

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ  
**Χαΐδας Δημήτριος**  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ  
**A.M. 06126**

ΤΟΜΕΑΣ : ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“Μερικοί παράγοντες ελέγχου της γεωμορφογενετικής εξέλιξης του Πηνειού ποταμού στη Β.Δ. Πελοπόννησο, Ελλάδα.”**



Υπεύθυνος Καθηγητής Χαΐδας Σταματόπουλος

2014

## Περιεχόμενα

1. Ευχαριστίες.....	4
2. Περίληψη.....	5
Abstract .....	7
3. Εισαγωγή.....	8
4. Κυρίως Θέμα .....	11
4.1 ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΕΔΑΦΗ – ΠΕΔΙΑΔΕΣ.....	11
4.2 ΕΚΤΡΟΠΕΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΣΤΙΣ ΠΛΥΜΜΗΡΙΚΕΣ ΠΕΔΙΑΔΕΣ .....	12
4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΤΩΝ AVULSION .....	12
4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΒΑΣΗΣ ΤΩΝ AVULSION .....	13
4.5 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΙΛΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΣΤΑ AVULSION .....	13
4.6 ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΑ AVULSION.....	13
4.7 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ AVULSION ΣΤΗΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΘΕΣΗ .....	14
4.8 ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ, ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΑ ΚΑΝΑΛΙΑ ΚΑΙ ΚΟΙΤΕΣ .....	14
4.9 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΣΕ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΠΕΔΙΑΔΕΣ .....	15
5. Ποτάμια σαν υδραυλικά συστήματα .....	21
5.1 Πηγές απορροής.....	22
5.2 Γιατί οι υδραυλικές πηγές είναι σημαντικές.....	23
5.3 Ποτάμια σαν γεωμορφολογικά συστήματα.....	25
6. Υδατικό Διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου – Λεκάνη απορροής Πηνειού .....	28
6.1 Γεωγραφικά στοιχεία.....	28
6.2 Γεωμορφολογικά - γεωλογικά χαρακτηριστικά .....	29
6.3 Υδρολογικές Λεκάνες .....	30
6.3.1Κύριες υδρολογικές λεκάνες.....	30
6.3.2 Πηνειός.....	31
6.3.3 Πείρος.....	31
6.4 Υδροφόροι ενότητες - Αποθέματα υπόγειων νερών .....	32
7) Στρωματογραφία.....	33
8) Παλαιογεωγραφία .....	36
9) Τεκτονική.....	39
10) Το φράγμα του Πηνειού στο Νομό Ηλείας.....	45

[Πληκτρολογήστε κείμενο]

11) Καμπύλη Hjulstrom .....	52
12. Συμπεράσματα .....	54
Βιβλιογραφία .....	56

## 1. Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, Επίκουρο Καθηγητή κ. Λεωνίδα Σταματόπουλο στον τομέα Γενικής Θαλάσσιας Γεωλογίας & Γεωδυναμικής, για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου με την ανάθεση αυτού του θέματος καθώς και για τη βοήθεια του για την εκπόνηση της διατριβής μου. Οι παρατηρήσεις και οι συμβουλές του αποτέλεσαν για εμένα σημαντικά εφόδια για την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής.

Τέλος, τις βαθύτερες ευχαριστίες μου εκφράζω στην οικογένειά μου για τη στήριξή της, ηθική και οικονομική, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Σε αυτήν αφιερώνω τη παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή με ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη.

## 2. Περίληψη

Στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας στο τομέα των γεωμορφικών εξελίξεων εξετάζονται η μελέτη και η περιγραφή της μορφογενετικής εξέλιξης της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης του Πηνειού ποταμού στη Β.Δ. Πελοπόννησο.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής είναι η μελέτη και περιγραφή των γεωμορφολογικών, ιζηματολογικών, τεκτονικών παραγόντων της ευρύτερης περιοχής του Πηνειού καθώς και οι επιπτώσεις στις μορφογενετικές διαδικασίες από την δημιουργία-λειτουργία του φράγματος. Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη της περιοχής του Πηνειού ήταν η άμεση παρατήρηση στην ύπαιθρο, η λήψη φωτογραφιών και η ανάλυση τους καθώς και η χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφορίας (GIS).

Ο Πηνειός ποταμός είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με τον πέμπτο άθλο του Ηρακλή (καθαρισμός των στάβλων του Αυγεία από την κόπρη). Κατά τον μύθο, ο Ηρακλής, αφού γκρέμισε το μαντρότοιχο των στάβλων, εξέτρεψε τα ποτάμια Πηνειό και Αλφειό και καθάρισε τους στάβλους. Ο μύθος έχει συμβολικό χαρακτήρα και συνδέεται κυρίως με την κατασκευή υδραυλικών έργων, την αποξήρανση ελωδών εκτάσεων και την απαλλαγή της καλλιεργήσιμης γης από τα νερά των ποταμών.

Το ποτάμι του Πηνειού βρίσκεται κοντά στο μυκηναϊκό νεκροταφείο της Αγίας Τριάδας, στην ορεινή ΒΑ Ηλεία, στα σύνορα με το Νομό Αχαΐα. Καταλαμβάνει μεγάλη έκταση στην κορυφή μιας πλαγιάς που καταλήγει απότομα στον Πηνειό ποταμό. Το νεκροταφείο αυτό της Αγίας Τριάδας δηλώνει την ύπαρξη κάποιου μεγάλου μυκηναϊκού πολιτισμού.

Ο Πηνειός ανήκει στη Β.Δ. Πελοπόννησο με τις κύριες πηγές τροφοδοσίας του να πηγάζουν από το όρος Ερύμανθος (2224 μ.) σε υψόμετρο 1000 μ. Έχει συνολικό μήκος 70 χλμ. και η διεύθυνση αποστράγγισης του είναι από ΝΑ προς ΒΔ, όπου και εκβάλλει στο Ιόνιο Πέλαγος. Η φυσική ροή του διακόπτεται από την παρουσία μιας τεχνητής λίμνης (ανθρωπογενές έργο) για αρδευτικούς σκοπούς προς το τέλος του μέσου ρου του ποτάμιου συστήματος.

[Πληκτρολογήστε κείμενο]

Πλησίον του χωριού Κέντρο έχει κατασκευασθεί φράγμα ύψους 50 μ. και μήκους 200 μ., όπου τα νερά του Πηνειού ταμιεύονται στην ομώνυμη τεχνητή λίμνη. Η προαναφερθείσα τεχνητή λίμνη κατασκευάστηκε το 1960 και σήμερα αποτελεί τη μεγαλύτερη λίμνη της Πελοποννήσου. Η λίμνη καλύπτει επιφάνεια 19,9 τ.χλμ. και βρίσκεται ανατολικά της αρχαίας Ήλιδας όπου χρησιμοποιείται για την άρδευση του κάμπου της Ηλείας. Στο μέσο ρου του Πηνειού και συγκεκριμένα στη τεχνητή λίμνη εκβάλουν ακόμη δύο σημαντικοί ποταμοί, ο Λάδωνας και ο Καλφαϊκός ποταμός (δευτερεύοντες πηγές τροφοδοσίας).

## **Abstract**

As part of the dissertation in the field of geomorphological evolutions are examined the research and the description of the geomorphological evolution in the wider area of the basin in Pineios river in the South West Peloponnisos.

The purpose of this dissertation is the research and the description of geomorphological, sedimentological, tectonic factors in the wider region of Pineios river and the effects on morphogenetic processes from creation and operating the dam. To achieve the above objectives the methods used to research the area were direct observation, taking photographs, analysing them and understanding them along with the use of Geographic Information System (GIS).

Pineios river is inextricably connected with the fifth labor of Hercules (where he had to clean Augeias stables from the dung). According to legend Hercules after he had brought down the walls of the stables he used his might to divert the rivers Pineios and Alfeios so that he could clean the stables. The myth is symbolic and is mainly linked with constructing hydraulic works, drying marshy areas and the discharge of arable land from river water.

Near the river is located a mycenaean cemetery of Saint Trinity in the mountainous north-east Hleia in the borders with Achaia. It occupies a large area on the slope which ends abruptly in Pineios river. This cemetery indicates the existence of the large Mycenaean civilization.

Pineios belongs in the north-west Peloponnese with his main power sources to derive from mount Erymanthos (2224 m.) at an altitude of 1000 m. It has a total length of 70 km. and the address drain is from SE to NW where it empties into the Ionian Sea. It's natural flow is interrupted by the presence of an artificial lake (a manmade project) for irrigation purposes at the end of the middle reaches of the river system.

Near the village Kentro a dam has been constructed 50 m. tall and 200 m. long, where the water of the river gathers in the homonymous artificial lake. This artificial lake was made in 1960 and today is the largest lake in Peloponnese. The lake covers an area of 19,9 km<sup>2</sup> and is located east of ancient Hlida, where it is used to irrigate the plains of Hleia. In the

middle reaches of Pineios and specifically in the artificial lake flow into two other major rivers, Ladwnas kai Kalfaikos river (secondary power sources)

### 3. Εισαγωγή

Η περιοχή μελέτης ανήκει στην Β.Δ. Πελλοπόννησο και στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας μελετήθηκε η μορφοδυναμική εξέλιξη του Πηνειού ποταμού από τις ανθρώπινες παρεμβάσεις. Ο Πηνειός ανήκει στην Β.Δ. Πελλοπόννησο, πηγάζει από το όρος Ερύμανθος σε υψόμετρο 1.000 m και εκβάλλει στο Ιόνιο Πέλαγος, συγκεκριμένα στο Παλαιοχώρι.. Τροφοδοτείται από τα νερά του Καλφαϊκού Ποταμού και του Πηνειακού Λάδωνα ή Ντάφα. Το ποτάμι του Πηνειού βρίσκεται κοντά στο μυκηναϊκό νεκροταφείο και αποτελεί φυσικό όριο της Αγίας Τριάδας. Ο Πηνειός ποταμός είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με τον πέμπτο άθλο του Ηρακλή (καθαρισμός των στάβλων του Αυγεία από την κόπρο). Κατά τον μύθο, ο Ηρακλής, αφού γκρέμισε το μαντρότοιχο των στάβλων, εξέτρεψε τα ποτάμια Πηνειό και Αλφειό και καθάρισε τους στάβλους. Ο μύθος έχει συμβολικό χαρακτήρα και συνδέεται κυρίως με την κατασκευή υδραυλικών έργων, την αποξήρανση ελωδών εκτάσεων και την απαλλαγή της καλλιεργήσιμης γης από τα νερά των ποταμών Πλησίον του χωριού Κέντρο έχει κατασκευασθεί φράγμα ύψους 50 m και μήκους 200 m, όπου τα νερά του Πηνειού ταμιεύονται στην ομώνυμη τεχνητή λίμνη. Η συγκεκριμένη τεχνητή λίμνη έχει δημιουργηθεί στο μέσο μέχρι κατώτατο ρου. Η τεχνητή λίμνη του Πηνειού δημιουργήθηκε το 1960 και αποτελεί σήμερα την μεγαλύτερη λίμνη της Πελοποννήσου. Η λίμνη βρίσκεται Β.Α. της Αμαλιάδας και ανατολικά της αρχαίας Ήλιδας και καλύπτει επιφάνεια 19,9 τ.χλμ. Χρησιμοποιείται για την άρδευση του κάμπου της Ηλείας.

Η περιοχή καλύπτεται από αλπικά και μετά-αλπικά ιζήματα. Τα αλπικά ιζήματα ανήκουν στην ζώνη της Πίνδου. Με την έναρξη των Αλπικών ορογενετικών κινήσεων στα περιθώρια της Απούλιας κατά το Άνω Ηώκαινο, η ακολουθία πετρωμάτων της Ζώνης Πίνδου άρχισε να αποκολλάται από το υπόβαθρο της, να παραμορφώνεται έντονα και



τελικά να επωθείται επί της Ζώνης Τρίπολης, που έχει σαν αποτέλεσμα τον σχηματισμό του Καλύμματος της Πίνδου. Η κίνηση του καλύμματος πραγματοποιήθηκε πάνω σε μία χαμηλής κλίσης επώθηση, την Επώθηση της Πίνδου, η οποία βρίσκεται στον σχηματισμό του κλαστικού Τριαδικού. Η εσωτερική παραμορφωτική δομή του Καλύμματος της Πίνδου χαρακτηρίζεται από επωθήσεις με φορά κίνησης προς τα δυτικά. Το Κάλυμμα της Πίνδου έχει χωριστεί σε τρία τμήματα, ένα μετωπικό, ένα κεντρικό και ένα οπίσθιο. Γενικά το Κάλυμμα της Πίνδου χαρακτηρίζεται από ασύμμετρες μεγασκοπικές και μεσοσκοπικές δομές που κινούνται προς τα δυτικά, άλλα σε περιοχές που βρίσκονται στα ανατολικά τμήματα του καλύμματος,, όπως η ανατολική Πελοπόννησος, οι πτυχές κινούνται προς τα ανατολικά και αναπτύσσονται στα τελικά στάδια παραμόρφωσης του καλύμματος.

Η λεκάνη ιζηματογένεσης της Ζώνης της Πίνδου τοποθετείται κατά μήκος του ανατολικού περιθωρίου της Απούλιας μικροπλάκας. Από τον Άνω τριαδικό και καθ' όλη τη διάρκεια του Ιουρασικού γίνεται συνεχής απολέπτυση του περιθωρίου, με αποτέλεσμα να σχηματιστεί μία βαθιά και ευρεία λεκάνη ιζηματογένεσης, η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια ωκεάνια λεκάνη τύπου Ερυθράς Θάλασσας όπου το υπόβαθρο των πετρωμάτων της Πίνδου αποτελούσε ένας μεταβατικού τύπου φλοιός. Ο φλοιός εξελισσόταν προς τα ανατολικά σε ωκεάνιο φλοιό που δομούσε τον Ωκεανό της Πίνδου. Λιθολογικές διαφοροποιήσεις μας δείχνουν χαρακτήρες ρηγής και βαθιάς θάλασσας, δηλαδή ύπαρξη υβωμάτων. Τα παραπάνω εξηγούν την διαφοροποίηση της Πινδικής Μεσοζωικής ακολουθίας στην ανατολική Πελοπόννησο, όπου ο σχηματισμός Ραδιολαριτών εμφανίζει πάχος λίγων μέτρων. Στο δυτικό περιθώριο της λεκάνης η Μεσοζωική ακολουθία της Πίνδου εξελισσόταν προς την ανθρακική πλατφόρμα της Ζώνης Τρίπολης. Η ύπαρξη μεταβατικών σειρών μας δείχνει ότι η εξέλιξη από την μία ζώνη στην άλλη έγινε σταδιακά. Η μορφολογία του υποβάθρου της λεκάνης στη Μεσοζωική ακολουθία είναι ήπια. Αντίθετα οι διακυμάνσεις στο πάχος της Μεσοζωικής ακολουθίας κατά μήκος της ζώνης, είναι σημαντικές, όπως στην Πελοπόννησο. Οι συγκεκριμένες διακυμάνσεις χαρακτηρίζονται από εξάρσεις και ταπεινώσεις που διαμορφώνονταν από ρήγματα. Τα ρήγματα ήταν συν-ιζηματογενή και λειτουργούσαν κατά το Μεσοζωικό σαν ρήγματα μεταβίβασης διαχωρίζοντας περιοχές με διαφορετικό πλάτος.

[Πληκτρολογήστε κείμενο]

Η ζώνη της Πίνδου δομείται από μία Μεσοζωική ακολουθία ανθρακικών και πυριτικών ιζημάτων βαθιάς θάλασσας των οποίων το συνολικό πάχος δεν ξεπερνά τα 1050 μέτρα. Επί των μεσοζωικών σχηματισμών αναπτύσσεται η κλασική ακολουθία του Πινδικού Φλύσχη που καλύπτει ένα στρωματογραφικό εύρος από το Παλαιόκαινο έως και το Ολιγόκαινο.

## 4. Κυρίως Θέμα

Από πληροφορίες που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της εργασίας υπαίθρου σε μερικές θέσεις της κοιλάδας του Πηνειού βρέθηκαν ενδείξεις πλημμυρικών φαινομένων, δηλαδή κατά μήκος της κοίτης του ποταμού βρέθηκαν αποτυπώματα χαλικιών. Αυτά τα φαινόμενα δεν οφείλονται σε αύξηση της ροής ή της στερεοπαροχής κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, αλλά σε παράνομα τεχνητά φράγματα που δημιουργούν κατά καιρούς οι κάτοικοι σε διάφορες περιοχές με σκοπό τη συγκράτηση και εκμετάλλευση του νερού για άρδευση. Η περιοχή μελέτης σαν υπόβαθρο έχει τα ιζήματα του όρους Σκόλλης που ανήκει στην ζώνη Ωλονού – Πίνδου, ενώ είναι χαρακτηριστικές οι flash ροές και κροκάλες χωρίς θεμελιώδη μάζα (ξεπλυμένες).

### 4.1 ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΕΔΑΦΗ - ΠΕΔΙΑΔΕΣ

Τα προσχωσιγενή εδάφη περιλαμβάνουν :

- 1) Τους ορίζοντες A,B,C
- 2) Στοιχεία υφής από έκπλυση διαλυτών υλικών και αργίλων από τον A ορίζοντα και την κατακρήμιση δευτερογενών υλικών και αργίλων στον B ορίζοντα.
- 3) Διάλυση αρχικών δομών από οργανισμούς, ρίζες φυτών, αλλαγή στην υγρασία και ανάπτυξη δευτερογενών υλικών.
- 4) Χαρακτηριστικός χρωματισμός και κηλίδες συνδεδεμένες με χημική αλλαγή του μητρικού υλικού και η δημιουργία νέων υλικών.

Ο βαθμός ανάπτυξης αυτών των χαρακτηριστικών στα πλημμυρικά εδάφη εξαρτάται από το χρόνο, το ρυθμό κατάθεσης, το κλίμα, τη βλάστηση, την τοπογραφία και τις πρώτες ύλες.

Καλά σχηματισμένα εδάφη χρειάζονται χιλιάδες χρόνια για να δημιουργηθούν και έχουν πάχος από cm έως m. Η συνάθροιση διαφόρων εδαφών και παλαιοεδαφών λέγεται **catena**. Ένας κοινός τύπος catena στις πεδιάδες με μειωμένη ανύψωση, κατάθεση και απομάκρυνση από την ζώνη του ποταμού. Αμμώδης περιοχές με

καλά στραγγισμένα αναχώματα και σχισμές έχουν μια σχετικά πυκνή οξειδωμένη και αεριζόμενη περιοχή που κρύβεται από μια κορεσμένη ζώνη. Ο μειωμένος βαθμός κατάθεσης από την ζώνη του καναλιού στην λεκάνη απορροής μπορεί να αποτελέσει στην αυξανόμενη εδαφών μακριά από τις ζώνες του καναλιού και να αλλάξει το βαθμό που το έδαφος δημιουργείται στις κάθετες ακολουθίες των παλαιοεδαφών στις διαφορετικές ζώνες.

#### 4.2 ΕΚΤΡΟΠΕΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΣΤΙΣ ΠΛΥΜΜΗΡΙΚΕΣ ΠΕΔΙΑΔΕΣ

**Avulsion :** Είναι η σχετικά απότομη αλλαγή ενός ολόκληρου καναλιού ζώνης από μια τοποθεσία σε μια άλλη. Η έναρξη ενός avulsion ευνοείται από την υπερχειλίση, από την μεγάλη κλίση του καναλιού προς την πεδιάδα, από ένα προ υπάρχον κανάλι στην πεδιάδα και το διαβρωμένο ίζημα που υπάρχει κοντά του. Οι avulsions συχνά συμβαίνουν κατά την διάρκεια πλημμύρων, αν και τα υψηλά επίπεδα νερού που απαιτούνται μπορούν να δημιουργηθούν από την φράξη του καναλιού π.χ. από πάγο, βλάστηση, ιζήματα. Ένα avulsion τυπικά ξεκινάει με το μεγάλωμα ενός καναλιού ή την διασταύρωση του βασικού καναλιού με ένα προ υπάρχον κανάλι. Το νέο ακολουθάζει την μέγιστη κλίση των πλημμυρών στο χαμηλότερο κομμάτι της πεδιάδας.

#### 4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ ΤΩΝ AVULSION

Η συχνότητα των avulsion αυξάνεται με τον αυξανόμενο ρυθμό κατάθεσης στην ζώνη των καναλιών. Αυτό γίνεται γιατί ο βαθμός κατάθεσης στη ζώνη προκαλεί μια ταχεία ανάπτυξη της κορυφογραμμής πάνω από την πεδιάδα και συνοδεύεται από μια ταχεία αύξηση της κλίσης της κορυφογραμμής σε σχέση με την κλίση του κάτω μέρους της πεδιάδας. Ο βαθμός πρόσχωσης μπορεί να επηρεαστεί από τις αλλαγές στην βάση του, την κλιματική αλλαγή της ενδοχώρας ή την τεκτονική δραστηριότητα.

#### **4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ ΒΑΣΗΣ ΤΩΝ AVULSION**

Οι περίοδοι μεταξύ των avulsion μειώνονται όσο το σχετικό επίπεδο βάσης ανεβαίνει λόγω της μείωσης της κλίσης του ποταμού στο κάτω μέρος της κοιλάδας και το ρυθμό μεταφοράς ιζήματος που προκαλεί πρόσχωση και ανάπτυξη αλλουβιακών κορυφογραμμών. Ένα άλλο αποτέλεσμα της ανόδου του επιπέδου βάσης είναι τα σημεία της κοιλάδας που καλύπτει η θάλασσα. Η απάντηση στο γιατί τα επίπεδα βάσης πέφτουν εξαρτάται σε παράγοντες όπως η κλίση και ο τύπος ιζήματος στις εκτεθειμένες και το ποσοστό πτώσης.

Αν η κλίση της εκτεθειμένης επιφάνειας είναι μεγαλύτερη από την σταθερή κλίση του καναλιού, μπορεί να υπάρξει μια τομή στο κανάλι και να γίνει πιο ελικοειδές. Αν η κλίση της εκτεθειμένης επιφάνειας είναι μικρότερη από την σταθερή κλίση του καναλιού, μπορεί να υπάρξει κατάθεση και το κανάλι να γίνει ευθεία.

#### **4.5 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΙΛΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΣΤΑ AVULSION**

Οι αλλαγές στο κλίμα την λεκάνη απορροής μπορούν να επηρεάσουν το avulsion αλλάζοντας «το καθεστώς» και την προμήθεια ιζημάτων στα ποτάμια π.χ. κατά την διάρκεια και αμέσως μετά την εποχή των παγετώνων, το μέγεθος, η ποικιλία του νερού και των ιζημάτων μπορούν να αυξηθούν. Το αντίθετο μπορεί να συμβεί σε θερμότερες περιόδους.

#### **4.6 ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΑ AVULSION**

Οι τεκτονικές αλλαγές που προκαλούνται στα ποτάμια και στις κλίσεις των κοιτών μπορούν να προκαλέσουν avulsion. Τα avulsion μπορούν να προκληθούν σαν μια άμεση αντίδραση από την

κίνηση της Γής ή σαν σταδιακή τεκτονική αλλαγή στην τοπογραφία των κοιτών. Τα avulsing κανάλια συναντιούνται σε περιοχές με τεκτονική υποχώρηση και αποφεύγουν περιοχές με τεκτονική ανύψωση.

#### **4.7 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ AVULSION ΣΤΗΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΘΕΣΗ**

Η έναρξη ενός avulsion μπορεί να καταγραφεί στις αποθέσεις των κοιτών από μια διαβρωμένη επιφάνεια υπερκαλυμμένη με χοντρόκοκκες αποθέσεις και οι υπερκείμενες αποθέσεις μπορούν να διαφέρουν από αυτές που αποτέθηκαν πριν την έναρξη των avulsion. Αν η ζώνη του καναλιού μετακινήθηκε σε μια πιο απομακρυσμένη περιοχή της κοίτης μέχρι σήμερα, τα νέα στρώματα που δημιουργούνται από τις πλημμύρες μπορεί να είναι λεπτότερα και με καλύτερους κόκκους και μπορούν να σχετίζονται με μια διαφορετική κατεύθυνση ροής. Η επαναχρησιμοποίηση ενός καναλιού για avulsion είναι δύσκολο να αναγνωριστεί στα στρωματογραφικά αρχεία. Έχει ισχυριστεί ότι η επαναχρησιμοποίηση ενός καναλιού θα έχει ως αποτέλεσμα σχετικά παχιές και πολυώροφες ζώνες και πολλαπλά αναχώματα, αλλά αυτά τα στρωματογραφικά χαρακτηριστικά μπορούν να δημιουργηθούν από επεισοδιακές αποθέσεις σε μια ζώνη καναλιού. Το μόνο πειστικό στοιχείο για την επαναχρησιμοποίηση του καναλιού είναι η διαφύλαξη των αποθέσεων που αποδεικνύουν μεγάλες χρονικές περιόδους (όπως ώριμα εδάφη) ανάμεσα στις αποθέσεις που προεξέχουν από τις ζώνες του καναλιού.

#### **4.8 ΚΟΙΛΑΔΕΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ, ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΑ ΚΑΝΑΛΙΑ ΚΑΙ ΚΟΙΤΕΣ**

Η γεωμετρία, η ροή, η μεταφορά ιζήματος, η διάβρωση και απόθεση του ποταμού και η κοίτη ποικίλει κατά μήκος της κοιλάδας καθώς οι παραπόταμοι ενώνονται, καθώς το νερό χάνεται από την εξάτμιση και την διείσδυση καθώς γεωλογικά χαρακτηριστικά όπως η ροή λάβας αλλάζει την κλίση της κοιλάδας, καθώς το πλάτος της κοιλάδας αλλάζει και καθώς το νερό εισέρχεται σε λίμνες και θάλασσα.

#### **4.9 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΣΕ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΠΕΔΙΑΔΕΣ**

Η τεκτονική δραστηριότητα επηρεάζει τις κλίσεις των ποταμών, των κοιτών, την παροχή νερού και ιζήματος σε μια περιοχή σε διάφορες χωρικές και χρονικές κλίμακες π.χ. η περιοδική δραστηριότητα, η λανθασμένη διέλευση ενός ποταμού μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μια τοπική αλλαγή στην κλίση της κοιλάδας, την εκτροπή του ποταμού και μια αλλαγή στο μοτίβο του καναλιού σε μια περίοδο πολλών εκατοντάδων ή χιλιάδων χρόνων. Σε μια τόσο μεγάλη κλίμακα όλο το ποτάμιο σύστημα μπορεί να επηρεαστεί από την τεκτονική δραστηριότητα για εκατομμύρια χρόνια αν βρίσκεται σε μια τεκτονική ενεργή ζώνη με δίπλα της μια ιζηματογενή λεκάνη.

Τοπική τεκτονική δραστηριότητα περιλαμβάνει τα αποτελέσματα σε σχετικά μικρές πτυχώσεις και βλάβες που επηρεάζουν άμεσα την τοπογραφία της περιοχής. Ακόμα, μπορεί να ενεργήσει έμμεσα ελέγχοντας το τοπικό επίπεδο βάσης και την κλίση των ποταμών που εισέρχονται σε στάσιμα νερά. Η τεκτονική και ηφαιστειακή δραστηριότητα μπορεί να προκαλέσει φράγματα στα ποτάμια των κοιλάδων με λάβα, τέφρα και διάφορα συντρίμια.

Αλλάζοντας την κλίση μέσα στις αλλουβιακές κοιλάδες έχει ως αποτέλεσμα την εκτροπή των ποταμών και αλλάζοντας το μοτίβο του καναλιού. Αλλάζοντας την τοπογραφία της κοίτης σχετικά με τον υδροφόρο ορίζοντα μπορεί να επηρεάσει την ροή της κοίτης, την μεταφορά ιζήματος και την δημιουργία εδαφών.

Η απομάκρυνση του ποταμού σε μια ενεργά τεκτονικά παραμόρφωση της επιφάνειας εξαρτάται από το βαθμό παραμόρφωσης σχετικά με το βαθμό διάβρωσης και απόθεσης του ποταμού, από την άλλη μεριά σχετίζεται με την δύναμη του ρεύματος και την διαβρωσιμότητα της όχθης. Αν ο βαθμός διάβρωσης και απόθεσης είναι επαρκώς μεγάλος, οι αλλαγές κλίσεις του ρεύματος προερχόμενες από τη τεκτονική δραστηριότητα θα είναι μειωμένες και το ποτάμι θα τείνει στην αρχική του κατάσταση. Ενώ αν ο βαθμός είναι μικρός, τότε μπορεί να συμβεί εκτροπή ποταμού.

Στο πρώτο κομμάτι του Πηνειού παρατηρούμε ότι από την μια πλευρά του ποταμού οι ισοϋψείς είναι πιο αραιωμένες σε σχέση με την άλλη (ασυμμετρία). Επειδή το υπόβαθρο είναι το ίδιο (ύπαρξη ασβεστόλιθων), κύριες αιτίες του γεγονότος αυτού μπορεί να είναι τεκτονικοί παράγοντες, κορρήματα ασβεστόλιθων που έχουν πέσει ή διαβρωτικοί παράγοντες. Στο τέλος του ποταμού παρατηρείται αλλαγή της κλίσης του και στο συγκεκριμένο σημείο έχουμε αραίωση και πύκνωση γραμμών εκατέρωθεν του ποταμού καθώς και επαφή ασβεστόλιθου με φλύσχη που περιέχει λατυποπαγή. Γενικά αυτό το τμήμα της κοιλάδας χαρακτηρίζεται από έντονη στερεοπαροχή με παρουσία μικρών αναβαθμίδων αλλά και κροκαλοπαγούς και έχουμε απόθεση χονδρόκοκκου υλικού. (ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ 159-163 στάση ΚΑΚΟΤΑΡΙ)



[Πληκτρολογήστε κείμενο]



Κροκαλοπαγές - Ριτίδιο





## Κροκαλοπαγές



### Ασβεστόλιθος

Στο δεύτερο κομμάτι παρατηρούμε πύκνωση και αραίωση ισοϋψών εκατέρωθεν του ποταμού σχεδόν σε όλο το τμήμα αλλά κυρίως στο νότιο τμήμα. Η κύρια αιτία είναι η ύπαρξη επαφής μεταξύ αδρομερών κροκαλοπαγών που είναι κακοδιαβαθμισμένα σε στρώσεις ποτάμιας προέλευσης, οι οποίοι είναι παλαιοί και σύγχρονοι κώνοι κορυμάτων και κυανών ιλυόλιθων με κροκαλοπαγή. Ακόμα η επαφή αυτή μπορεί να δηλώνει την ύπαρξη ρήγματος. Στο Βόρειο – Δυτικό τμήμα του ποταμού και συγκεκριμένα στην περιοχή Καρπέτα παρατηρείται μεγάλη αραίωση των ισοϋψών που χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη μεγάλης ποσότητας ασβεστολίθων αλλά και ιλυόλιθων. Στο κομμάτι αυτό αξίζει να σημειωθεί η εμφάνιση του παραπόταμου Βυλισσού ο οποίος αξιοποιείται με σύστημα γεωτρήσεων. Στην πορεία προς Κάλφα βλέπουμε εγκαταλελειμμένες κοιλάδες και παραποτάμους με ύπαρξη φλύσχη, ενώ οι αναβαθμίδες και παλαιοεπιφάνειες δεν έχουν απότομο πρηνές. (ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ 164-177)

[Πληκτρολογήστε κείμενο]

Στο τρίτο κομμάτι παρατηρείται η ύπαρξη επαφών μεταξύ αδρομερών κροκαλοπαγών, κυανών ιλύόλιθων και προσφάτων προσχώσεων με ιλύ σύγχρονων υπερχειλίσεων. Άρα στην αραίωση και πύκνωση των ισοϋψών εκτός από τα διαφορετικά υλικά ρόλο παίζουν και οι τεκτονικοί παράγοντες με την ύπαρξη ρηγμάτων. Επίσης χαρακτηριστικές είναι οι γεωμορφές badland με φλύσχη. (ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ 178-180)

### Γεωμορφές

Νούμερα	Γεωγραφικό Μήκος	Γεωγραφικό Πλάτος	Είδη Γεωμορφών
1	51,9	43,7	Τραπεζοειδής
2	51,1	42,9	Τριγωνική
3	51,4	43,5	Τριγωνική
4	50,1	41,9	Ποτάμια Αναβαθμίδα
5	50,4	42,6	Τραπεζοειδής
6	50,0	40,9	Ποτάμια Αναβαθμίδα (Παρατήρηση της απόθεσης)
7	50,5	40,3	Τραπεζοειδής
8	51,0	40,0	Τραπεζοειδής
9	51,3	39,8	Τριγωνική
10	51,76	39,6	Τριγωνική
11	51,7	39,2	Τραπεζοειδής

[Πληκτρολογήστε κείμενο]

<b>12</b>	<b>53,0</b>	<b>39,4</b>	<b>Ποτάμιες Αναβαθμίδες</b>
<b>13</b>	<b>53,7</b>	<b>38</b>	<b>Ποτάμια Αναβαθμίδα</b>
<b>14</b>	<b>53,6</b>	<b>37,4</b>	<b>Τραπεζοειδής</b>
<b>15</b>	<b>53,8</b>	<b>37,2</b>	<b>Ποτάμια Αναβαθμίδα</b>
<b>16</b>	<b>53,9</b>	<b>36,8</b>	<b>Ποτάμια Αναβαθμίδα</b>
<b>17</b>	<b>54</b>	<b>36,3</b>	<b>Ποτάμια Αναβαθμίδα</b>
<b>18</b>	<b>53,9</b>	<b>35,9</b>	<b>Μη ύπαρξη αναβαθμίδας</b>
<b>19</b>	<b>55,0</b>	<b>35,8</b>	<b>Ποτάμια Αναβαθμίδα – Τριγωνική</b>
<b>20</b>	<b>55,0</b>	<b>34,0</b>	<b>Ποτάμια Αναβαθμίδα</b>
<b>21</b>	<b>55,2</b>	<b>33,3</b>	<b>Ποτάμια Αναβαθμίδα</b>
<b>22</b>	<b>54,8</b>	<b>33,0</b>	<b>Ποτάμια Αναβαθμίδα</b>
<b>23</b>	<b>54,7</b>	<b>32,5</b>	<b>Τριγωνική</b>

## 5. Ποτάμια σαν υδραυλικά συστήματα

Τα ποτάμια μεταφέρουν νερό κατά μήκος του τοπίου, συμμετέχοντας στο μεγάλο κύκλο του νερού ανάμεσα στους ωκεανούς, την ατμόσφαιρα και στο τοπίο. Οι υδραυλικές ιδιότητες ενός ποταμού είναι άρρηκτα συνυφασμένες με τα γεωμορφολογικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του. Η ποσότητα και ο χρόνος του νερού που μεταφέρεται μέσω ενός δικτύου ποτάμιου καναλιού είναι το τελικό αποτέλεσμα μιας πολύπλοκης αλληλεπίδρασης μεταξύ των στοιχείων του τοπίου και του κλίματος. Για να κατανοήσουμε την υδραυλική συμπεριφορά ενός ποταμού, πρέπει να καταλάβουμε την κύρια υδραυλική διαδικασία που παράγει απορροές και διέπουν στην διανομή στο χρόνο και στο χώρο. Αυτές οι διαδικασίες περιλαμβάνουν : την κατακρήμνιση, εξάτμιση, μεταφορά, αποθήκευση, διήθηση και την ροή των χερσαίων και υπόγειων υδάτων. Όλες αυτές οι διαδικασίες μαζί ενώνουν το ποτάμι με το τοπίο που είναι μέρος του. Η καμπή (ή το ανερχόμενο τμήμα της λεκάνης απορροής) είναι η βασική μονάδα στην υδρολογία του ποταμού. Κάθε περιοχή σ'ένα δίκτυο ποταμού έχει μια μοναδική υδρολογική λεκάνη, η οποία είναι μια περιοχή του τοπίου που συνεισφέρει νερό στη γύρω περιοχή. Επειδή το νερό είναι χημικά συντηρητικό, σε κάθε καμπή υπάρχει μια μερική ισορροπία (ονομάζεται υδατικό ισοζύγιο) ανάμεσα στις εισροές, εκροές και στην αποθήκευση του νερού στο τοπίο ανά μονάδα χρόνου. Οι εξισώσεις για την ισορροπία είναι σημαντικές συμπτώξεις που μας βοηθάνε να σκεφτούμε την σχέση ανάμεσα στην ποτάμια εκφόρτιση και τα διάφορες υδραυλικές διαδικασίες στο τοπίο.

Γράφοντας τις εξισώσεις για την ισορροπία με μια μικρή αλλαγή βλέπουμε πώς οι υδραυλικές διαδικασίες στο τοπίο σχετίζονται με την ροή που παρατηρείται στο ποτάμι (Q).

Δεδομένου ότι :  $\Delta GW = (\Delta GW_{out} - \Delta GW_{in})$

τότε,  $Q = [ P - ET - \Delta GW + (\Delta S_{sm} + \Delta S_{gw}) ]$

Η κατακρήμνιση και η εξάτμιση εξαρτώνται από κλιματικούς παράγοντες. Η διαπνοή ποικίλει ανάλογα με το κλίμα και τη βλάστηση της περιοχής. Ο όρος (dGW) αντιπροσωπεύει ένα δίκτυο υπόγειας ροής στη λεκάνη απορροής και είναι κυρίως χαρακτηριστικό της γεωλογίας. Ο όρος ( $dS_s + dS_{sm} + dS_{gw}$ ) αντιπροσωπεύει την αλλαγή στην αποθήκευση νερού πάνω και μέσα στο τοπίο και εξαρτάται αρχικά από την τοπογραφία και τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Τελικά είναι προφανές ότι τρεις πρωτογενείς παράγοντες ελέγχουν το υδατικό ισοζύγιο στην λεκάνη και ως εκ τούτου την ροή του ποταμού (Q) : το τοπίο, το κλίμα και η γεωλογία.

### 5.1 Πηγές απορροής

Όταν βρέχει υπάρχουν τρία πιθανά μονοπάτια που η κατακρήμνιση μπορεί να πάρει για να φτάσει σ'ένα κανάλι ποταμού.

- 1) Η απορροή της βροχής φτάνοντας στο έδαφος εισχωρεί μ'ένα ποσοστό που ορίζεται από την τριχοειδής δράση και την διαπερατότητα. Όταν το ποσοστό κατακρήμνισης υπερβαίνει το ποσοστό διείσδυσης ή όταν το έδαφος γίνεται κορεσμένο από την πλευρική ροή, το νερό συσσωρεύεται στην επιφάνεια και ρέει επιφανειακά και με κλίση προς τα κάτω.
- 2) Η πλευρική ροή που διεισδύει στην επιφάνεια του εδάφους πρέπει να φιλτραριστεί κάθετα μέσω των κατώτερων στρωμάτων του εδάφους. Αν υπάρχουν διαφορές στο ρυθμό φιλτραρίσματος από αυτά τα στρώματα, το νερό μπορεί να συσσωρευτεί σε οριζόντιες επιφάνειες και να παράγει υπό επιφανειακές ροές με κλίση.
- 3) Η υπόγεια ροή νερού που διεισδύει μπορεί τελικά να φτάσει το τοπικό "πίνακα" νερού (μια ζώνη με λιγότερο ή περισσότερο μόνιμα εδάφη κορεσμένα από το νερό). Αυτό το υπόγειο νερό (GW) κινείται επίσης με κλίση αλλά με πολύ χαμηλά ποσοστά. Το υπόγειο νερό μπορεί τελικά να φτάσει το κανάλι ενός ποταμού με αρκετούς τρόπους συμπεριλαμβανομένου και της τομής του καναλιού από τον "πίνακα" νερού, την διαρροή ή/και αρτεσιανές ροές την άνοιξη και οι υγρότοποι που στραγγίζουν στο κανάλι και τέλος αρτεσιανή τροφοδοσία σε αποστραγγισμένες λίμνες. Η έκταση στην οποία το υπόγειο νερό συνεισφέρει στην ροή του

δεδομένου ποταμού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την γεωλογία της λεκάνης (συγκεκριμένα χαρακτηριστικά διείσδυσης) και στο ποσοστό με το οποίο το υπόγειο νερό ρέει με κλίση. Οι ταχύτητες των υπόγειων νερών ποικίλλουν τις τάξεων των 5-8 ανάλογα με την γεωλογική σύνθεση των κορεσμένων στρωμάτων και των υδροστατικών πιέσεων που συμμετέχουν. Η υδραυλική αγωγιμότητα (K) σχετίζεται με το πορώδες και μαζί με την υδραυλική κλίση (DH) και το μήκος της ροής (L) διέπουν την ταχύτητα ροής του υπόγειου νερού ( $V_{gw}$ ) σύμφωνα με τον νόμο του Darcy :

$$V_{gw} = K * (DH/L)$$

Ο νόμος του Darcy επίσης μερικές φορές εκφράζεται ως συνάρτηση της περιοχής ενός συγκεκριμένου υδροφόρου (A), με την εξαρτημένη μεταβλητή να είναι η εκφόρτιση του όγκου του υπόγειου νερού ( $Q_{gw}$ ) :

$$Q_{gw} = K * (DH/L) * A$$

Πρακτικά μιλώντας ο νόμος του Darcy υποδεικνύει ότι οι λεκάνες απορροής με εκτεταμένες περιοχές με πορώδες (π.χ. άμμος ή χαλίκι) υποστρώματα και μεγάλες αλλαγές στην ανύψωση (λόφοι) είναι πιο πιθανό να έχουν υψηλά ποσοστά εισροών υπόγειου νερού στα κανάλια του ποταμού. Τα ποτάμια που αποστραγγίζουν επίπεδες εκτάσεις ή/και με λεπτότερα εδάφη είναι λιγότερο πιθανόν να έχουν σημαντικές πηγές προμήθειας υπόγειων υδάτων.

## 5.2 Γιατί οι υδραυλικές πηγές είναι σημαντικές

Στις περισσότερες λεκάνες απορροής η διαδρομή του νερού που πηγαίνει στο κανάλι ελέγχει τον τρόπο που η απορροή ανταποκρίνεται στην καθίζηση μέσα στην λεκάνη απορροής. Η απορροή φτάνει στο κανάλι ταχύτατα, η πλευρική ροή φτάνει στο κανάλι μετά από κάποια χρονική καθυστέρηση ( από ώρες μέχρι μέρες) και η ροή του υπόγειου νερού μετά από μεγάλη χρονική καθυστέρηση (από μήνες έως χρόνια). Η αποθήκευση (επιφανειακή ή υπό επιφανειακή) μπορεί επίσης να δημιουργήσει ουσιώδεις καθυστερήσεις στο χρόνο παράδοσης. Όσο περισσότερο πολύπλοκη είναι η διαδρομή της ροής τόσο μεγαλύτερο



χρόνο χρειάζεται η βροχόπτωση να φτάσει στο κανάλι, όσο πιο εξασθενημένη η κορυφή του γίνεται τόσο οι επιπτώσεις της ροής απλώνονται στο χρόνο. Σαν αποτέλεσμα τα χαρακτηριστικά της ροής ενός ποταμού εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη φύση της υδραυλικής πηγής.

Ποτάμια που τροφοδοτούνται κατά κύριο λόγο από απορροές ανταποκρίνονται εντυπωσιακά στη βροχή, ταχείας παραγωγής εκφορτίσεις υψηλών κορυφών και γρήγορο πέρασμα κατάντη του νερού. Ανάμεσα σε διαστήματα βροχοπτώσεων αυτά τα ποτάμια βιώνουν μια ταχεία και σοβαρή πτώση στην εκφόρτιση μιας και η περίσσεια του νερού στην λεκάνη έχει ήδη μεταφερθεί μακριά. Αυτά τα ποτάμια μερικές φορές αναφέρονται ως υδρολογικές "flash" ροές.

Ποτάμια τροφοδοτούμενα κυρίως από υπόγειο νερό ανταποκρίνονται ασθενώς στις βροχοπτώσεις. Η εκφόρτιση αυξάνεται ελάχιστα λόγω ότι το μεγαλύτερο μέρος των βροχοπτώσεων αιχμαλωτίζεται από την διήθηση. Αυτό το νερό σιγά-σιγά φτάνει στο κανάλι και ο προκύπτον χρόνος καθυστέρησης εξασφαλίζει μια άφθονη και συνεχόμενη τροφοδοσία του υπόγειου νερού στο ποτάμι ανάμεσα στις βροχοπτώσεις. Τα υπόγεια ποτάμια είναι σταθερά υδρολογικά συστήματα με μικρότερη ροή κορυφής αλλά με μεγαλύτερη ροή βάσης από ότι σε ποτάμια απορροής με γνώμονα ένα συγκρίσιμο μέγεθος.

τα περισσότερα ποτάμια δέχονται νερό από απορροές, πλευρικές ροές και υπόγειες πηγές. Όπως θα μπορούσε να αναμένεται με ένα σχετικά ισορροπημένο μείγμα από πηγές έχουν ενδιάμεσες υδρολογικές ιδιότητες. Ποτάμια τέτοιου τύπου είναι συνηθισμένα και τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ροής τους ποικίλλουν σημαντικά ανάλογα με συγκεκριμένη θέση τους κατά μήκος της συνεχούς κατά κύριο λόγο ανάμεσα στις απορροές και τις υπόγειες πηγές.

Άλλοι παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του μεγέθους και του σχήματος του υδρογραφικού δικτύου και της υδραυλικής αποθήκευσης που είναι διαθέσιμη στις πλημμυρικές πεδιάδες και ταμιευτήρες, μπορούν επίσης να έχουν σημαντικές επιδράσεις στον χρόνο παράδοσης και στην απόσβεση εκφορτίσεων κορυφής. Για παράδειγμα λεκάνες σε σχήμα χωνιού διανέμουν νερό πιο γρήγορα από ότι οι μακρόστενες λεκάνες. Παρομοίως, καλά αναπτυγμένα αποστραγγιζόμενα δίκτυα παραδίδουν



μεγαλύτερες ποσότητες νερού πιο γρήγορα από τα χαμηλής πυκνότητας δίκτυα.

### 5.3 Ποτάμια σαν γεωμορφολογικά συστήματα

Όπως φυσικά το κανάλι του ποταμού μεταφέρει νερό κατά μήκος του τοπίου, επίσης μεταφέρουν ιζήματα και διαλυμένα υλικά, αλλάζει αυτό το τοπίο από την διάβρωση, τη διάλυση και την απόθεση. Αυτό το τοπίο που διαμορφώνει την λειτουργία των ποταμών αποτέλεσε ένα βασικό σημείο εστίασης από τους γεωλόγους που ενδιαφέρονται για τη γεωμορφολογία τουλάχιστον εδώ και έναν αιώνα. Βασιζόμενο στο θεμελιακό μοντέλο του Davis (1899) για την ανάπτυξη του τοπίου, οι γεωλόγοι έχουν διαδραματίσει ένα ηγετικό ρόλο στη μελέτη των ποταμών από μια πλευρά ολόκληρου του συστήματος.

Ο Davis θεωρούσε το παρατηρούμενο τοπίο ότι είναι αποτέλεσμα ενός κύκλου γεωλογικών ανυψώσεων (ορογένεση) και διάβρωσης. Τα ποτάμια θεωρήθηκαν ως ο κύριος παράγοντας της ηπειρωτικής διάβρωσης και ανάμεσα στα επεισόδια ανυψώσεων που συνεχώς μειώνουν την ανύψωση των γεωμορφών προς ένα βασικό επίπεδο καθορίζονται από την ανύψωση του της εκβολής του ποταμού.

Ένα απλοποιημένο αλλά χρήσιμο μοντέλο της συνολικής γεωμορφολογικής δομής ενός ποταμού διαιρεί το ποτάμιο σύστημα σε τρεις μεγάλες ζώνες (Schumm 1977). Κάθε ζώνη είναι χαρακτηριστική από την άποψη της επεξεργασίας υλικών. Το ανώτερο δίκτυο του ποταμού περιλαμβάνει την ζώνη της παραγωγής όπου τα περισσότερα ιζήματα, διαλυμένα μεταλλικά και θρεπτικά στοιχεία αποκτώνται μέσω φορτίων του νερού από το σύστημα. Η ζώνη μεταφοράς αποτελείται από τα μεσαία και χαμηλότερα τμήματα του ποτάμιου συστήματος στο οποίο η μεταφορά και το κανάλι διαδικασιών οικοδόμησης κυριαρχούν. Τέλος, η ζώνη της απόθεσης βρίσκεται κοντά στις εκβολές του ποταμού όπου φορτία αποτίθενται ή παραδίδονται στο σύστημα λήψης. Αυτή η άποψη τονίζει με σαφήνεια την γεωμορφολογική λειτουργία των ποταμών, δηλαδή να μετακινούν υλικά κατά μήκος του τοπίου.

Όπως τα γεωμορφολογικά συστήματα, τα ποτάμια χρησιμοποιούν ενέργεια (που παράγεται από μετακινούμενες μεγάλες μάζες νερού με κλίση, το οποίο ονομάζεται ισχύς ρεύματος με μονάδες μέτρησης  $Kw$  ανά μήκος ή περιοχή) για να επιτευχθεί η δουλειά της διάβρωσης, μεταφορά ιζήματος και την δημιουργία καναλιού. Αυτή είναι η ίδια ενέργεια που χρησιμοποιούμε για να παράγουμε ηλεκτρισμό από τεχνητά απότομες κλίσεις σε υπερχειλιστές των υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Το ποσό της ενέργειας διαθέσιμο για γεωμορφολογική δουλειά είναι ανάλογη προς την ποσότητα τόσο του νερού που μετακινείται στο κανάλι (και ως εκ τούτου για την ροή του ποταμού,  $Q$ ) όσο και με την κλίση του καναλιού. Μεγάλες κλίσεις ή/και μεγάλα  $Q$  έχουν σαν αποτέλεσμα υψηλής ισχύος ποτάμια με τεράστιες δυνατότητες για διάβρωση και σχηματισμό καναλιού. Μικρά  $Q$  ή/και ήπιες κλίσεις παράγουν λίγη ενέργεια και δημιουργούν μια μειωμένη ικανότητα για διάβρωση και μεταφορά υλικού.

Μιας και η ενέργεια είναι ανάλογη του  $Q$ , η δυναμική γεωμορφολογία ενός ποταμού είναι στενά συνδεδεμένη με τον υδρολογικό χαρακτήρα. Ποτάμια απορροής, με flashy και υψηλές ροές κάνουν την γεωμορφολογική δουλειά με σύντομες εξαιρετικά ισχυρές εκρήξεις. Τα υπόγεια ποτάμια σπάνια έχουν μια τόσο δυνατή ροή αλλά διατηρούν μια πιο δυνατή βασική ροή και μπορούν να εκπληρώσουν λιγότερη γεωμορφολογική δουλειά για το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου. Η κλίση (η οποία βοηθάει να καθοριστεί η ροή του ρεύματος) είναι ένα χαρακτηριστικό και του τοπίου αλλά και του καναλιού του ποταμού. Το μοντέλο του Davis συνεπάγεται ότι η κλίση στη λεκάνη ποικίλει με τον χρόνο καθώς η διάβρωση του τοπίου προχωράει. Αυτό είναι φυσικά μια μεγάλη χρονική διαδικασία που τυπικά απαντάται σ'ένα γεωλογικό χρονικό πλαίσιο χιλιάδων έως εκατομμύριων χρόνων. Ωστόσο η κλίση του καναλιού μπορεί να προσαρμόζεται από το ίδιο το ποτάμι (εντός των ορίων της κλίσης της λεκάνης) σ'ένα μικρότερο χρονικό πλαίσιο (μερικά χρόνια μέχρι δεκαετίες) από τον ελιγμό και την αλλαγή του μήκους του καναλιού.

Η ισορροπία ανάμεσα στις υδρολογικές μεταβλητές, η διαθέσιμη ενέργεια και η μορφολογία του καναλιού (π.χ. πλάτος, βάθος, κλίση, σχήμα) έχουν γίνει το επίκεντρο από τους γεωμορφολόγους σε αυτόν τον αιώνα. Από την πλευρά τους το προκύπτον ποτάμιο σύστημα (Schumm

1977) φυσικό σύστημα τοπίου σε επίπεδο που τείνει με τον χρόνο να κινηθεί προς την δυναμική ισορροπία όπου η διαθέσιμη ισχύ ρεύματος και τα φορτία ιζήματος είναι σε ισορροπία ενάντια στην αντίσταση του καναλιού και τα ιζήματα μεταφέρονται και αποτίθενται. Δηλαδή εντός των περιορισμών που επιβάλλονται από τα τοπικά χαρακτηριστικά του τοπίου, το ποτάμι συνεχόμενα χτίζει και διαμορφώνει το ίδιο του το κανάλι για να διευκολύνει το νερό και τα φορτία ιζήματος που παράγονται από την καμπή. Ένα τέτοιο ποτάμι που πλησιάζει αυτή την δυναμική ισορροπία λέγεται ότι είναι σε "in grade" (Mackin 1948). Αυτή η δυναμική συμπεριφορά ενός ποτάμιου συστήματος μπορεί να θεωρηθεί ως δύο : (1) αυτοπαραγόμενο (ενδογενείς) και (2) κατευθυντήριο (κινούμενο προς την ισορροπία ανάμεσα στην δύναμη και διαδικασία). Ανθρώπινες τροποποιήσεις στο νερό ή στα φορτία ιζήματος ή στο τοπικούς περιορισμούς του καναλιού δημιουργούν συνθήκες που απαιτούν μια νέα σχέση ισορροπίας. Ένα ποτάμι θα τείνει να ανταποκριθεί σε τέτοιες τροποποιήσεις με την προσαρμογή του καναλιού του μέσω διαβρωτικών ή αποθετικών διαδικασιών. Πρακτική διαχείριση και σχεδιασμός με σεβασμό στα ποτάμια είναι αδύνατον να γίνει χωρίς μια βασική εκτίμηση για την εγγενή συμπεριφορά των ποτάμιων συστημάτων.

## **6. Υδατικό Διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου – Λεκάνη απορροής Πηνειού**

### **6.1 Γεωγραφικά στοιχεία**

Η περιοχή μελέτης ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου (GR02), το οποίο περιλαμβάνει τη λεκάνη απορροής Πηνειού-Πείρου-Βέργα (GR28) έκτασης 2.423,43 km<sup>2</sup>, τις λεκάνες Ρεμάτων Παραλίας Β. Πελοποννήσου (GR27) έκτασης 3.684,59 km<sup>2</sup> καθώς και τις λεκάνες των νήσων Ζακύνθου-Ιθάκης-Κεφαλονιάς (GR45) συνολικής έκτασης 1.288,53 km<sup>2</sup>.

Η λεκάνη απορροής GR28 περιλαμβάνει τις υδρολογικές λεκάνες του Πηνειού έκτασης 1026 km<sup>2</sup>, Πείρου έκτασης 580 km<sup>2</sup>, Βέργα έκτασης 125 km<sup>2</sup> και έξι (6) παράκτιες λεκάνες χωρίς σημαντικούς ποταμούς. Ανήκει εξ' ολοκλήρου στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας.

Η λεκάνη απορροής GR27 περιλαμβάνει 42 υδρολογικές λεκάνες από τις οποίες τρεις (3) είναι κλειστές (Αλέας, Φενεού, Στυμφαλίας) και οι υπόλοιπες είναι παράκτιες. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι του Γλαύκου, του Κράθι, του Σελινούντα, του Κριού, του Ασωπού, του Βουραϊκού, του Σίθα και της Ράχιανης. Η λεκάνη απορροής Ρεμάτων Παραλίας Βόρειας Πελοποννήσου περιλαμβάνει τμήματα των Περιφερειών Πελοποννήσου και Δυτικής Ελλάδας με ποσοστό έκτασης 57% και 43% αντίστοιχα.

Η λεκάνη απορροής GR45 περιλαμβάνει τα νησιά Κεφαλονιά, Ιθάκη, Ζάκυνθο και Στροφάδες. Ο χαρακτήρας της λεκάνης είναι καθαρά νησιωτικός χωρίς σημαντικά ποτάμια και λίμνες.

Το υδατικό διαμέρισμα οριοθετείται από τον υδροκρίτη που ξεκινά από το ακρωτήριο Κατάκωλο, συνεχίζει στους ορεινούς όγκους Φολόη, Λάμπεια, Ερύμανθο, Αροάνεια, στο υψίπεδο Καλαβρύτων, στο νότιο όριο της κλειστής λεκάνης Φενεού, στους ορεινούς όγκους του

Ολιγύρτου, Λύρκειου και Ονείων και καταλήγει στο ακρωτήριο Τραχήλι μέσω των κορυφών Τραπεζώνα και Πολίτη. Η έκταση του ΥΔ είναι 7.396,55 km<sup>2</sup> και περιλαμβάνει τμήματα των Περιφερειών Πελοποννήσου, Δυτικής Ελλάδας και Ιονίων Νήσων με ποσοστά έκτασης 28%, 54% και 18% αντίστοιχα.

## 6.2 Γεωμορφολογικά - γεωλογικά χαρακτηριστικά

Το γεωμορφολογικό ανάγλυφο του ΥΔ χαρακτηρίζεται γενικά ορεινό (600 έως 2400m) και απότομο στο εσωτερικό, ημιορεινό (100 έως 600m) στην εξωτερική του περίμετρο και πεδινό (0 έως 100m) στην παράκτια ζώνη του. Οι μεγαλύτερες πεδινές εκτάσεις αναπτύσσονται στις υπολεκάνες των ποταμών Πηνειού, Πείρου και Γλαύκου και στο εσωτερικό στις κλειστές λεκάνες Φενεού και Στυμφαλίας. Οι κυριότεροι ποταμοί συνεχούς ροής είναι ο Πηνειός, οι παραπόταμοί του Πηνειακός και Λάδων, ο Πείρος, ο Παραπείρος και μερικοί ακόμη στα Ρέματα της Βόρειας Πελοποννήσου. Παράκτιες λίμνες σχηματίζονται μεταξύ Αράξου και Κυλλήνης.

Η ευρύτερη περιοχή του διαμερίσματος αποτελείται από ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών. Από τα δυτικά προς τα ανατολικά απαντώνται οι εξής γεωτεκτονικές ζώνες:

- **Ιόνιος Ζώνη:** εμφανίζεται περιορισμένα στο ακρωτήριο του Αράξου και συνίσταται από εναλλαγές ασβεστόλιθου και φλύσχη.
- **Ζώνη Γαβρόβου-Τριπόλεως:** καταλαμβάνει περιοχές νοτιοδυτικά της Πάτρας (βουνό Σκόλις) και περιοχές της Ζήρειας. Συνίσταται από εναλλαγές ασβεστόλιθου και φλύσχη.
- **Ζώνη Ωλονού-Πίνδου:** καταλαμβάνει μεγάλο μέρος του διαμερίσματος και συνίσταται από εναλλαγές ασβεστόλιθων, κερατόλιθων, μαργών, ψαμμιτών και φλύσχη. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της ζώνης είναι η ύπαρξη τεκτονικών λεπιών, που καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό την ανάπτυξη των υδροφόρων συστημάτων.
- **Ζώνη Κεντρικής Πελοποννήσου (στρώματα Τυρού):** εμφανίζεται στο κεντρικό τμήμα του διαμερίσματος και συνίσταται από εναλλαγές σχιστόλιθων και φυλλιτών στους οποίους παρεμβάλλονται τα μάρμαρα.

- Πελαγονική Ζώνη: εμφανίζεται στην περιοχή Κορινθίας-Αργολίδας. Συνίσταται από παλαιοζωικούς ασβεστόλιθους.

Σε όλο το διαμέρισμα αναπτύσσονται εκτεταμένες περιοχές σύγχρονων νεογενών και πλειστοκαινικών αποθέσεων που αποτελούνται από μάργες, αργίλους, κροκαλοπαγή και ψαμμίτες. Οι αποθέσεις αυτές συναντώνται σε μεγάλο τμήμα του δυτικού τμήματος και σε μεγάλο τμήμα των βόρειων ακτών (Πάτρα-Κόρινθος). Ιδιαίτερη σημασία στις αποθέσεις αυτές έχουν οι εμφανίσεις συνεκτικών κροκαλοπαγών με ανθρακικό συνδετικό υλικό (περιοχή Νεμέας, Κεφαλαρίου, Καλαβρύτων κλπ).

Τέλος, στα παραλιακές πεδινές εκτάσεις συναντώνται σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις, που στις περισσότερες περιπτώσεις έχουν ως υπόβαθρο νεογενείς και πλειστοκαινικούς σχηματισμούς.

## **6.3 Υδρολογικές Λεκάνες**

Το υδατικό διαμέρισμα της Βόρειας Πελοποννήσου οριοθετείται δυτικά από το Ιόνιο πέλαγος, βορειοδυτικά από τον Πατραϊκό Κόλπο, βόρεια από τον Κορινθιακό Κόλπο, βορειοανατολικά από τον Σαρωνικό Κόλπο και νότια από τον ορεογραφικό άξονα που εκκινεί δυτικά με το όρος Σκόλλις, συνεχίζεται στην κεντρική περιοχή με τους ορεινούς όγκους του Ερύμανθου, του Παναχαϊκού, του Μαρματίου και της Κυλλήνης και καταλήγει ανατολικά στα Όνεια Όρη.

### **6.3.1 Κύριες υδρολογικές λεκάνες**

Οι κύριες υδρολογικές λεκάνες του διαμερίσματος είναι η λεκάνη του Πηνειού και η λεκάνη του Πείρου. Υδρολογικά στοιχεία για τις λεκάνες αυτές παρατίθενται στη συνέχεια.

### 6.3.2 Πηνειός

Πρόκειται για τη μεγαλύτερη λεκάνη του διαμερίσματος με έκταση 1025 km<sup>2</sup> αποστραγγίζεται από τον Πηνειό, που διασχίζει την ορεινή και ημιορεινή Ηλεία και καταλήγει σήμερα στην τεχνητή λίμνη του φράγματος. Στο φράγμα καταλήγει και ο παραπόταμος Πηνειακός Λάδωνας (θερινή παροχή 0.4 m<sup>3</sup>/s), που έχει ροή σε όλο το μήκος του. Ο Πηνειός και ο Πηνειακός Λάδωνας τροφοδοτούνται από τις πηγές του καρστικού συστήματος του νότιου Ερύμανθου σε υψόμετρο 1000 m. Η μετρηθείσα ετήσια απορροή του ποταμού στη θέση Καβάσιλα (αντιστοιχεί σε επιφάνεια λεκάνης 725 km<sup>2</sup>) είναι 427 hm<sup>3</sup>. Η δίαιτα του ποταμού στη θέση αυτή διαμορφώνεται όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1:** Μέσες μηνιαίες παροχές Πηνειού, 1961-1964 (m<sup>3</sup>/s)

Πηγή: ΔΕΗ, μετρήσεις 1961–1964

ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΕΤΟΣ
7,04	15,61	38,70	13,46	29,84	23,97	13.40	11.43	5.91	1.46	0.33	1.17	<b>13.52</b>

Η ελάχιστη ετήσια μετρημένη εισροή στην τεχνητή λίμνη του φράγματος (εμβαδόν λεκάνης 723 km<sup>2</sup>) είναι 160 hm<sup>3</sup> και εμφανίστηκε το έτος 1980-81 (Παπαναστασίου & συνεργάτες, 1989).

### 6.3.3 Πείρος

Η λεκάνη του Πείρου έχει έκταση 580 km<sup>2</sup> και αναπτύσσεται στη δυτική Αχαΐα. Αποστραγγίζεται από τον ποταμό Πείρο, που πηγάζει από πηγές του καρστικού συστήματος βόρειου Ερύμανθου και έχει ροή σε όλη τη διάρκεια του έτους. Στο πεδινό τμήμα της λεκάνης (κάμπος Κάτω Αχαΐας

) συμβάλλουν τρεις σχετικά μεγάλοι χείμαρροι. Οι ποταμοί Πείρος και Παραπείρος ρέουν χωριστά μέχρι ορισμένου σημείου (περιοχή Θεριανό) όπου και ενώνονται σε έναν, ο οποίος τελικά εκβάλλει στον Πατραϊκό Κόλπο, στην περιοχή της Κάτω Αχαΐας. Η εκτιμώμενη απορροή του ποταμού στην έξοδο της λεκάνης είναι  $265 \text{ hm}^3$  ετησίως. Η μέση παροχή θερινής περιόδου είναι περίπου  $700 \text{ m}^3/\text{h}$  (Ζερβογιάννης, 1982).

## 6.4 Υδροφόροι ενότητες - Αποθέματα υπόγειων νερών

### Ηπειρωτικό τμήμα διαμερίσματος

Εντός των γεωλογικών δομών που δομούν το υδατικό διαμέρισμα της Βορείου Πελοποννήσου δημιουργούνται πολλά υδροφόρα συστήματα ενδορωματικής και ενδοπορικής δομής. Το συνολικό υπόγειο δυναμικό του διαμερίσματος εκτιμάται στην τάξη των  $630 * 10^6 \text{ m}^3$  και αντιστοιχεί σε  $347 * 10^6 \text{ m}^3$  σε καρστικά αποθέματα και  $283 * 10^6 \text{ m}^3$  σε αποθέματα κοκκωδών συστημάτων. Στους υπολογισμούς αυτούς δεν

περιλαμβάνονται τα αποθέματα εντός των χαρακτηριζόμενων ως υδατοστεγών, πρακτικά στεγανών, σχηματισμών που καταλαμβάνουν έκταση  $633 \text{ km}^2$  και τα οποία εκτιμώνται σε  $16 * 10^6 \text{ m}^3$  λαμβανόμενων υπ' όψη 3% συντελεστή κατεισδύσης και μέσο ετήσιο ύψος βροχής  $850 \text{ mm}$ .

Έτσι τα συνολικά υπόγεια αποθέματα νερού στο ηπειρωτικό τμήμα του διαμερίσματος ανέρχονται σε  $650 * 10^6 \text{ m}^3$ . Ως προς τα εκμεταλλεύσιμα αποθέματα, αυτά μόνο για το νομό Αχαΐας ανέρχονται σε  $321 * 10^6 \text{ m}^3$  και κατανέμονται σε  $186 * 10^6 \text{ m}^3$  στην πεδινή Δυτική Αχαΐα,  $40 * 10^6 \text{ m}^3$  στην ορεινή περιοχή Καλαβρύτων-Δ. Αχαΐας και  $95 * 10^6 \text{ m}^3$  στην Αιγιαλεία.

### Νησιωτικό τμήμα διαμερίσματος

Τα δυναμικά αποθέματα των υπόγειων νερών στο νησιωτικό τμήμα του διαμερίσματος, με βάση τον κατεισδύοντα όγκο νερού στα ανθρακικά και λοιπά πετρώματα που δομούν τα νησιά, εκτιμώνται σε  $460 * 10^6 \text{ m}^3$  και αντιστοιχούν σε  $312 * 10^6 \text{ m}^3$  στην Κεφαλονιά,  $40 * 10^6 \text{ m}^3$  στην Ιθάκη και  $108 * 10^6 \text{ m}^3$  στη Ζάκυνθο. Εξ' αυτών ποσοστό 93% αντιστοιχεί σε αποθέματα καρστικών σχηματισμών και το 7% σε αποθέματα εντός

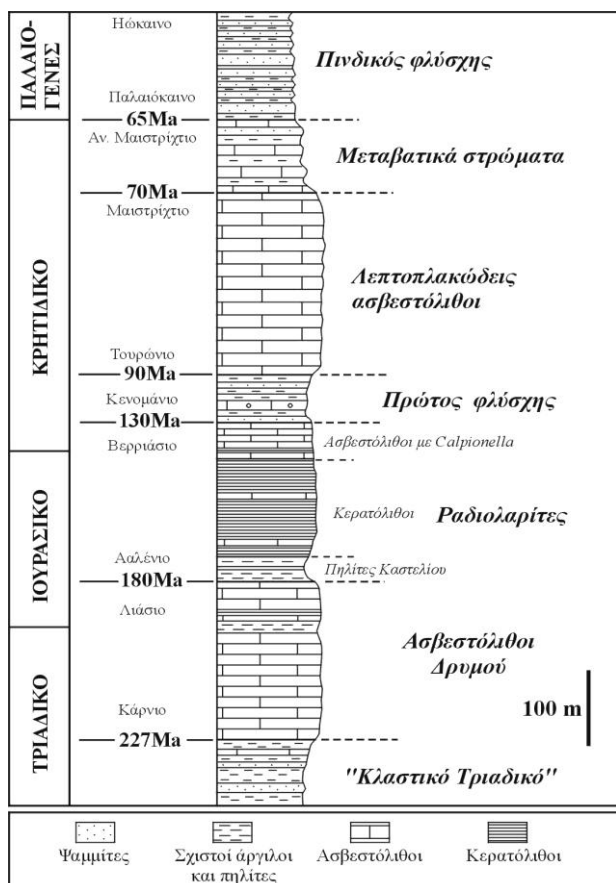


[Πληκτρολογήστε κείμενο]

νεογενών και τεταρτογενών σχηματισμών. Σημειώνεται εδώ ότι σημαντικό ποσοστό του δυναμικού αυτού είναι ποιοτικά υποβαθμισμένο λόγω υφαλμύρισης.

## 7) Στρωματογραφία

Η ζώνη διακρίθηκε και περιγράφηκε για πρώτη φορά στην Ελλάδα από τον Philippson (1898) ο οποίος και την ονόμασε ζώνη Ωλονού-Πίνδου από τους ομώνυμους ορεινούς όγκους της Πελοποννήσου και ηπειρωτικής Ελλάδας. Ωστόσο στην βιβλιογραφία πιο συχνά χρησιμοποιείται ο όρος Ζώνη Πίνδου. Η ζώνη καλύπτει ένα μεγάλο τμήμα της Ελληνικής χερσονήσου και της Κρήτης και διαμέσου της Ρόδου συνεχίζει στη Μικρά Ασία, όπου εκεί είναι συγκρίσιμη με τη ζώνη της Antalya. Προς το βορρά εκτείνεται στην Αλβανία και στις πρώην Γιουγκοσλαβικές δημοκρατίες όπου αναφέρεται ως ζώνη Cukali-Krasta και Budna, αντίστοιχα.



### Στρωματογραφία

Η ζώνη Πίνδου δομείται από μία Μεσοζωική ακολουθία ανθρακικών και πυριτικών ιζημάτων βαθιάς θάλασσας των οποίων το συνολικό πάχος δεν ξεπερνά τα 1050 μέτρα (Εικ. 13). Επί των Μεσοζωικών σχηματισμών αναπτύσσεται η κλαστική ακολουθία του Πινδικού Φλύσχη που καλύπτει ένα στρωματογραφικό εύρος από το Παλαιόκαινο έως και το Ολιγόκαινο. Αναλυτικότερα, στη στρωματογραφική διάθρωση της ζώνης διακρίνονται από τους κατώτερους προς τους ανώτερους ορίζοντες οι παρακάτω σχηματισμοί:

Ο σχηματισμός του "κλαστικού Τριαδικού" αποτελεί την παλαιότερη

Εικ. 13. Στρωματογραφική στήλη των σχηματισμών της Ζώνης Πίνδου.

[Πληκτρολογήστε κείμενο]

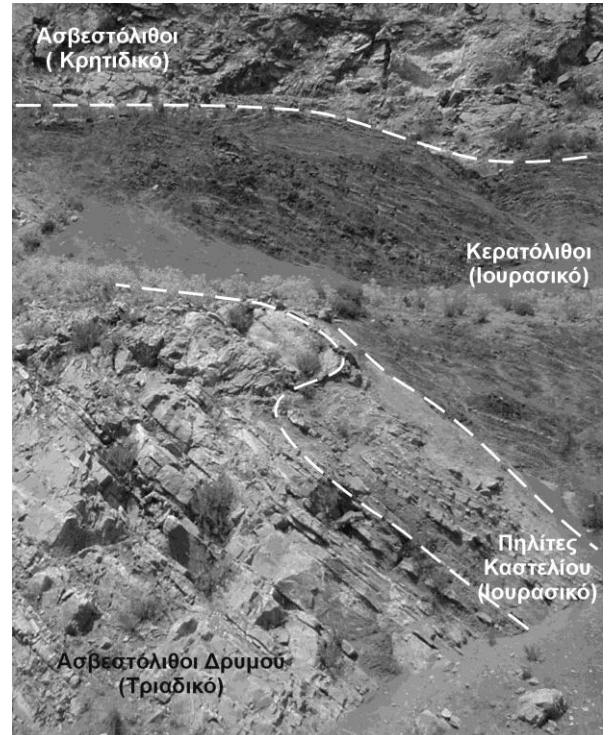
ακολουθία ιζημάτων στην στρωματογραφική διάπλαση της Ζώνης Πίνδου και συνίσταται κυρίως από λεπτο- έως μεσοκοκκώδης ψαμμίτες με παρεμβολές πηλιτικών και αργιλικών στρωμάτων. Εσωτερικά παρουσιάζει ακολουθίες τύπου *Βουιτα* και γενικά ιζηματογενείς δομές οι οποίες είναι ενδεικτικές τουρβιδιτικών αποθέσεων. Με βάση τα απολιθώματα που βρέθηκαν στο σχηματισμό όπως *Halobia* και *Κωνόδοντα* η ηλικία των ιζημάτων προσδιορίζεται ως Μέσο Τριαδικό. Το μέγιστο ορατό πάχος των πετρωμάτων αυτών υπολογίζεται περίπου στα 100 m.

Ο σχηματισμός *Ασβεστόλιθων Δρυμού* αναπτύσσεται επί του κλαστικού Τριαδικού και αποτελείται κυρίως από τουρβιδιτικούς και ημιπελαγικούς ασβεστόλιθους με τοπικές παρεμβολές κερατολίθων και πράσινων πηλιτών. Η παρουσία της *Halobia sp.* και άλλων πελαγικών δυθύρων και κωνοδότων στα στρώματα των ασβεστόλιθων προσδίδουν στον σχηματισμό ηλικία Ανωτέρου Τριαδικού (Κάρνιο) – Κατώτερου Ιουρασικού (Λιασίου). Το μέγιστο πάχος του σχηματισμού υπολογίζεται περίπου στα 300 m.

Ο σχηματισμός *Ραδιολαριτών (sensu lato)* είναι ο χαρακτηριστικότερος ορίζοντας στη Μεσοζωική ακολουθία της ζώνης και περιλαμβάνει τρία επιμέρους στρωματογραφικά μέλη: (α) τους *Πηλίτες Καστελίου* (Εικ. 14) που καταλαμβάνουν την κατώτερη θέση στον σχηματισμό και δομούνται από ποικιλόχρωμους πηλιτικούς ορίζοντες στους οποίους παρεμβάλλονται κατά θέσεις πολύ μικρού πάχους στρώματα ασβεστόλιθων και κερατολίθων, (β) το υπερκείμενο μέλος των *Κερατολίθων* που συνίσταται από διάφορες κερατολιθικές φάσεις ερυθρών και γκριζών υαλωδών κερατολίθων, αργιλικών κερατολίθων και μαγγανιούχων κερατολίθων που συν-οδεύονται από ασβεστολιθικές και πυριτιούχες πηλιτικές φάσεις και (γ) το ανωτέρω στρωματογραφικό μέλος των "*Ασβεστόλιθων με Calpionella*" στο οποίο επικρατούν ροδόχρουν ασβεστόλιθοι. Συνολικά ο σχηματισμός έχει χρονο-λογηθεί με βάση άλγες, τρηματοφόρα και radiolaria στο Μέσο Ιουρασικό (Ααλένιο) – Κάτω Κρητιδικό (Βερριάσιο) και έχει μέγιστο πάχος περίπου 350 m.

Ο σχηματισμός "*Πρώτου Φλύσχη*" από-τελείται κυρίως από εναλλαγές ψαμμιτών και αργίλων με παρεμβολές μαργαϊκών, ωολιθικών ασβεστολίθων και κερατολίθων. Με βάση απολιθώματα η ηλικία του σχηματισμού τοποθετείται στο Κατώ Κρητιδικό (Αλβιο-Κενομάνιο). Μέγιστο ορατό πάχος 100 m.

Ο σχηματισμός των *Λεπτοπλακωδών Ασβεστόλιθων* δομείται από πελαγικής φάσης βιομικρικούς ασβεστόλιθους με κονδύλους και ενδιαστρώσεις πυριτολίθων. Η ηλικία του σχηματισμού με βάση την πλούσια μικροπανίδα (κυρίως πολλά είδη *Globotruncana*) που



Εικ. 14. Φωτογραφία από τα δυτικότερα τμήματα της ζώνης Πίνδου στην περιοχή της Ναυπάκτου στην οποία φαίνονται οι κυριότεροι Μεσοζωικοί σχηματισμοί που δομούν τη ζώνη. Στη θέση αυτή απουσιάζουν οι ασβεστόλιθοι με *Calpionella* καθώς και ο σχηματισμός του 'πρώτου Φλύσχη'. Ο ορίζοντας των κερατολίθων φαίνεται να απολεπτύνεται προς τα δυτικά (αριστερά). Η

[Πληκτρολογήστε κείμενο]

*βρέθηκε σ' αυτούς είναι Άνω Κρητιδική (Τουρώνιο-Μαιστρίχτιο). Το μέγιστο ορατό πάχος των ασβεστόλιθων αυτών υπολογίζεται περίπου στα 400 m.*

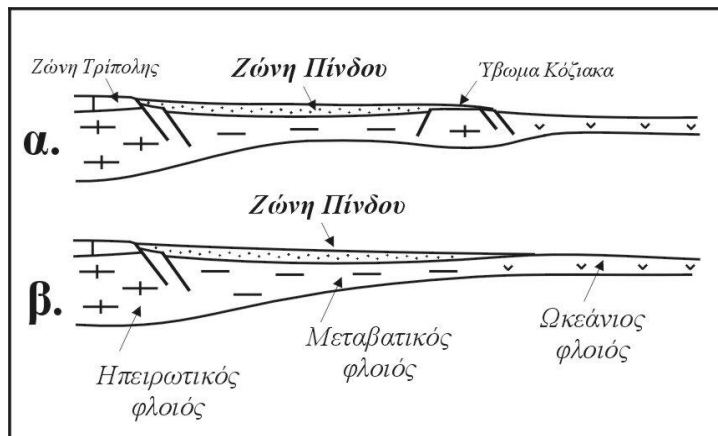
*Ο σχηματισμός των μεταβατικών στρωμάτων αποτελείται από εναλλαγές μαργαϊκών ασβεστόλιθων, μικρολατυποπαγών ασβεστόλιθων, μαργών και ψαμμιτών με κατά τόπους παρεμβολές μαύρων κερατολίθων πλούσιων σε οργανικό υλικό. Η ηλικία του σχηματισμού κυμαίνεται από Άνω Κρητιδική έως Παλαιοκαινική ενώ το πάχος του ξεπερνά τα 100 m (Εικ. 13).*

*Ο σχηματισμός του "Πινδικού Φλύσχη" αποτελεί μία τοπική συνορογενετική κλαστική ακολουθία τουρβιδιτών δομημένη από εναλλαγές ψαμμιτών, αργίλων και πηλιτών. Μέσα στην ακολουθία μπορούν να διαχωριστούν τρεις ενότητες. Η κατώτερη ενότητα που εμφανίζεται κυρίως στα δυτικά τμήματα της ζώνης και χαρακτηρίζεται από παχυστρωματώδεις οριζόντες ψαμμιτών που εναλλάσσονται με λεπτοστρωματώδεις αργίλους και πηλίτες. Η μεσαία ενότητα, η οποία είναι η επικρατούσα στην κλαστική ακολουθία, αναπτύσσεται κυρίως στα κεντρικά τμήματα της ζώνης και αποτελείται από λεπτοστρωματώδεις μαύρους αργίλους και πηλίτες με ενδιάστροφες ψαμμιτών. Η ανώτερη ενότητα εμφανίζεται κυρίως στα ανατολικά και χαρακτηρίζεται από μια μονότονη εναλλαγή λεπτοστρωματωδών αργίλων, πηλιτών και ψαμμιτών. Τόσο η ηλικία αλλά και το πάχος του σχηματισμού μεταβάλλεται εγκάρσια και κατά μήκος της ζώνης. Γενικά η απόθεση αρχίζει στο όριο Κρητιδικού – Παλαιοκαινικού και σταματά κατά το Ολιγόκαινο. Το πάχος του σχηματισμού κυμαίνεται από λίγες δεκάδες μέτρα στα δυτικότερα τμήματα της ζώνης έως 3-4 km στα ανατολικά.*

## 8) Παλαιογεωγραφία

Σε σχέση με τον ευρύτερο παλαιογεωγραφικό χώρο των Εξωτερικών Ελληνίδων η λεκάνη ιζηματογένεσης της Ζώνης Πίνδου τοποθετείται κατά μήκος του ανατολικού παθητικού περιθωρίου της Απούλιας μικροπλάκας (Εικ. 15). Το αρχικό στάδιο τόσο της απολέπτυνσης του περιθωρίου όσο και της διάνοιξης της Πινδικής λεκάνης έλαβε χώρα από το τέλος του Περμίου έως το Μέσο Τριαδικό με αποτέλεσμα να έχει διαμορφωθεί μια στενή λεκάνη ιζηματογένεσης περίπου στο Άνω Τριαδικό. Από το Άνω Τριαδικό και καθ' όλη τη διάρκεια του Ιουρασικού γίνεται συνεχής απολέπτυνση του περιθωρίου με αποτέλεσμα να σχηματιστεί, όπως μαρτυρούν και η μεγάλου πάχους αποθέσεις κερατολίθων, μία βαθιά και ευρεία λεκάνη ιζηματογένεσης. Εμφανίσεις του προ-Αλπικού υποβάθρου της λεκάνης δεν έχουν βρεθεί έως σήμερα. Ωστόσο έχουν δοθεί κατά καιρούς διάφορες ερμηνείες για τη φύση και τα χαρακτηριστικά αυτού. Κατά την επικρατούσα άποψη η Πινδική λεκάνη μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μια ωκεάνια λεκάνη τύπου Ερυθράς Θάλασσας όπου το υπόβαθρο των πετρωμάτων της Πίνδου αποτελούσε ένας μεταβατικού τύπου φλοιός. Ο φλοιός εξελισσόταν προς τα ανατολικά σε ωκεάνιο φλοιό που δομούσε τον "Ωκεανό της Πίνδου" (Εικ. 15).

Η δομή του ανατολικού περιθωρίου της ζώνης και η μετάβαση της προς τον "Ωκεανό της Πίνδου" φαίνεται ωστόσο ότι ήταν πολύπλοκη. Λιθολογικές διαφοροποιήσεις της Μεσοζωικής ακολουθίας στις ανατολικές παρυφές της Πινδικής λεκάνης που δείχνουν μεικτούς χαρακτήρες



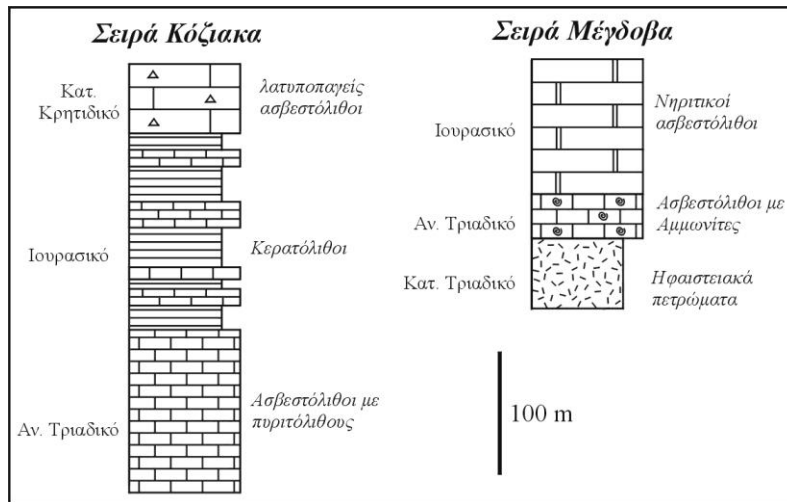
**Εικ. 15.** Ο παλαιογεωγραφικός χώρος απόθεσης των ιζημάτων της ζώνης Πίνδου στη βόρεια (α) και κεντρική Ελλάδα κατά το Μεσοζωικό. Η λεκάνη ιζηματογένεσης της Πινδικής ακολουθίας τοποθετείται στο

βαθιάς και ρηχής θάλασσας υποδηλώνουν σύμφωνα με νεότερες απόψεις την ύπαρξη μικρών υβωμάτων στις περιοχές αυτές. Η σειρά του Κόζιακα στη δυτική Θεσσαλία αποτελεί μία εξ' αυτών των περιπτώσεων και δομείται από Άνω Τριαδικούς ασβεστόλιθους με πυριτόλιθους και παρεμβολές λατυποπαγών ασβεστόλιθων, Ιουρασικούς ωολιθικούς ασβεστόλιθους σε εναλλαγές με σχιστοκερατόλιθους και Κρητιδικούς λατυποπαγείς ασβεστόλιθους (Εικ. 16). Η σειρά είχε ονομαστεί παλαιότερα από τον Aubouin (1959) ως "Υπερπινδική υποζώνη" και αποτελούσε κατά τις παλαιότερες αντιλήψεις την πλευρική μετάβαση της Ζώνης Πίνδου προς την Πελαγονική Ζώνη. Η ύπαρξη υβωμάτων στα ανατολικά περιθώρια της λεκάνης εξηγεί σύμφωνα

[Πληκτρολογήστε κείμενο]

με πρόσφατες έρευνες τη σημαντική διαφοροποίηση της Πινδικής Μεσοζωικής ακολουθίας στην ανατολική Πελοπόννησο (Εικ. 15). Στην περιοχή αυτή οι σχηματισμοί του Τριαδικού απουσιάζουν ενώ ο σχηματισμός Ραδιολαριτών (Ιουρασικό) εμφανίζει πάχος λίγων μέτρων.

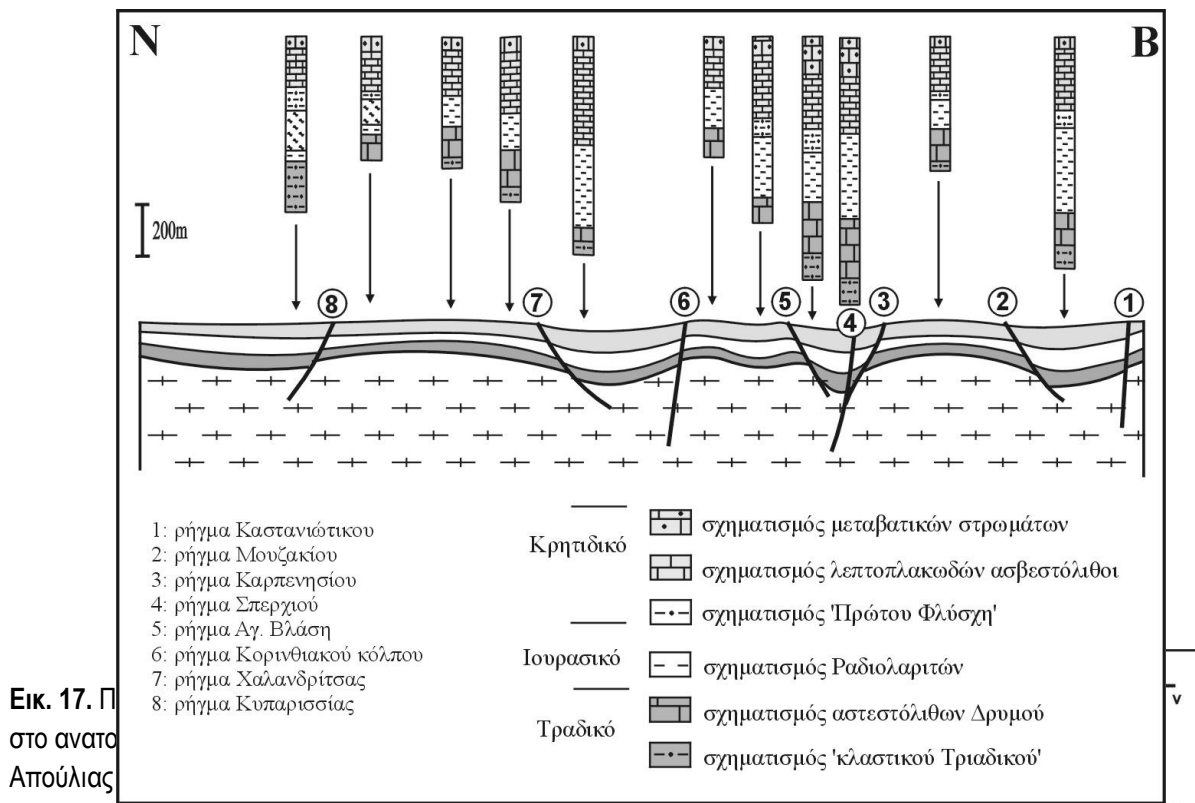
Στο δυτικό περιθώριο της λεκάνης η Μεσοζωική ακολουθία της Πίνδου εξελισσόταν προς την ανθρακική πλατφόρμα της Ζώνης Τρίπολης. Μεταβατικές σειρές όπως αυτές του



Εικ. 16. Στρωματογραφικές στήλες για τη σειρά του Κόζιακα και του Μέγδοβα

Μέγδοβα-Ταυρωπού και του Μαγκάσα που αναπτύχθηκαν στα όρια των λεκανών μαρτυρούν μία σταδιακή εξέλιξη από την μία ζώνη στην άλλη (Εικ. 16, και 17). Οι ενότητες αυτές έχουν τοπική εμφάνιση και σημασία και στρωματογραφικά παρουσιάζουν μεικτά χαρακτηριστικά προς τις δύο γειτονικές ζώνες. Η σειρά του Μέγδοβα-Ταυρωπού εμφανίζεται στην περιοχή Αγ. Βλασίου (Καρπενήσι) και δομείται από Τριαδικά σπλιτικά-βασαλτικά ηφαιστειακά πετρώματα, Άνω Τριαδικούς αμμωνιτοφόρους κονδυλώδεις ασβεστόλιθους, Ιουρασικούς νηριτικούς ασβεστόλιθους και Ηωκαινικές φλυσχοειδείς κλαστικές αποθέσεις που επικάθονται ασύμφωνα επί των Μεσοζωικών στρωμάτων. Το συνολικό πάχος της σειράς δεν ξεπερνά τα 150-200m. Η σειρά Μαγκάσα συναντάται στην Κρήτη, Κάρπαθο και Τήλο και συνίσταται από Τριαδικά κλαστικά πετρώματα, Ιουρασικούς παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους και Κρητιδικούς πελαγικούς ασβεστόλιθους.

Με εξαίρεση τις διαφοροποιήσεις της Πινδικής Μεσοζωικής ακολουθίας στα περιθώρια της λεκάνης που αναφέρθηκαν παραπάνω καθώς και αυτές στην ανατολική Πελοπόννησο, η διακύμανση στο πάχος της Μεσοζωικής ακολουθίας σε διεύθυνση Α-Δ (εγκάρσια στον άξονα της λεκάνης) είναι αμελητέα και δεν ξεπερνά τα 30-40m. Ως εκ τούτου φαίνεται ότι η μορφολογία του υποβάθρου της λεκάνης σε αυτή την διεύθυνση ήταν ήπια χωρίς ιδιαίτερες εξάρσεις ή ταπεινώσεις. Σε αντίθεση πρόσφατα στοιχεία δείχνουν ότι οι

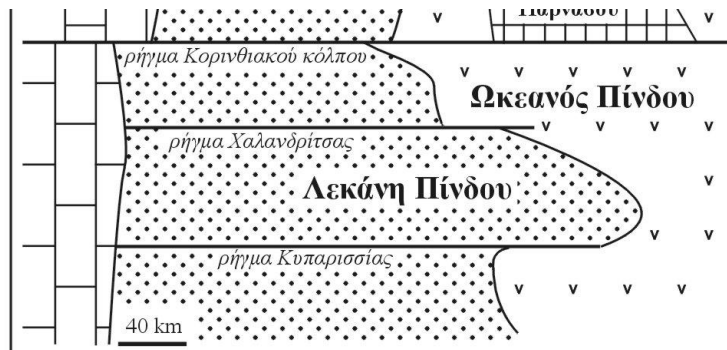


Εικ. 17. Π...  
στο ανατο...  
Απούλιας

όποιο  
ιζημά  
από ε

Εικ. 18. Τομή παράλληλα στον άξονα της ζώνης Πίνδου στην οποία φαίνονται οι γεωμετρία της λεκάνης ιζηματογένεσης καθώς και οι μεταβολές στα πάχη της Μεσοζωικής ακολουθίας.

Δ διαμόρφωσαν την γεωμετρία της

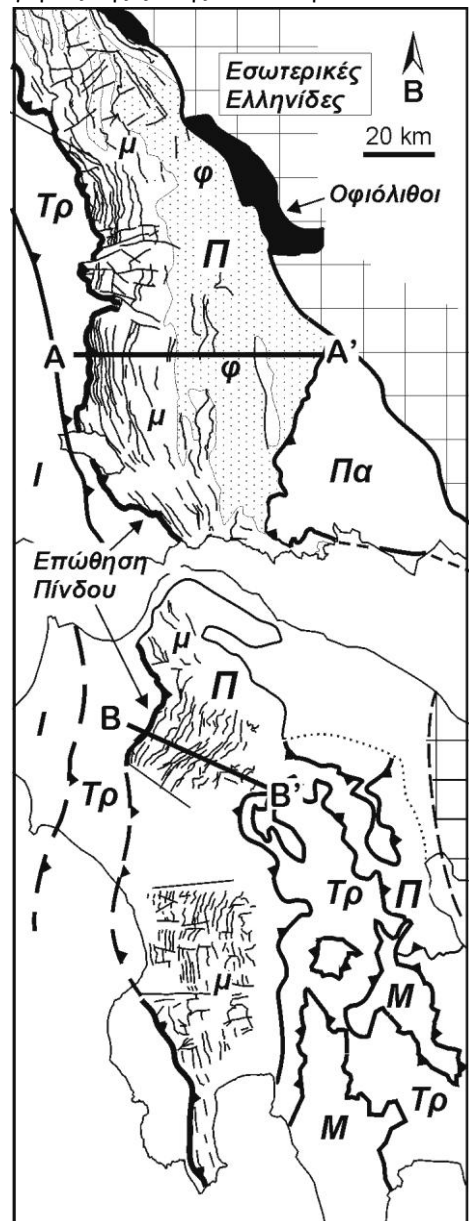


διακυμάνσεις στο πάχος της Μεσοζωικής ακολουθίας κατά μήκος της ζώνης (διεύθυνση περίπου Β-Ν) είναι σημαντικές (Εικ. 18). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το πάχος της Μεσοζωικής ακολουθίας στο Καρπενήσι είναι 1060m ενώ 10 km βορειότερα η ακολουθία παρουσιάζει σημαντική απολέπυνση φτάνοντας περίπου σε υποδιπλάσιο πάχος (515m). Παρόμοιας

κλίμακας μεταβολές στο πάχος έχουν εντοπιστεί καθ' όλο το μήκος της ζώνης τόσο στην ηπειρωτική Ελλάδα όσο και στην Πελοπόννησο (Εικ. 18). Η διακυμάνσεις αυτές στο πάχος της Μεσοζωικής ακολουθίας αντανακλούν μια σύνθετη μορφολογία του υποβάθρου της Πινδικής λεκάνης κατά μήκος της ζώνης που χαρακτηρίζονταν από αρκετές εξάρσεις και ταπεινώσεις. Οι εξάρσεις και οι αντίστοιχες ταπεινώσεις διαμορφώνονταν από μια ομάδα ρηγμάτων ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνσης. Τα ρήγματα αυτά ήταν συν-ιζηματογενή και λειτούργησαν καθ' όλη τη διάρκεια του Μεσοζωικού σαν ρήγματα μεταβίβασης (transfer faults) διαχωρίζοντας κατά μήκος του άξονα της λεκάνης περιοχές με διαφορετικό πλάτος (Εικ. 17). Σημαντικότερα από τα ρήγματα αυτά ήταν το ρήγμα το Σπερχειού και το ρήγμα του Κορινθιακού κόλπου (Εικ. 17). Πέραν από τις κατά τόπους μεταβολές στο πάχος τις ακολουθίας που οφείλονται στα ρήγματα μεταβίβασης, συνολικά το μέσο πάχος των Μεσοζωικών πετρωμάτων της ζώνης μειώνεται προς το νότο φτάνοντας από ένα μέσο πάχος 700-800m στη δυτική Ελλάδα σε λιγότερο από 200m στην περιοχή της Κρήτης.

## 9) Τεκτονική

Με την έναρξη των Αλπικών ορογενετικών κινήσεων στα περιθώρια της Απούλιας κατά το Άνω Ηώκαινο, η ακολουθία των πετρωμάτων της Ζώνης Πίνδου άρχισε να αποκολλάται από το υπόβαθρο της, να παραμορφώνεται έντονα και τελικά να επωθείται επί της δυτικότερα ευρισκόμενης Ζώνης Τρίπολης. Το αποτέλεσμα αυτών των κινήσεων ήταν ο σχηματισμός ενός τεκτονικού καλύμματος το οποίο αναφέρεται στην βιβλιογραφία ως **Κάλυμμα της Πίνδου** (Pindos nappe). Η προς δυσμάς κίνηση του καλύμματος, η οποία υπολογίζεται ότι ξεπερνά τα 80km, πραγματοποιήθηκε επάνω σε μία χαμηλής κλίσης επώθηση την **Επώθηση της Πίνδου** (Pindos Thrust). Η Επώθηση της Πίνδου εντοπίζεται στη βάση της στρωματογραφικής στήλης της ζώνης μέσα στον σχηματισμό του 'κλαστικού Τριαδικού' ο οποίος λόγω της πλαστικότητας του λειτουργεί ως μια επιφάνεια αποκόλλησης πάνω από την οποία γίνεται η κίνηση του καλύμματος.

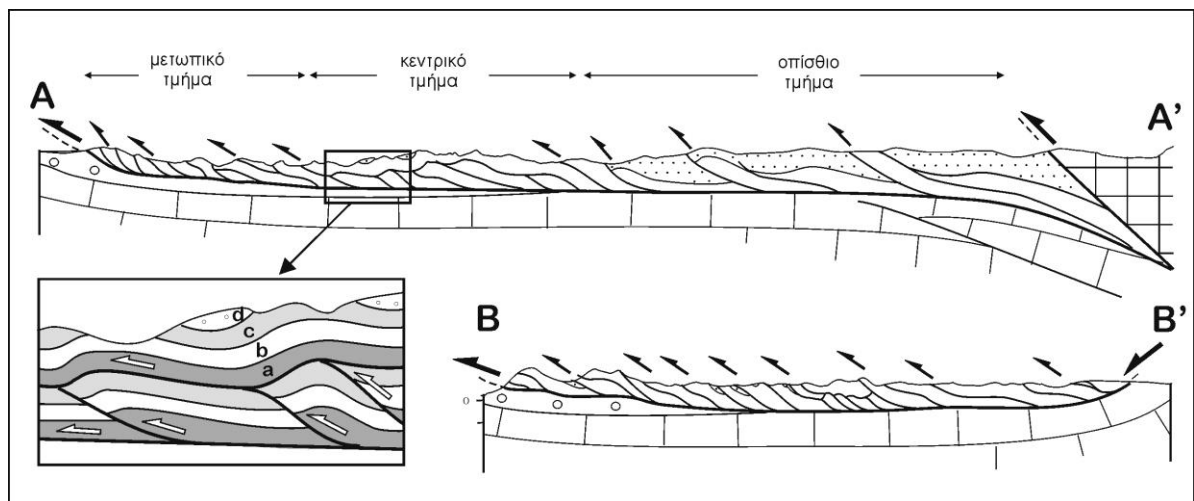


**Εικ. 19.** Τεκτονικός χάρτης των Εξωτερικών Ελληνίδων στην κεντρική Ελλάδα και Πελοπόννησο στον οποίο φαίνονται τα ίχνη των επωθήσεων και η κύρια Επώθηση της Πίνδου. Π: ζώνη Πίνδου, φ: πινδικός φλύσχος, μ: Μεσοζωικά πετρώματα της ζώνης Πίνδου, Τρ: ζώνη Τρίπολης, Ι: Ιόνια ζώνη, Πα:



Η εσωτερική παραμορφωτική δομή του Καλύμματος της Πίνδου χαρακτηρίζεται κυρίως από επωθήσεις με γενική φορά κίνησης προς τα δυτικά. Τα ίχνη των επωθήσεων στο γεωλογικό χάρτη αλλά και η κύρια Επώθηση της Πίνδου διατάσσονται κάθετα στην διεύθυνση κίνησης του καλύμματος και παρουσιάζουν διευθύνσεις που κυμαίνονται από ΒΒΔ-ΝΝΑ έως ΒΒΑ-ΝΝΑ. Κατά μήκος της ζώνης οι επωθήσεις διαγράφουν μια καμπύλη πορεία η οποία εμφανίζεται είτε κοίλη είτε κυρτή προς την προχώρα (προς τα δυτικά) του ορογενούς (Εικ. 19).

Σε γεωλογικές τομές εγκάρσιες στην ζώνη φαίνεται ότι οι επωθήσεις αυτές προκαλούν συνεχείς επαναλήψεις της ακολουθίας των Πινδικών πετρωμάτων δημιουργώντας μια χαρακτηριστική δομή επάλληλων τεκτονικών λεπίων. Όλες οι επωθήσεις προς το βάθος συνενώνονται με την Επώθηση της Πίνδου η οποία σύμφωνα με την σύγχρονη ορολογία λειτουργεί ως επώθηση πέλματος. Με βάση τις κατά πλάτος (σε διεύθυνση Α-Δ) διαφοροποιήσεις που παρουσιάζονται στην γεωμετρία των επωθήσεων, το Κάλυμμα της Πίνδου



**Εικ. 20.** Γεωλογικές τομές εγκάρσια στο Κάλυμμα της Πίνδου στη Στερεά Ελλάδα (AA') και Πελοπόννησο (BB'). Η θέση των τομών σημειώνεται στην εικόνα 7. Στο κάτω αριστερό μέρος της εικόνας φαίνονται με μεγαλύτερη λεπτομέρεια επάλληλα λοβοειδή ρηξιγενή τεμάχια τα οποία περιορίζονται μεταξύ δύο υπο-οριζόντιων επωθήσεων μία στην οροφή και μία στη βάση τους (Επώθηση της Πίνδου) σχηματίζοντας δομές διδύμου. Οι οριζόντες a, b, c & d αντιπροσωπεύουν σχηματισμούς του Τριαδικού, Ιουρασικού, έχει χωριστεί σε τρία επιμέρους τμήματα, ένα μετωπικό, ένα κεντρικό και ένα οπίσθιο. Το μετωπικό τμήμα παρουσιάζει την εντονότερη παραμόρφωση και χαρακτηρίζεται από ένα πυκνό σύστημα επάλληλων επωθήσεων και λεπίων. Σε κάποιες περιπτώσεις οι επωθήσεις επιδεικνύουν γεωμετρία ράμπας-επιπέδου. Συνέπεια αυτού είναι η δημιουργία μέγα-αντικλίνων και συγκλίνων στη οροφή των επωθήσεων καθώς οι στρωματογραφικοί σχηματισμοί μεταφέρονται πάνω από τα τμήματα με γεωμετρία ράμπας (Εικ. 20). Το κεντρικό τμήμα χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη δύο τεκτονικών ορόφων (Εικ. 20 δεξ λεπτομέρεια). Ο κάτω όροφος δομείται από επάλληλα λοβοειδή ρηξιγενή τεμάχια τα οποία περιορίζονται μεταξύ δύο υπο-οριζόντιων επωθήσεων μία στην οροφή και μία στη βάση τους (Επώθηση της Πίνδου) σχηματίζοντας δομές διδύμου. Ο ανώτερος τεκτονικός όροφος, στον οποίο γενικά απουσιάζουν η μεγάλης κλίμακας επωθήσεις, χαρακτηρίζεται από πτυχές που σχηματίστηκαν ως αποτέλεσμα της δημιουργίας των λοβοειδών τεμαχίων στον κατώτερο ορίζοντα. Στο οπίσθιο τμήμα οι επωθητικές επιφάνειες διατάσσονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ τους και έχουν γενικά

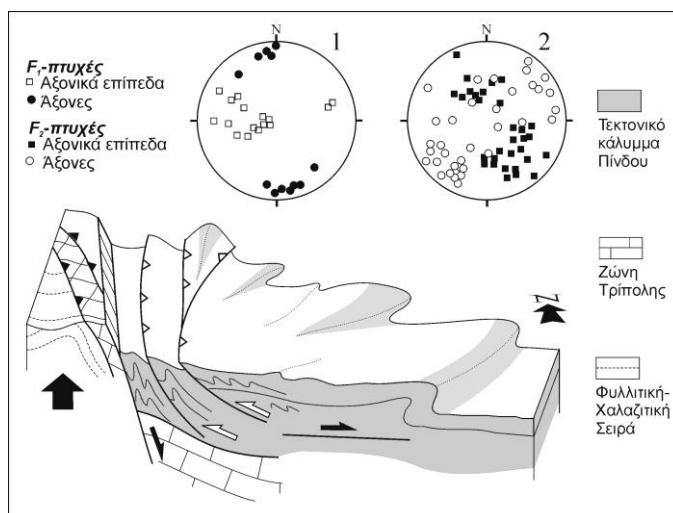


ηπιότερες κλίσεις συγκριτικά με τα μετωπικά τμήματα. Οι επωθήσεις του οπίσθιου τμήματος παίζουν σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση του χώρου απόθεσης της συνορογενετικής

ακολουθίας του Πινδικού Φλύσχη. Στην κεντρική Ελλάδα ο Πινδικός Φλύσχος αποτίθεται σε μεγάλο πάχος συρόμενες λεκάνες (riggy back basins) που σχηματίζονται στην οροφή των επωθήσεων του οπίσθιου τμήματος. Αντίθετα, στη δυτική Πελοπόννησο οι πολύ ήπιες κλίσεις των επωθήσεων στο οπίσθιο τμήμα, που οφείλονται στην ανύψωση των τεκτονικών παραθύρων, δεν βοηθούν στη διαμόρφωση μεγάλων λεκανών. Πρόσφατες τεκτονικές αναλύσεις που οδήγησαν στο "ξεδίπλωμα" του καλύμματος επί γεωλογικών τομών έδειξαν ότι το ποσό συστολής που απαιτήθηκε για τον σχηματισμό του καλύμματος είναι της τάξεως του 65-80%. Οι συνηθέστερες μεσοσκοπικές δομές που παρατηρούνται σε όλη την έκταση του καλύμματος είναι οι πτυχές. Οι άξονες αυτών διατάσσονται κατά κανόνα παράλληλα προς τις διευθύνσεις των μεγάλων επωθήσεων και πτυχών και κυμαίνονται από BBA-NNΔ έως BBA-NNA (Εικ. 19). Γενικά οι πτυχές είναι όρθιες έως μέτρια κεκλιμένες και έχουν καμπυλόσχημες ή οξύληκτες αρθρώσεις. Η γεωμετρία των πτυχών διαφοροποιείται τοπικά στις παρυφές των τεκτονικών παραθύρων της Πελοποννήσου. Στις θέσεις αυτές οι πτυχές είναι ανακεκλιμένες με αποτέλεσμα τα αζονικά επίπεδα αυτών να κλίνουν είτε ήπια προς την προχώρα είτε ήπια προς την οπισθοχώρα (Εικ. 20). Αρκετές από τις ανακεκλιμένες πτυχές συνδέονται γενετικά με ληστρικά κανονικά ρήγματα υποδηλώνοντας βαρυτικές ολισθήσεις. Γενικά η πυκνότητα εμφάνισης των πτυχών στις μεσοσκοπικές τομές δεν είναι σταθερή. Αυτές αναπτύσσονται κυρίως στους πυρήνες των μέγα-αντικλίνων και συγκλίνων σαν δεύτερης και τρίτης τάξης δομές (για την ταξινόμηση των δομών σε πρώτη, δεύτερης κλπ τάξης δεξ Τεκτονική Γεωλογία, Κουκουβέλας 1998). Σημαντικό ρόλο επίσης παίζει η πλαστικότητα και το πάχος των στρωμάτων. Έτσι την εντονότερη πτύχωση εμφανίζουν συνήθως τα στρώματα των ραδιολαριτών και πηλιτών του Ιουρασικού που λειτουργούν ως ένας ιδιαίτερα πλαστικός ορίζοντας, γεγονός που σχετίζεται πολλές φορές με δυσαρμονική τεκτονική ή αποκολλήσεις. Η ασυμμετρία των πτυχών στην πλειονότητα των περιπτώσεων δείχνει κίνηση προς τα δυτικά όμοια με αυτή των μεγασκοπικών τεκτονικών δομών. Μεσοσκοπικής κλίμακας ρήγματα που συνδέονται με την προοδευτική παραμόρφωση του καλύμματος είναι λιγότερο συχνά και εμφανίζονται συνήθως ως: (α) επωθήσεις παράλληλες ή σχεδόν παράλληλες προς την στρώση, (β) συζυγείς ρηξιγενείς επιφάνειες ανάστροφου χαρακτήρα και (γ) ως χαμηλής κλίσεως ρηξιγενείς επιφάνειες. Η πρώτη ομάδα δομών παρατηρείται σε στρώματα που κλίνουν περισσότερο των 15° έως 20° και συνοδεύονται από μικρές δομές διδύμων των οποίων οι επωθητικές επιφάνειες πέλματος και οροφής διατάσσονται παράλληλα στην στρώση. Οι συζυγείς ρηξιγενείς επιφάνειες αναπτύσσονται σε περιπτώσεις όπου τα στρώματα έχουν μεγάλες κλίσεις (>50°) και τροποποιούν συνήθως το σχήμα κλειστών και όρθιων πτυχών (Εικ. 20). Τα ρήγματα αυτά έχουν μέτριες έως έντονες κλίσεις και διευθύνσεις παράλληλες ή σε μικρή γωνία προς την διεύθυνση των μεγαδομών. Τα χαμηλής κλίσεως ρήγματα παρατηρούνται σε θέσεις όπου τα στρώματα εμφανίζονται με αρκετά

μεγάλες κλίσεις ( $>60^\circ$ ). Στις περισσότερες περιπτώσεις οι επιφάνειες αυτές τέμνουν τα κοντά σκέλη αντεστραμμένων πτυχών.

Από τα παραπάνω είναι σαφές ότι στη μεγαλύτερη έκταση του το Κάλυμμα της Πίνδου χαρακτηρίζεται από ασύμμετρες μεγα- και μεσοσκοπικές τεκτονικές δομές που επιδεικνύουν κίνηση προς τα δυτικά. Ωστόσο, πρόσφατες εργασίες έδειξαν ότι σε ορισμένες περιοχές παρατηρούνται διαφοροποιήσεις από την γενική φορά κίνησης του καλύμματος. Οι περιοχές αυτές εντοπίζονται κυρίως στα ανατολικότερα τμήματα του καλύμματος. Ενδεικτική είναι η περιοχή της ανατολικής Πελοποννήσου όπου έχουν περιγραφεί έντονα ασύμμετρες μεγα- και μεσοσκοπικές πτυχές που επιδεικνύουν κίνηση κυρίως προς τα ανατολικά (Εικ. 20).



**Εικ. 20.** Στερεοδιάγραμμα και δίκτυα πτυχών στα οποία δίνεται η γεωμετρία των πτυχών στο Κάλυμμα της Πίνδου στο ανατολικό περιθώριο των τεκτονικών παραθύρων της Πελοποννήσου

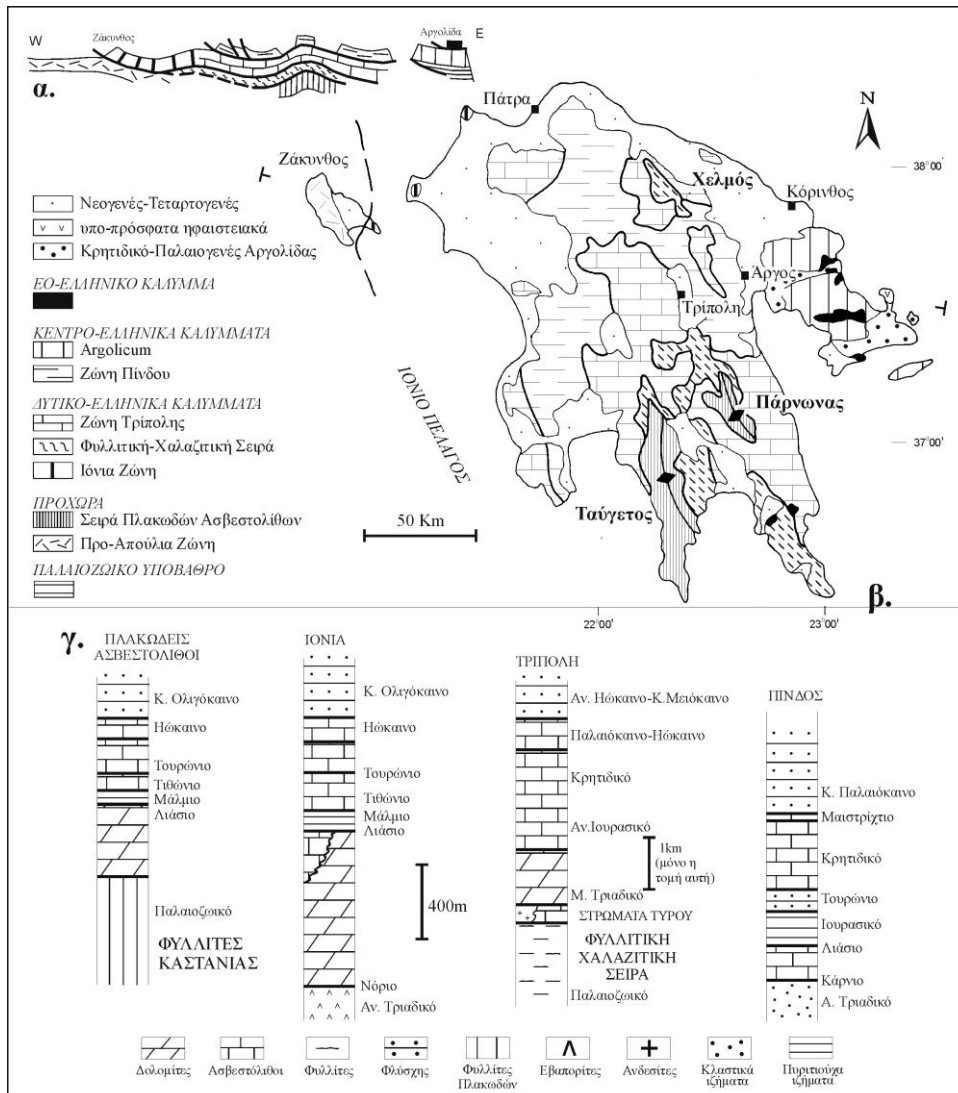


Εικ. 21. Κατακεκλιμένη πτυχή στους ασβεστόλιθους της ζώνης Πίνδου στην περιοχή του Άργους.

*Οι πτυχές αυτές αναπτύσσονται στα τελικά στάδια παραμόρφωσης του καλύμματος και υπερτίθενται σε προυπάρχουσες τεκτονικές δομές που υποστηρίζουν κίνηση προς τα δυτικά. Αντίστοιχες τεκτονικές κινήσεις αλλά σε μικρότερη κλίμακα παρατηρούνται στην οροσειρά του Κόζιακα. Στην περιοχή αυτή επωθήσεις που κλίνουν προς τα δυτικά φέρνουν την Μεσοζωική σειρά του Κόζιακα επάνω στο οφειολιθικό σύμπλεγμα που εντοπίζεται στη ραφή των Εξωτερικών με τις Εσωτερικές Ελληνίδες.*

## **Πλακώδεις ασβεστόλιθοι- Φυλλιτική Σειρά**

Από τις σημαντικότερες δομές για την κατανόηση της δομής της Πελοποννήσου είναι τα τεκτονικά παράθυρα του Ταύγετου, του Πάρωνα και του Χελμού (Εικ. 22). Σ' αυτές διακρίνονται, από τα βαθύτερα δομικά επίπεδα των Εξωτερικών Ελληνίδων που περιλαμβάνουν τις ακόλουθες τεκτονοστρωματογραφικές ενότητες: Σειρά των Πλακωδών Ασβεστολίθων, Φυλλιτική-Χαλαζιτική Σειρά. Αυτές συνίστανται από μεταμορφωμένα πετρώματα. Το παράθυρο του Χελμού, το οποίο αποτελεί μια επιμήκη δομή ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης με πλάτος περίπου 15 km και μήκος 60km. Στο βορειότερο και νοτιότερο τμήμα του τεκτονικού παραθύρου, κοντά στις περιοχές του Φενεού και Άργους αντίστοιχα, εμφανίζονται στον πυρήνα της δομής τα πετρώματα της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής Σειράς.



**Εικόνα 22.** (α) Σχηματική γεωλογική τομή στην οποία δίνεται η διάβρωση των κυρίων τεκτονοστρωματογραφικών ενότητων της Πελοποννήσου (από Jacobsshagen et al. 1978b). (β) Απλοποιημένος τεκτονικός-γεωλογικός χάρτης της Πελοποννήσου. (γ) Λιθοστρωματογραφικές τομές για τις ενότητες των Πλακοδίων Ασβεστολιθίων, της Ιονίας Ζώνης, Ζώνης Τρίπολης και Ζώνης Πίνδου. (Σχίμα από Doutsos et al. 2000).

## 10) Το φράγμα του Πηνειού στο Νομό Ηλείας

### Το φράγμα του Πηνειού στο Νομό Ηλείας

Περί το 1950 συστήθηκε στην πόλη της Αμαλιάδας ένας σύλλογος με την επωνυμία "Φράγμα του Πηνειού Ποταμού Ηλείας" με επικεφαλή τον Χαράλαμπο Μπιμπίκο. Η διοίκηση του συλλόγου κατανόησε το πρόβλημα της άρδευσης του Ηλειακού κάμπου και επινόησε την κατασκευή ενός φράγματος στον ποταμό Πηνειό, όπου μετά από

[Πληκτρολογήστε κείμενο]

διάφορες συσκέψεις κινήθηκε δυναμικά στην περιφέρεια για να προκαλέσει το ενδιαφέρον της πολιτείας. Παρά τη δυσπιστία του κόσμου, ο σύλλογος κατάφερε να ενισχυθεί από πενταμελείς επιτροπές από κάθε κοινότητα και εννεαμελείς από τις πόλεις Αμαλιάδα, Γαστούνη, Ανδραβίδα, Λεχαινά και Βαρθολομιό. Ένας επαρχιακός σύλλογος βέβαια δεν ήταν δυνατόν να αναλάβει ένα τεράστιο έργο της δημιουργίας λίμνης μέσα σε φράγμα σε ορισμένη θέση του κάμπου και να χρηματοδοτήσει την εκτέλεσή του, οπότε και κατεύθυνε τις ενέργειές του προς την Κυβέρνηση.

Η προμελέτη του έργου αναλήφθηκε και πραγματοποιήθηκε από την Αμερικανική Τεχνική Εταιρεία Krappen Tippet Abbet το έτος 1952. Σ' αυτή στηρίχθηκαν οι οριστικές μελέτες της Κοινοπραξίας τεσσάρων Εταιρειών:

1. WESTERN CONSTRUCTIVE CORPORATION.
2. Ε.Δ.Ο.Κ. Α.Ε. - Ε.Τ.Ε.Ρ. Α.Ε.
3. ΔΟΜΙΚΗ Α.Ε.
4. ΟΔΩΝ ΚΑΙ ΟΔΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ Α.Ε.

Η εδαφοτεχνική έρευνα που πραγματοποιήθηκε προσδιόρισε την θέση έδρασης του φράγματος και των χώρων από τους οποίους θα γινόταν η λήψη δανείων για την κατασκευή του, ενώ από την εδαφολογική έρευνα του ταμιευτήρα διαπιστώθηκε το αδιαπέρατο του πυθμένα (μάργα). Τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από τις εδαφοτεχνικές έρευνες χρησιμοποίησε ο Γερμανός καθηγητής Breth, ο οποίος εκπόνησε την κατασκευαστική μελέτη του φράγματος. Τις υδραυλικές μελέτες η κοινοπραξία ανέθεσε στον Καθηγητή Press του Βερολίνου. Εν συνεχεία, η Ελληνική κυβέρνηση μετά από διεθνή διαγωνισμό επέλεξε το 1962 ως τεχνικό σύμβουλο του Υπουργείου Δημοσίων Έργων τον ελβετικό οίκο Electro Watt για τον έλεγχο του συνόλου των μελετών του φράγματος

[Πληκτρολογήστε κείμενο]

και την επίβλεψη της εκτελέσεως του έργου. Η πραγματική έναρξη των εργασιών άρχισε το θέρος του 1962 και περατώθηκαν το 1968.

Πρόκειται για ετερογενές χωμάτινο φράγμα ύψους 50 m και μήκους 2175 m ενώ η λίμνη κατάκλυσης καλύπτει έκταση περί τα 19,87 km<sup>2</sup>. Ο αδιαπέρατος πυρήνας του καθώς και ο οριζόντιος τάπητας αποτελούνται εξ' ολοκλήρου από αργιλικά υλικά, ενώ είναι επενδυμένα από φίλτρο. Το κύριο σώμα του φράγματος είναι κατασκευασμένο από αμμοχάλικο.

Από το κέντρο του αργιλικού πυρήνα απέχει 74,40 m το διάφραγμα, κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα, πάχους 60 cm και βάθους κυμαινόμενο από 10 έως 20 m, αναλόγως του βάθους του υπόγειου αδιαπέρατου στρώματος της μάργας. Στη βάση του φράγματος έχουν γίνει και στεγανοποιητικές ενέσεις, όπως και στα αντερίσματα.

Για την προστασία του κατάντη πρανούς του φράγματος τοποθετήθηκαν φυτικές γαίες πάχους 50 cm και έγινε σπορά με ιταλικό τριφύλλι, ενώ η επένδυση ανάντη του θυροφράγματος και της κατάντη λεκάνης ηρεμίας του εκχειλιστή πλημμυρών με λιθορριπή και κυβόλιθους από σκυρόδεμα.

Το τελικό υψόμετρο της στέψης του φράγματος είναι τα 101 m, η οποία διαμορφώθηκε με ελαφρά κλίση προς τα ανάντη με σκοπό την απομάκρυνση των όμβριων υδάτων προς αποφυγή διαβρώσεων του κατάντη πρανούς του φράγματος. Η τυπική διατομή του φράγματος όπως τελικώς εγκρίθηκε αλλά και η αρχική διατομή όπως σχεδιάστηκε από τον οίκο Electro Watt.

Ο ταμιευτήρας συγκεντρώνει τα επιφανειακά νερά μιας λεκάνης απορροής 673,41 km<sup>2</sup> και ο σχεδιασμός και η κατασκευή του έγινε για την αποθήκευση ετησίως περίπου 415 \*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> ύδατος. Η απολήψιμη ποσότητα ανέρχεται σε 240 - 250 εκατ. m<sup>3</sup>/έτος (65%). Ο όγκος αυτός είναι ο προσδοκώμενος όγκος απορροής με βάση το μέσο ετήσιο ύψος βροχής με συντελεστή απορροής 0.26.

Το ανώτερο ύψος νερού της στάθμης της λίμνης του ταμιευτήρα είναι +93 m πάνω από το οποίο αρχίζει και η υπερχείλιση του φράγματος. Το κατώτερο ύψος της στάθμης του ταμιευτήρα είναι +65 m. Η στέψη του αγωγού υδροληψίας βρίσκεται στα +61 m ενώ το κατώφλι του στα +58 m.



[Πληκτρολογήστε κείμενο]

Η ανώτατη στάθμη (+93 m) αντιστοιχεί σε συνολική χωρητικότητα ταμιευτήρα  $415 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  και σε ωφέλιμη χωρητικότητα  $365 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

Η κατώτατη στάθμη (+65 m) αντιστοιχεί σε συνολική χωρητικότητα ταμιευτήρα  $50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  και σε μηδενική ωφέλιμη χωρητικότητα διότι με στάθμη της λίμνης του ταμιευτήρα στα +65 m δεν είναι εφικτή η απόληψη νερού δεδομένου ότι ο σχεδιασμός του έργου προβλέπει σε κάθε περίπτωση να παραμένει η χωρητικότητα των  $50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  για την διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας του υδάτινου όγκου του.

Το νερό χρησιμοποιείται για την άρδευση των πεδινών εκτάσεων κατά μήκος του άξονα Λάππα - Αμαλιάδας - Καρδαμά για την περίοδο Απριλίου - Οκτωβρίου. Το μεγαλύτερο μέρος των στρεμμάτων καλύπτεται από κλειστά δίκτυα υπό πίεση και το υπόλοιπο από δίκτυα ανοιχτών διωρύγων με καναλέτα. Από το Φράγμα τροφοδοτούνται οι 2 Κύριες Διώρυγες:

- Η Νότια Κύρια Διώρυγα με μια 24ωρη παροχή  $10.000 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Από τη Νότια Διώρυγα αρδεύονται 135.000 – 140.000 στρ. Έχει μήκος 12 km.
- Η Βόρεια Κύρια Διώρυγα με μια 24ωρη παροχή  $19-20.00 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Από τη Βόρεια Διώρυγα προβλέπεται η άρδευση 270.000 στρ. Σήμερα, έχει κατασκευαστεί σε συνολικό μήκος 33 km, δηλαδή κατά το μεγαλύτερο τμήμα της. Συγκεκριμένα έχει κατασκευαστεί μέχρι τον ποταμό Λαρισσό συμπεριλαμβανομένου και του σίφωνα διέλευσης της.

Για τον ταμιευτήρα, υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία εισροών – εκροών που προέρχονται από την Δ/νση Εγγείων Βελτιώσεων της Ν.Α. Ηλείας. Τα στοιχεία αυτά αφορούν μηνιαίες μετρήσεις του ύψους της στάθμης της λίμνης του ταμιευτήρα για τα υδρολογικά έτη 1985-86 έως 2004-05, των εισροών του, της συνολικής και της ωφέλιμης χωρητικότητας του. Οι μηνιαίες μετρήσεις αφορούν τόσο την περίοδο αποθήκευσης του νερού στον ταμιευτήρα, από τον Οκτώβριο έως τον Μάρτιο κάθε έτους όσο και την αρδευτική περίοδο από τον Απρίλιο έως τον Σεπτέμβριο.

Η τεχνητή λίμνη του φράγματος του Πηνειού, η οποία είναι ένα από τα πιο σημαντικά εγγειοβελτιωτικά έργα της περιοχής, έχει καταγραφεί ως **υγρότοπος** με κωδικό **GR233242000**. Αποτελεί έναν τεχνητό υγρότοπο με ιδιαίτερη οικολογική και αισθητική αξία, ιδιαίτερα κατά την περίοδο

της μετανάστευσης της ορνιθοπανίδας. Σήμερα, το φράγμα χρήζει ιδιαίτερης προσοχής καθώς απαιτούνται μια σειρά εργασιών προκειμένου να παραταθεί η ωφέλιμη διάρκεια ζωής του. Αξίζει να σημειωθεί ότι παραμένει ασυντήρητο επί 45 χρόνια και λειτουργεί χωρίς τη στοιχειώδη συντήρηση με σοβαρές βλάβες. Μετά από ελέγχους των αρμοδίων διαπιστώθηκε ότι:

- τα υδραυλικά συστήματα της πόρτας υπερχειλιστή δεν λειτουργούν τουλάχιστον εδώ και 15 χρόνια
- δεν λειτουργεί η μια από τις δύο βαλβίδες διαφυγής του νερού (για να εκτονωθεί η πίεση του νερού ανοίγει μόνο η μία βαλβίδα, η οποία στέλνει έως 30 κυβικά νερού το δευτερόλεπτο στις διώρυγες).

Οι παράγοντες που έπαιξαν καταλυτικό ρόλο στη μείωση της στάθμης του νερού, συνοψίζονται στα εξής:

- Κάθε χρόνο έχουμε λιγότερες βροχοπτώσεις-χιονοπτώσεις και τα αποθέματα εξαντλούνται πολύ γρήγορα. Το 2007 το φράγμα είχε  $240 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  ωφέλιμο νερό και το 2008 μόλις  $175 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Διαφορά δηλαδή  $65 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .
- Το αρδευτικό δίκτυο είναι πεπαλαιωμένο και οι απώλειες του νερού είναι τεράστιες. Μεγάλες ποσότητες καταλήγουν στη θάλασσα.
- Η μη συμμόρφωση των αγροτών που είναι οι κύριοι χρήστες των υδάτινων πόρων στις οδηγίες για σωστή διαχείριση του νερού και εξοικονόμηση. Παρόλο που τους είχαν γίνει συστάσεις εγκαίρως να αποφύγουν την εγκατάσταση υδροβόρων καλλιεργειών, όπως το καλαμπόκι, δυστυχώς συνέβη το αντίθετο.
- Η άνοδος της θερμοκρασίας και το φαινόμενο του θερμοκηπίου οδηγούν σε κλιματικές μεταβολές και λειψυδρία.

Το 2010, παρουσιάστηκαν πλημμυρικά φαινόμενα να πλήττουν τις παραποτάμιες περιοχές κατάντη του φράγματος, γεγονός που εμφάνισε για άλλη μία φορά τα σοβαρά προβλήματα του ίδιου του φράγματος. Ο χειμώνας του 2010 υπήρξε έντονα βροχερός με ακραία, πολλές φορές, καιρικά φαινόμενα, που είχαν σαν αποτέλεσμα, εκτός των άλλων, να εισρεύσουν πολύ μεγάλες ποσότητες νερού στην τεχνητή λίμνη του Πηνειού, να υπερπληρωθεί και να υπερχειλίσει. Έτσι, προκειμένου να

αποφορτισθεί το φράγμα από τις ασκούμενες υψηλές υδροστατικές πιέσεις, ανοίχθηκε η θυρίδα στην προσαγωγό διώρυγα, παροχετεύοντας μέσω του υπερχειλιστή της στην παλαιά κοίτη του Πηνειού ποταμού 25-27 m<sup>3</sup>/min, όταν η στάθμη του νερού στην τεχνητή λίμνη έφτασε τα 92m και με δεδομένο ότι ο υπερχειλιστής της λειτουργεί στα 93m περίπου στάθμης νερού.

Δυστυχώς όμως οι εισροές νερού στη λίμνη από τις συνεχιζόμενες βροχοπτώσεις και το λιώσιμο του χιονιού στα γύρο βουνά, συνεχίστηκαν με αμείωτη ένταση με αποτέλεσμα να εκρέει νερό συνολικά πολύ περισσότερο των 30 m<sup>3</sup>/min από τους υπερχειλιστές τόσο της λίμνης όσο και της προσαγωγού διώρυγας που μέσω του Πηνειού ποταμού απάγεται στη θάλασσα πλησίον της πόλης του Βαρθολομιού. Αυτό σημαίνει ότι οι ποσότητες νερού που βρίσκονται μέσα στο φράγμα έχουν ξεπεράσει τα 390\*106 m<sup>3</sup>. Όμως η παλαιά κοίτη του Πηνειού με την σημερινή οριοθέτηση και διευθέτηση της ξεπέρασε την αντοχή της σε απαγόμενο φορτίο με αποτέλεσμα να υπάρξουν οι πρώτες πλημμύρες σε καλλιεργήσιμες και καλλιεργημένες εκτάσεις. Τα προβλήματα στη λειτουργία του φράγματος συνοψίζονται στα εξής:

- στην πλημμυρή συντήρηση και παρακολούθησή του
- στη βλάβη λειτουργίας του υπερχειλιστή, των οργάνων του πύργου ελέγχου και της θυρίδας εισαγωγής νερού στην υδροληψία.

Στο όριο της υπερχείλισης βρισκόταν για άλλη μια φορά τον Απρίλιο του 2011 το φράγμα του Πηνειού με το νερό να τρέχει από τα τοιχώματα του υπερχειλιστή, εξαιτίας της μεγάλης ποσότητας νερού που είχε συγκεντρωθεί εντός του φράγματος με τη στάθμη να βρίσκεται στα 93 m.

Η επέκταση της Βόρειας Κεντρικής Διώρυγας του φράγματος Πηνειού στη δυτική Αχαΐα, «σκοντάφτει» καθώς το κύριο πρόβλημα που αντιμετωπίζει η περιβαλλοντική αδειοδότηση του έργου είναι η ανεπάρκεια των εισροών του ταμιευτήρα Πηνειού για την κάλυψη των ήδη αρδευόμενων από αυτόν εκτάσεων.

Τον Φεβρουάριο του 2012, εξαιτίας των ακραίων καιρικών φαινομένων των τελευταίων ημερών υπήρξε ανύψωση της στάθμης του ταμιευτήρα της τεχνητής λίμνης του φράγματος Πηνειού.

Ένα βήμα προς την βελτίωση της κατάστασης που επικρατεί μέχρι σήμερα, έχει γίνει με την εκπόνηση ειδικής περιβαλλοντικής μελέτης με στόχο την αξιοποίηση των αναπτυξιακών δυνατοτήτων της περιοχής που περιβάλλει τη λίμνη του φράγματος Πηνειού. Οι δράσεις που προτείνεται να αναπτυχθούν είναι η δημιουργία τουριστικών καταλυμάτων και λοιπών χώρων αναψυχής, η δημιουργία εγκαταστάσεων ναυταθλητισμού που θα επιτρέπουν την άθληση και διαμονή ενός αριθμού αθλητών με τον ανάλογο εξοπλισμό τους και την ενίσχυση της χλωρίδας (δενδροφύτευση) και της πανίδας (εμπλουτισμό της περιοχής με είδη πτηνών, απαγόρευση κυνηγίου κλπ), του βιοτόπου της περιοχής.

Παράλληλα έχουν γίνει μετρήσεις παραμέτρων του νερού της λίμνης. Μετά από σειρά δειγματοληψιών η ποιότητα του νερού της λίμνης κρίθηκε ως εξαιρετικά καλή, δεδομένου ότι οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων είναι σε πολλές περιπτώσεις καλύτερες και από τις αποδεκτές για το πόσιμο νερό. Τα παραπάνω συνηγορούν στην αξιοποίηση της λίμνης ως δεξαμενής για την ύδρευση των κατοίκων του Δήμου Αμαλιάδας μετά την κατασκευή κατάλληλου διωλιστηρίου.

Η τελευταία ενέργεια πραγματοποιήθηκε την Άνοιξη του 2013, που αποσκοπούσε στην αποκατάσταση της λειτουργίας του ή/και του εξοπλισμού του φράγματος και στον εντοπισμό των αιτιών δυσλειτουργίας του. Για τον σκοπό αυτό με τον έλεγχο που πραγματοποίησε ομάδα δυτών, διαπιστώθηκαν οι βλάβες στις εγκαταστάσεις που απαιτούν παρεμβάσεις συντήρησης και εκσυγχρονισμού του θυροφράγματος, των υδραυλικών και ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, των οργάνων ελέγχου και λειτουργίας.

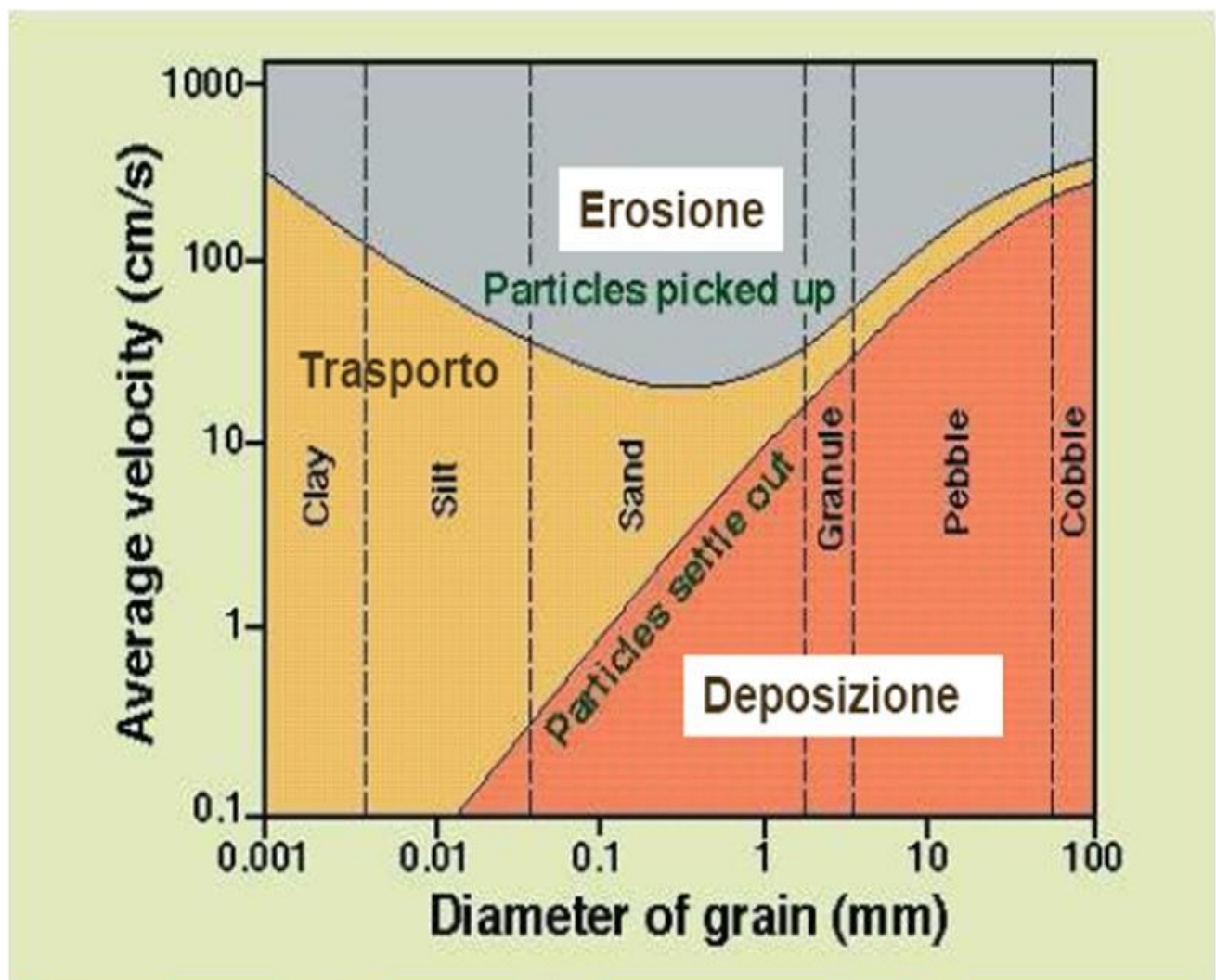
## 11) Καμπύλη Hjulstrom

Το 1935 ο Σουηδός γεωμορφολόγος Filip Hjulstrom παρουσίασε μια εμπειρική καμπύλη για τον καθορισμό των ταχυτήτων ροής που απαιτείται ώστε κόκκοι διαφορετικών μεγεθών να κινηθούν σε μια κοίτη ποταμού. Παρουσιάζοντας αυτή την καμπύλη σε συνδυασμό με καμπύλες ταχυτήτων καθίζησης ή απόθεσης, οι παράγοντες που απαιτούνται για μεταφορά, έλξη και απόθεση ιζημάτων μπορούν να καθοριστούν. Το όριο της ταχύτητας ροής είναι σ'ένα ελάχιστο για καλά διαβαθμισμένα σωματίδια άμμου της τάξης 0,2-0,5 mm και υψηλότερες ταχύτητες χρειάζονται για να παρασύρουν τόσο λεπτότερα όσο και χονδρότερα ιζήματα. Τα λεπτότερα ιζήματα περιλαμβάνουν συνεκτική ιλύς και άργιλο τα οποία παρασύρονται αλλά η λειτουργία τους αυτή αναστέλλεται από την συσσωμάτωση σωματιδίων και με βύθιση στην στρωτή υποστοιβάδα. Χονδρότερα ιζήματα (χαλίκι, βότσαλα και κροκάλες) απαιτούν μεγαλύτερο όριο ταχυτήτων επειδή απλά είναι βαρύτερα. Ωστόσο δεν υπάρχει μοναδική μέση ταχύτητα στην οποία κόκκοι δεδομένου μεγέθους αρχικά κινούνται, επειδή η ταχύτητα της κοίτης είναι πιο κρίσιμο κριτήριο για την παράσυρση από το κινούμενο νερό. Για ένα συγκεκριμένο όριο ταχύτητας της κοίτης η μέση ταχύτητα είναι μεγαλύτερη σε βαθύτερα νερά. Επίσης, η κατανομή μεγέθους των σωματιδίων επηρεάζει το όριο ταχύτητας, καθώς χονδρότεροι κόκκοι σ'ένα κακώς διαβαθμισμένο ίζημα μπορούν να καλύπτουν λεπτότερα ιζήματα και να τα αποτρέπουν να παρασυρθούν. Ένα παρόμοιο σχήμα καμπύλης ορίζει το όριο υγρού στον αέρα (Bagnold 1941), αλλά οι διαφορετικές πυκνότητες υγρών οδηγούν σε διαφορετικές ταχύτητες παράσυρσης στα δύο μέσα.

Αναφορά : Bagnold, R.A. 1941 : The physics of blown sand and desert dunes, London : Chapman & Hall.

Hjulstrom, F. 1935 Studies of the morphological activities of rivers as illustrated by the river Fyris. Bulletin of the Geological Institute, University of Uppsala 25, pp. 221-527.

### Διάγραμμα του Hjulstrom



## 12. Συμπεράσματα

Θα πρέπει να τονιστεί, ότι η μέση ετήσια εδαφική απώλεια τα τελευταία 6 χρόνια αναμένεται αυξημένη, λόγω της καταστροφικής πυρκαγιάς το καλοκαίρι του 2007 που έπληξε μεγάλο μέρος της περιοχής μελέτης, μειώνοντας την φυτοκάλυψη της, η οποία λειτουργεί ανασταλτικά στην εδαφική διάβρωση, και συμβάλλοντας στην αποδόμηση των εδαφικών συσσωματωμάτων με την αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους. Έτσι, ο συντελεστής πρακτικών διαχείρισης και κάλυψης γης θα είναι μειωμένος στις πυρόπληκτες περιοχές, ενώ αναμένεται αύξηση του συντελεστή διαβρωσιμότητας του εδάφους. Λόγω έλλειψης δεδομένων για τις χρήσεις γης μετά το 2007, δεν μπορέσαμε να εκτιμήσουμε τις καινούριες τιμές του παράγοντα ο συντελεστής πρακτικών διαχείρισης και κάλυψης γης, άρα και την λογικά αυξημένη μέση ετήσια εδαφική απώλεια για τα χρόνια αυτά.

Όσον αφορά για την συγκεκριμένη λεκάνη απορροής το ποσοστό των παραγόμενων φερτών υλών είναι αυτό που τελικά μεταφέρεται και αποτίθεται κάθε χρόνο στον ταμιευτήρα του φράγματος, τα οποία ανέρχονται σε δεκάδες τόνους.

Εφόσον οι εργασίες κατασκευής του φράγματος περατώθηκαν το 1968 και υποθέτοντας ότι η λειτουργία του άρχισε την ίδια χρονιά, η μέχρι σήμερα ζωή του φράγματος ανέρχεται στα 45 έτη. Επομένως, αναμένεται τα φερτά υλικά που έχουν συσσωρευτεί και αποτεθεί στον ταμιευτήρα να είναι της τάξης εκατοντάδων τόνων.



Δυστυχώς, με τα μέχρι σήμερα υπάρχοντα δεδομένα δεν μπορεί να υπολογιστεί η απώλεια της αποθηκευτικής ικανότητας του φράγματος καθώς δεν είναι γνωστή η κατανομή των υπολογισθέντων φερτών υλικών της ανάντη λεκάνης. Για τον σκοπό αυτό, πρέπει να γίνει βυθομέτρηση της λίμνης κατάκλισης, ώστε να αποτυπωθεί η διαμόρφωση του πυθμένα της και επομένως η χωρητικότητά της, προκειμένου να υπολογιστεί ο χρόνος ζωής του φράγματος.

Η περαιτέρω διερεύνηση του θέματος κρίνεται απαραίτητη, ενώ η επαλήθευση και ενδεχομένως η διόρθωση των αποτελεσμάτων της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής μπορεί να γίνει με τη βυθομετρική αποτύπωση του σημερινού πυθμένα της λίμνης κατάκλισης και την σύγκρισή του με τον αρχικό πυθμένα στο στάδιο προ της κατασκευής του φράγματος.

## Βιβλιογραφία

Ζωσιμά, Α., 2010. "Εκτίμηση της στερεοπαροχής στη λεκάνη απορροής της λίμνης Πλαστήρα με την εφαρμογή του μοντέλου PESERA", Αθήνα.

Παναγούλια, Δ. και Δήμου, Γ., "Υδρολογία και Εκτιμήσεις Στερεοαπορροής", πανεπιστημιακές σημειώσεις Μηχανικής και Φερτών Υλικών.

Τσουνάκα, Σ., 2009. "Η χρήση του GIS στη μελέτη της διάβρωσης σε γεωλογικά ενεργές λεκάνες απορροής του Κορινθιακού κόλπου", Πάτρα.

Υπουργείο Βιομηχανίας Ενέργειας και Τεχνολογίας,  
Μετεωρολογικοί βροχομετρικοί σταθμοί της χώρας, Αθήνα,  
Αύγουστος 1987.

Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδάτινων Πόρων,  
"Υδρογραφήματα - Διόδευση - Στερεοπαροχή", Αθήνα 2009.

Μανιάτης Ι., 1993. "Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών".  
Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Συλλαίος, Ν., Γήτας, Ι., Συλλαίος, Γ., 2007. "Εισαγωγή στα  
Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και στην  
Τηλεπισκόπηση". Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.

Συλλαίος, Ν., Μπίλας, Γ., Καραπέτσας, Ν., 2007.  
"Χαρτογράφηση και αξιολόγηση γεωργικών εδαφών με τη

[Πληκτρολογήστε κείμενο]

χρήση Τηλεπισκόπησης και GIS". Πανεπιστημιακές σημειώσεις μαθήματος στο Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.