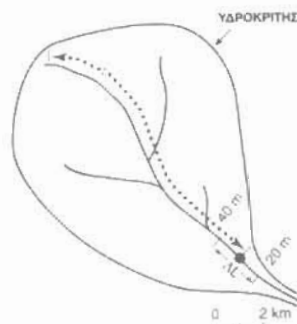
Η μορφολογική μελέτη του χαμηλού αναγλύφου του βόρειου τμήματος της λεκάνης της Λάρισας, του βυθίσματος των Γόνων και της δελταϊκής προεξοχής του Πηνεϊού ποταμού στο Αιγαίο πέλαγος, έγινε με τη χρήση ψηφιακών δεδομένων αναγλύφου τα οποία αναλύθηκαν σε

λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Mapinfo 6.0 & Ver. Mapper 3.1).

Ειδικότερα για την λεπτομερή ανάλυση του χαμηλού και ομαλού μορφολογικού αναγλύφου της λεκάνης, ήταν απαραίτητη η χρήση δεδομένων μεγαλύτερης ακρίβειας από τους χάρτες της ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακά δεδομένα αναγλύφου (DEM) τα οποία προέρχονται από δεδομένα SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Τα δεδομένα αυτά εξήχθησαν από εικόνες Radar που συλλέχθηκαν από τη NASA έπειτα από ειδική αποστολή και δόθηκαν σε χρήση το 2003. Πρόκειται για υψηλής ακρίβειας δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν από δορυφόρους με την εφαρμογή της τεχνικής της συμβολομετρίας ραντάρ μονής διέλευσης. Η απόσταση δύο διαδοχικών σημείων στον κάναβο είναι 90m και η σύγκριση των υψομέτρων του DEM με αντίστοιχες τιμές από GPS ακρίβειας έδειξε ότι υπερτερούν σε ακρίβεια των τοπογραφικών χαρτών κλίμακας 1:50.000 (Jarvis et al., 2005).

Η μορφοτεκτονική ανάλυση των κοιτών των ποταμών Πηνεϊού και Τιταρήσιου έγινε με τη χρήση του δείκτη SL (stream length). Ο δείκτης SL προσδιορίζεται από τον τύπο  $SL = (\Delta H / \Delta L) \cdot L$  (Keller & Pinter, 2002) όπου  $\Delta H / \Delta L$  είναι η κλίση του τμήματος της κοίτης και L είναι η απόσταση του κέντρου του υπό μελέτη τμήματος της κοίτης από το ακρότατο σημείο του υδρογραφικού δικτύου στον υδροκρίτη (σχήμα 2).

Ο δείκτης SL αντικατοπτρίζει την ποτάμια δράση και είναι μια εξαιρετικά σημαντική υδρο-



Σχήμα 2. Τρόπος υπολογισμού του δείκτη SL (σχήμα τροποποιημένο από Keller & Pinter, 2002)

λογική μεταβλητή γιατί σχετίζεται με την ικανότητα ενός ποταμού να διαβρώσει τον πυθμένα του και να μεταφέρει ιζήματα διαμορφώνοντας μια κοίτη ισορροπίας. Ο δείκτης αυτός είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος στις μεταβολές της κλίσης του πυθμένα της ενός ποταμού και οι διακυμάνσεις του μπορούν να δείξουν πιθανή τεκτονική δράση και αλλαγές στην πετρογραφία του πυθμένα.

#### 5. ΤΟ ΧΑΜΗΛΟ ΑΝΑΓΛΥΦΟ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

Το μορφολογικό ανάγλυφο του βόρειου χαμηλού τμήματος της λεκάνης της Λάρισας είναι ομαλό με υψόμετρα που κυμαίνονται από 95 έως 60 m. Από την ανάλυση των ψηφιακών δεδομένων αναγλύφου σε περιβάλλον GIS προέκυψε ο παρακάτω χάρτης (Σχήμα 3). Στον χάρτη αυτό παρουσιάζονται οι ισούψεις καμπύλες ανά 5 m προσδιορίζοντας έτσι τα κύρια γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του.

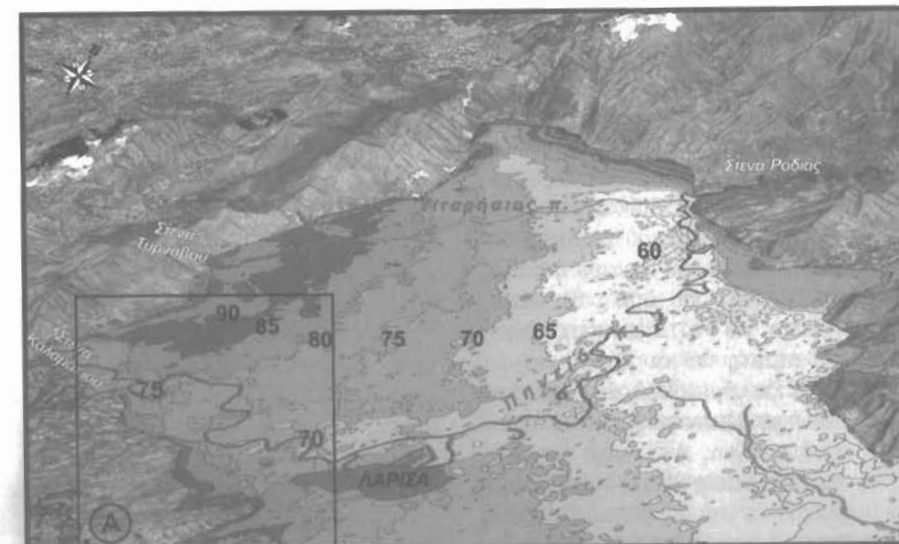
Χαρακτηριστική γεωμορφή αυτού του τμήματος της λεκάνης αποτελεί ένα εκτεταμένο αλλουβιακό ριπίδιο με κεφαλή (άνωτερο τμήμα, apex) την έξοδο του ποταμού Τιταρήσιου από τα Στενά του Τυρνάβου (Δαμασίου) στα δυτικά. Το υψόμετρο στην κεφαλή του ριπίδιου είναι 95 m περίπου και η έκτασή του είναι ιδιαίτερα

μεγάλη με το κατώτερο τμήμα του να φτάνει έως το υψόμετρο των 65 m περίπου. Νότιο όριο του ριπίδιου αυτού αποτελεί ο Πηνεϊός ποταμός. Ο Πηνεϊός εισέρχεται στη λεκάνη της Λάρισας από τα στενά του Καλαμακίου σε υψόμετρο 77 m περίπου. Στη συνέχεια εγκιβωτίζεται μέσα στις αλλουβιακές αποθέσεις (σχήμα 3<sup>Α</sup>) και διαρρέοντας το χαμηλό τμήμα της λεκάνης στρέφεται ΒΑ προς την υδρολογική έξοδό του στη κοιλάδα της Ροδιάς.

Ο Πηνεϊός ποταμός σε όλο το μήκος του στην λεκάνη της Λάρισας έχει χαρακτηριστική μαιανδρική μορφή ως αποτέλεσμα των μικρότερων κλίσεων στην κοίτη του, ενώ ο Τιταρήσιος βορειότερα έχει σαφή ελικοειδή μορφή με μικρότερο λόγο S1 (μαιανδρικός λόγος) διαρρέοντας τις με μεγαλύτερες κλίσεις αποθέσεις του αλλουβιακού του ριπίδιου.

#### 6. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΚΟΙΤΗΣ ΤΟΥ ΠΗΝΕΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Ο Πηνεϊός ποταμός αποτελεί ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο και σύνθετο υδρογραφικό σύστημα αποστράγγισης της Θεσσαλίας. Οι επιμέρους ταφρολεκάνες της Θεσσαλίας παρουσιάζουν αυτόνομη υδρολογική ανάπτυξη και συνδέονται



Σχήμα 3. Μορφολογικό σκαρίφημα των αλλουβιακών αποθέσεων του Βόρειου Τμήματος της Λάρισας όπως προέκυψε από την ανάλυση του DEM προερχόμενου από δεδομένα SRTM.

μεταξύ τους με στενές κοιλάδες, διαπερνώντας ορεινούς όγκους που διαβρώθηκαν από την ποτάμια δράση. Είναι λοιπόν προφανές ότι ενώ το υδρογραφικό δίκτυο του Πηνειού ποταμού μελετάται ως ενιαίο με συγκεκριμένους κανόνες που διέπουν την εξέλιξη του, εντούτοις τα τμήματα των κοιτών του στις επιμέρους υπολεκάνες παρουσιάζουν χαρακτηριστική διαφοροποίηση στην εξελικτική τους πορεία και στα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους.

Έτσι λοιπόν τα τμήματα των κοιτών του Πηνειού και του Τιταρήσιου στην λεκάνη της Λάρισας δεν πρέπει να μελετηθούν μόνο ως προς τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους, αλλά ως ένα κομβικό σημείο στο υδρογραφικό δίκτυο της Θεσσαλίας. Τα ποτάμια στο κομβικό αυτό σημείο προέρχονται από τις υπολεκάνες της Δυτικής Θεσσαλίας και της Ελασσόνας αντίστοιχα, που βρίσκονται σε διαφορετικά στάδια εξέλιξης και στη συνέχεια συμβάλλουν μεταξύ τους πριν από τη στενή κοιλάδα της Ροδιάς διαμορφώνοντας ένα κοινό βασικό επίπεδο διάβρωσης (Bull, 1991).

### 6.1 Προσδιορισμός του δείκτη SL (stream length)

Ο δείκτης αυτός επιλέχθηκε γιατί είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος στις μεταβολές της κλίσης του πυθμένα ενός ποταμού, αντανακλά άμεσα την ικανότητα διαμόρφωσης ενός προφίλ ισορροπίας από τον ποταμό και σχετίζεται άμεσα με την τεκτονική δράση και τη γεωμορφολογική εξέλιξη της λεκάνης απορροής.

Για τον υπολογισμό του δείκτη SL οι μετρήσεις έγιναν σε λογισμικό GIS και τα υψόμετρα εξήχθησαν από το DEM που χρησιμοποιήθηκε. Έτσι για την κοίτη του Πηνειού ποταμού υπολογίστηκαν οι τιμές του δείκτη SL και οι αντίστοιχες κλίσεις για τα τμήματα της κοίτης του από τις δελταικές του αποθέσεις έως το ακρότατο σημείο του υδρογραφικού του δικτύου στο Μαλακασιώτικο ρέμα στα όρια των νομών Τρικάλων και Ιωαννίνων. Αντίστοιχα υπολογίστηκαν οι τιμές του δείκτη SL και των κλίσεων για τον ποταμό Τιταρήσιο για ένα μήκος κοίτης 108 km περίπου (σχήμα 4).

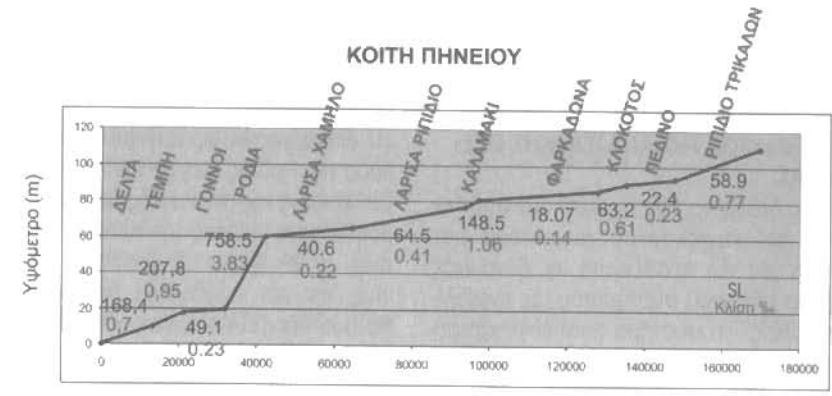
Από την επιμήκη μορφολογική τομή της κοίτης του Πηνειού ποταμού, τις τιμές των κλίσεων στα τμήματα της κοίτης του και τις τιμές

του δείκτη SL είναι προφανές ότι η στενή κοιλάδα της Ροδιάς αποτελεί μια σημαντική μορφολογική ανωμαλία στο προφίλ ισορροπίας της κοίτης του ποταμού. Εάν θεωρηθεί ότι η προσαρμογή μιας κοίτης ισορροπίας στην διαφορετική επιδεκτικότητα των πετρωμάτων στην διάβρωση συμβαίνει σχετικά γρήγορα (Keller & Pinter, 2002) τότε συμπεραίνουμε ότι η μεταβολή των κλίσεων και η υπερβολικά μεγάλη τιμή του δείκτη SL στα στενά της Ροδιάς οφείλεται σε τεκτονικά αίτια. Αντίστοιχα για την κοίτη του Τιταρήσιου ποταμού η στενή κοιλάδα της Ροδιάς αποτελεί μια μορφολογική ανωμαλία, όμως η τιμή του δείκτη SL είναι σημαντικά μειωμένη από αυτή του Πηνειού ποταμού εξαιτίας των μεγαλύτερων κλίσεων στο άνω τμήμα της κοίτης του Τιταρήσιου ποταμού. Τόσο δηλαδή στο αλλουβιακό του ριπίδιο στη λεκάνη της Λάρισας, όσο και στην κατά πολύ ανώριμη μορφολογικά λεκάνη της Ελασσόνας σε σχέση με το βύθισμα της Δυτικής Θεσσαλίας (Πηνειός).

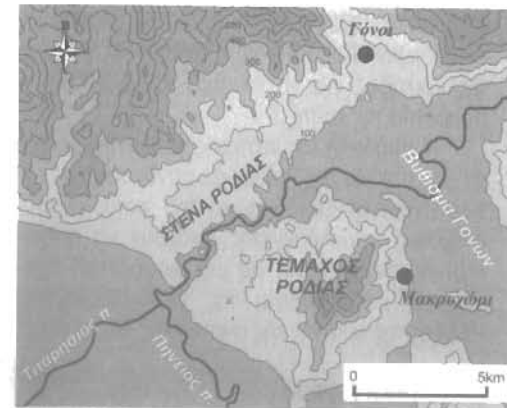
Μια ακόμη σημαντική παρατήρηση είναι η μεγάλη διαφοροποίηση των τιμών (υψόμετρα, κλίσεις, SL) της κοιλάδας των Τεμπών σε σχέση με την κοιλάδα της Ροδιάς, παρά το ότι βρίσκονται εξαιρετικά κοντά η μία στην άλλη και για πολλούς ερευνητές η μία αποτελούσε συνέχεια της άλλης. Έτσι ενώ η κοιλάδα των Τεμπών έχει κλίσεις πολύ κοντά στο προφίλ ισορροπίας της κοίτης του Πηνειού ποταμού, η κοιλάδα της Ροδιάς αποτελεί υπερβολικά μεγάλη μορφολογική ανωμαλία στο προφίλ ισορροπίας του Πηνειού και τείνει προς το προφίλ ισορροπίας του Τιταρήσιου.

### 6.2 Η μορφολογία των στενών της Ροδιάς

Η μελέτη του μορφολογικού αναγλύφου στην στενή κοιλάδα της Ροδιάς έδειξε ότι το ποτάμι δημιούργησε μια στενή και βαθιά κοιλάδα εγκιβωτίζοντας την κοίτη του μέσα σε αυτή (σχήμα 5). Το υψόμετρο από το οποίο ξεκίνησε αυτή η κατά βάθος διάβρωση του ποταμού τοποθετείται σε 150 m περίπου (Ψιλοβίκος, 1991). Ο ποταμός σε όλο το μήκος της κοιλάδας της Ροδιάς είναι μαιάνδρος. Η χαρακτηριστική αυτή οφιοειδής μορφή του ποταμού αποτελεί μορφολογικό ανάγλυφο της κοιλάδας.



Σχήμα 4. Οι επιμήκεις μορφολογικές τομές των κοιτών Πηνειού και Τιταρήσιου, οι τιμές του μορφολογικού δείκτη SL (stream length) και των κλίσεων για τα διάφορα τμήματα των κοιτών των ποταμών από την εκβολή τους και προς τα ανάντη.



Σχήμα 5. Στοιχεία του μορφολογικού αναγλύφου στην στενή κοιλάδα της Ροδιάς (Πηνειός ποταμός).

Όλα λοιπόν τα μορφολογικά και τα μορφολογικά στοιχεία συνηγούνται ότι η διάνοιξη της κοιλάδας της Ροδιάς δεν είναι προϊόν μιας οπισθοδρομούσας διάβρωσης η οποία προκλήθηκε από την διάνοιξη των Τεμπών και της αποστράγγισης του αρχικού βυθίσματος της Θεσσαλίας προς τη θάλασσα. Αν κάτι τέτοιο είχε συμβεί τότε δεν θα αποτυπωνόταν στο ανάγλυφο της κοιλάδας η μαιανδρική πορεία του ποταμού. Αντίθετα η κοιλάδα θα έπρεπε να είναι πιο επιμήκης και η μορφή της κοίτης ελικοειδής.

Είναι λοιπόν προφανές ότι η μαιανδρική μορφή του ποταμού έχει κληρονομηθεί από ένα προϋπάρχον υδρογραφικό δίκτυο του οποίου η επιγενετική δράση διέβρωσε κατά βάθος, δημιούργησε έναν εγκιβωτισμένο μαιάνδρο και

διαμόρφωσε τη σημερινή μορφολογία των στενών τα Ροδιάς.

#### 7. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τα νέα δεδομένα που προκύπτουν από την ανάλυση του μορφολογικού αναγλύφου μας οδηγούν σε μια νέα προσέγγιση της δυναμικής εξέλιξης του ποτάμιου συστήματος της ανατολικής Θεσσαλίας. Το σύστημα αυτό είναι εξαιρετικά ενεργό λόγω της μεγάλης έκτασης της υδρολογικής λεκάνης της Θεσσαλίας. Έτσι οι ποτάμια διεργασίες διάβρωσης και ιζηματογένεσης είναι συγκρίσιμες με τις τεκτονικές δυνάμεις που διαμορφώνουν το επιφανειακό ανάγλυφο.

Παράλληλα το ποτάμιο σύστημα της ανατολικής Θεσσαλίας αποτελεί κομβικό σημείο στην αποστράγγιση και εξέλιξη του υδρογραφικού δικτύου ολόκληρης της Θεσσαλίας, αφού αποτελείται από δύο ουσιαστικά ανεξάρτητα σε ισορροπία συστήματα (ποταμοί Πηνειός και Τιταρήσιος) που έχουν όμως κοινό βασικό επίπεδο διάβρωσης κατάντη της συμβολής τους (στενά Ροδιάς).

Η επιγενετική κοιλάδα των στενών της Ροδιάς δεν αποτελεί προϊόν της οπισθοδρομούσας διάβρωσης από τη διάνοιξη των Τεμπών κατά την αρχική αποστράγγιση του βυθίσματος της Θεσσαλίας. Έτσι παρά την άμεση γειτονία της με την κοιλάδα των Τεμπών τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της είναι εντελώς διαφορετικά και δεν σχετίζονται με το ίδιο αίτιο δημιουργίας. Αντίθετα, πρέπει να είναι πολύ νεότερη από τη διάνοιξη των Τεμπών του Πηνειού, κάτι που αντανακλάται στην μορφολογία και την ισορροπία της κοίτης. Κάτι τέτοιο έρχεται σε συμφωνία με τις συνεχείς ανυψωτικές κινήσεις του τεκτονικού τέμαχου της Ροδιάς, οι οποίες εμποδίζουν το ποτάμιο σύστημα να επιτύχει ένα επίμηκες προφίλ ισορροπίας της κοίτης (graded profile).

Είναι εμφανές από τις μορφολογικές τομές, τις τιμές του δείκτη SL και τις κλίσεις της κοίτης, ότι το ενεργότερο ποτάμιο σύστημα που προκαλεί τη διάβρωση των στενών της Ροδιάς και βρίσκεται σε ισορροπία με το ανάντη τμήμα της κοίτης, είναι το σύστημα του Τιταρήσιου. Το σύστημα αυτό παρουσιάζει μεγαλύτερη δυναμι-

κή στις διαβρωτικές και μεταφορικές διεργασίες διαμορφώνοντας ένα «νέο» βασικό επίπεδο διάβρωσης (Bull, 1991) ελέγχοντας την ροή του Πηνειού ποταμού.

Η διαβρωτική δράση του ποταμού στην κοιλάδα της Ροδιάς ελέγχει την αποστράγγιση του βυθίσματος της ανατολικής Θεσσαλίας. Σήμερα, βοηθούμενη και από την τεκτονική έχει υποβαθμίσει το ΒΑ τμήμα της λεκάνης, αποστραγγίζοντάς την και παράλληλα στρέφει τον Πηνειό ποταμό προς ΒΑ, περιμετρικά των αλλουβιακών αποθέσεων του Τιταρήσιου.

#### 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μορφοτεκτονική ανάλυση βασισμένη στον μορφομετρικό δείκτη SL, σε συνδυασμό με την ανάλυση του μορφολογικού αναγλύφου έδειξαν την απόκριση του ποτάμιου συστήματος στις γεωμορφολογικές μεταβολές.

Το ποτάμιο σύστημα του Πηνειού ποταμού κατάφερε να ενώσει τις λεκάνες του τεκτονικού βυθίσματος της Θεσσαλίας και να δημιουργήσει μια υδρολογική συνέχεια στην αποστράγγιση του προς την θάλασσα. Η νεότερη σε γεωλογική ηλικία στενή κοιλάδα του ποταμού πρέπει να είναι αυτή της Ροδιάς. Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της κοιλάδας και της κοίτης του Πηνειού που διέρχεται από αυτή δείχνουν ότι οι διεργασίες δημιουργίας της συνεχίζονται ακόμη και σήμερα. Το τεκτονικό καθεστώς της περιοχής διαμορφώνει το επιφανειακό ανάγλυφο με τις ανυψωτικές κινήσεις του τέμαχου της Ροδιάς και το ποτάμιο σύστημα του Τιταρήσιου ως ενεργότερο διαβρώνει κατά βάθος το πυθμένα της κοιλάδας για να επιτύχει την δυναμική ισορροπία της κοίτης.

Η απόδειξη της νεότερης γεωλογικής ηλικίας των στενών της Ροδιάς σε συνδυασμό με την προτεινόμενη νέα δυναμική του ποτάμιου συστήματος αποστράγγισης μπορούν να αποτελέσουν την αφετηρία για μια διαφορετική προσέγγιση και ερμηνεία της γεωμορφολογικής εξέλιξης της λεκάνης της ανατολικής Θεσσαλίας.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bull, W.B. 1991: *Geomorphic responses to climate change*. Blackwell, Oxford, 200 pp.  
 Φηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστου, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. Press.

- Caputo, R., 1990. *Geological and structural study of the recent and active brittle deformation of the Neogene-Quaternary basins of Thessaly (Central Greece)*. Scientific Annals, Aristotle University of Thessaloniki, 12, pp. 252.
- Caputo, R., Pavlides, S., 1993. *Late Cainozoic geodynamic evolution of Thessaly and surroundings (central-northern Greece)*. Tectonophysics, 223, 339-362.
- Caputo, R., Bravard, J-P., Helly, B., 1994. *The Pliocene-Quaternary tecto-sedimentary evolution of the Larissa Plain (Eastern Thessaly, Greece)*. Geodinamica Acta (Paris), 7, 4, 219-231.
- Faugères, C., 1977. *Naissance et développement du relief de l'Olympe (Grèce): une manifestation éclatante de la tectonique récente*. Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn., XIX, 1, 7-26.
- Jarvis, A., Rubiano, J., Nelson, A., Farrow, A., Mulligan, M., 2004. *Practical use of SRTM data in the tropics – Comparisons with digital elevation models*. International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Colombia, Working Document no. 198, pp. 31.
- Keller and Pinter, 2002. *Active Tectonics, Earthquakes, Uplift, and Landscape*. 2<sup>nd</sup> edition, Prentice-Hall, New Jersey, p.p. 121-124.
- Μουντράκης, Δ., 1985. *Γεωλογία της Ελλάδας*. Univ. Studio Press., Θεσσαλονίκη.
- Ψιλοβίκος, Α., 1991. *Η εξέλιξη του Πηνειού ποταμού της Θεσσαλίας*. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Συμποσίου Τρικαλινών Σπουδών, Τρίκαλα.