



# ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΓΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΣΤΗΝ ΙΟΝΙΑ ΖΩΝΗ

ΕΝΑΣ ΣΥΝΤΟΜΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΩΝ  
ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΙΟΝΙΟΥ ΖΩΝΗΣ  
ΩΣ ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΟ ΠΕΔΙΟ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

ΤΟΥ  
ΙΑΣΟΝΑ ΠΑΝΕΤΑ-ΦΕΛΟΥΡΗ

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>2</b>
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΩΝ.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.....</b>	<b>4</b>
2.1.1 <i>Οι γεωλογικοί παράμετροι.....</i>	5
2.1.1.1 Μητρικό Πέτρωμα.....	5
2.1.1.2 Μετανάστευση.....	6
2.1.1.3 Ταμιευτήρας.....	7
2.1.1.4 Μονωτήρας.....	8
2.1.1.5 Παγίδα.....	8
2.2.2 <i>Προφήτευση.....</i>	8
2.2.2.1 Λιμναίες Λεκάνες.....	9
2.2.2.2 Δελταϊκές Λεκάνες.....	9
2.2.2.3 Θαλάσσιες Λεκάνες.....	9
<b>2.2 ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ.....</b>	<b>9</b>
2.1.1. <i>Πετρέλαιο.....</i>	11
2.1.2. <i>Φυσικό αέριο.....</i>	12
<b>3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΙΟΝΙΟΥ ΛΕΚΑΝΗΣ.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2 ΝΕΟ ΟΡΟΓΕΝΕΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΕΛΛΗΝΙΔΩΝ .....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΙΟΝΙΑΣ ΖΩΝΗΣ.....</b>	<b>16</b>
<b>3.4 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ.....</b>	<b>18</b>
<b>4. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΔΡΙΑΤΙΚΗΣ .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΕΜΦΑΝΙΣΕΙΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ.....</b>	<b>23</b>
<b>4.3 ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΗΝ ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ.....</b>	<b>26</b>
<b>4.4 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ.....</b>	<b>28</b>
<b>4.5 ΘΕΣΕΙΣ ΥΨΗΛΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ .....</b>	<b>34</b>
<b>5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>38</b>
<b>6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>39</b>



## Abstract

Ionian zone begins from the Greek border extending southwards passing through Epirus and Peloponnesus reaching the Hellenic volcanic arc where it bends eastwards outcropping in Crete and heading towards Anatolia. Extensions of the Ionian zone are found both in Albania and in Turkey especially in Albania both the stratigraphy and the geodynamic setting presents a high level of similarity with the occurrences in Epirus. The closing of Neo-Tethys, the destruction of the oceanic crust, and the subsequent collision resulting in Alpine orogenesis and the formation of the Ionian basin. Specifically, for the region of the External Hellenides the Pindos thrust that began its movement during Eocene and its latter migration westwards resulting in the Ionian thrust found today in the outermost parts of the region. The extension that took place after the Triassic and the compression after Eocene constructed half-grabens and piggy-bag basins, respectively. Sedimentation in these structures resulted in the formation of the source rocks of the petroleum systems encountered in the region. Overall, the source rocks include (i) Triassic sediments, (ii) Posidonia Beds (Upper and Lower), (iii) Vigla shales and the deep-sea fans inside the Oligocene flysch. Triassic breccias, dolomites and carbonates of the Mesozoic as well as the post-alpine deposits act as reservoirs whereas they are sealed by the evaporites of the Triassic, the Oligocene flysch and the post-alpine sediments. These factors form three distinct petroleum systems: Triassic sediments-Triassic breccias(?), Posidonia Beds-Senonian Limestones(?) and Vigla Shales-Deep Sea Fans(?). Trap formation is dictated by the former extension (halokinetic evaporitic movement) and the latter compression (folds and thrusts). Based on the evidence a total of 25 potential drilling spots are proposed. Fifteen of them refer to the petroleum systems analyzed in this guide in the Ionian Zone, and the ten remaining refer to the mostly unknown subevaporitic basement which however showcased interest for further exploration.

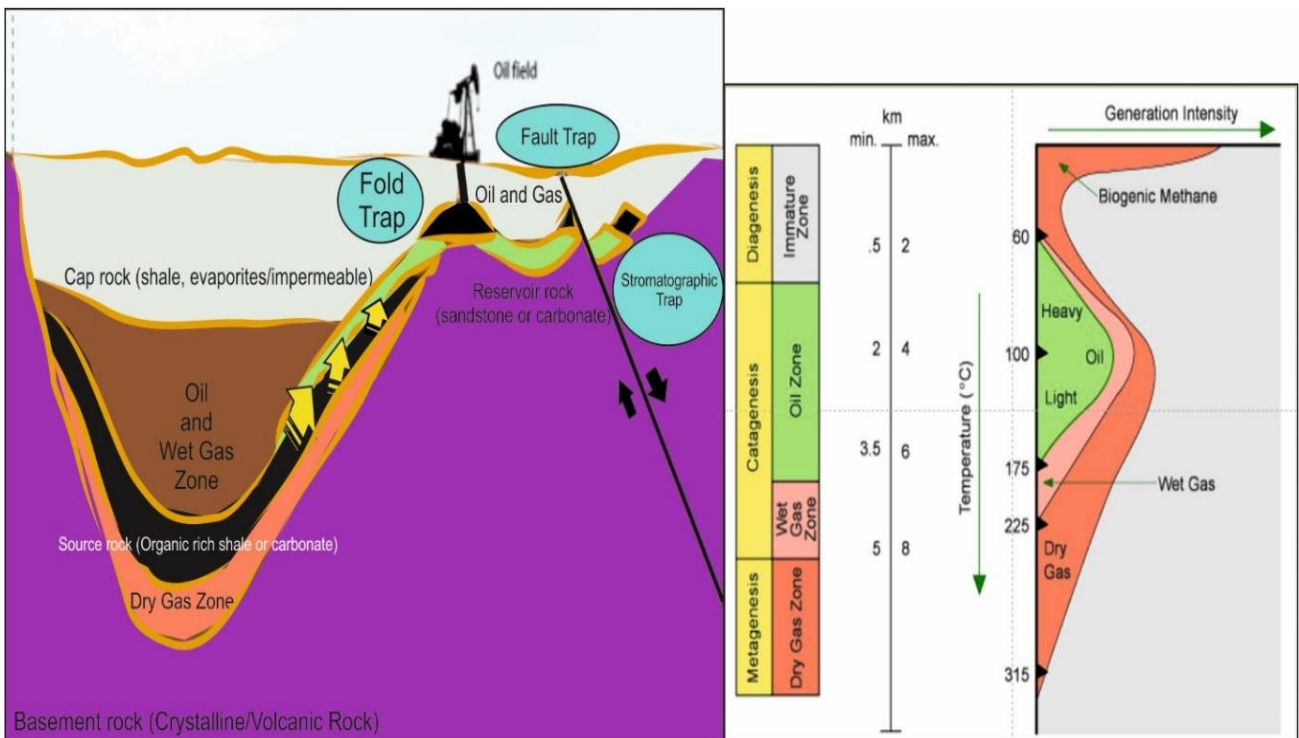
## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ιόνια ζώνη ξεκινάει στα ελληνικά σύνορα συναντάται στην βορειοδυτική Ελλάδα (Ηπειρος) και επεκτείνεται προς το νότο έως και την περιοχή του ηφαιστειακού ελληνικού τόξου όπου στρέφει προς τα ανατολικά αποκαλύπτεται στην περιοχή της Κρήτης και καταλήγει στην Ανατόλια. Προεκτάσεις της υπάρχουν και στην Αλβανία αλλά και την Τουρκία. Το κλείσιμο της Νέο-Τηθύος, η καταστροφή του ωκεάνιου φλοιού, και η μετέπειτα σύγκρουση που επέφερε την Αλπική ορογένεση ευθύνεται για τον σχηματισμό της Ιόνιας λεκάνης. Ιδιαίτερα, για την περιοχή των εξωτερικών Ελληνίδων η επώθηση της Πίνδου κατά το Ηώκαινο και η μετανάστευσή της προς τα δυτικά και η δράση της Ιόνιας επώθησης σχημάτισαν τις κύριες δομές στις οποίες αποτέθηκε το υλικό που δρα κυρίως ως μητρικό πέτρωμα στα πετρελαϊκά συστήματα της περιοχής. Οπότε, ως μητρικά θεωρούνται (i) ιζηματογενής σχηματισμοί που παρεμβάλλονται μεταξύ των εβαποριτών του Τριαδικού, (ii) τα στρώματα με Ποσειδωνίες (άνω και κάτω), (iii) οι σχίστες της Βίγλας και τα υποθαλάσσια ριπίδια μέσα στα υποθαλάσσια ριπίδια του φλύσχη κατά το Ολιγόκαινο ως ταμιευτήρες τα λατυποπαγή του Τριαδικού, οι ασβεστόλιθοι και δολομίτες του Μεσοζωικού και οι μεταλλικές αποθέσεις ενώ ως καλύμματα οι εβαπορίτες του Τριαδικού, ο φλύσχη του Ολιγοκαίνου και τα μεταλλικά. Χωρίζονται λοιπόν σε τρία ξεχωριστά πετρελαϊκά συστήματα. Το (1) Τριαδικά ιζήματα-Τριαδικά λατυποπαγή (?), το (2) Στρώματα με Ποσειδωνίες-Ασβεστόλιθοι Σενωνίου(?) και το (3) Σχίστες της βίγλας-Υποθαλάσσια Ριπίδια(?). Ειδικότερα, χαρακτηρίζονται από δομές παγίδευσης που σχηματίζονται λόγω της αρχικής ασύμμετρης διαστολής από το κατώτερο Ιουρασικό έως και το Μειόκαινο και την επώθηση της Πίνδου. Βάση αυτών των στοιχείων σε αυτό τον οδηγό προτείνονται συνολικά 25 σημεία γεωτρητικού ενδιαφέροντος. Τα 15 εξ' αυτών αναφέρονται στα πετρελαϊκά συστήματα της Ιονίου και τα υπόλοιπα 10 στο ελλιπώς ερευνημένο υπο-εβαποριτικό υπόβαθρο που όμως παρουσιάζει ενδιαφέρον προς πετρελαϊκή έρευνα.

## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΩΝ

### 2.1 Το πετρελαϊκό σύστημα φόρτισης

Η γένεση των υδρογονανθράκων κατά μεγάλο βαθμό θα εξαρτηθεί από την ιζηματογενή λεκάνη στην οποία θα διαδραματιστεί η όλη διαδικασία. Η συσχετιζόμενη δομική ανάπτυξη μιας λεκάνης είναι υπεύθυνη για την διάπλαση των πετρελαϊκών παγίδων οι οποίες και αναζητούνται. Οπότε, με την ανάλυση των ιζηματογενών λεκανών γίνεται η αναζήτηση των παραγόντων που ευθύνονται για την ανάπτυξή της. Η λιθοσφαιρική έκταση, η καμπύλωση λόγω πτύχωσης και οι οριζόντιες κινήσεις ζωνών είναι οι κύριες αιτίες για την εμφάνιση τέτοιων δομών (Εικ. 1).



Εικόνα 1 Σχηματική απεικόνιση του πετρελαϊκού συστήματος φόρτισης και αναφοράς των διαφορετικών γεωλογικών παραμέτρων (αριστερά) και διαγραμματική απεικόνιση των παραθύρων του πετρελαίου και αερίου σε σχέση με τα βάθη ταφής (από [www.woo.edu](http://www.woo.edu)).

Η διάκρισή τους επιτυγχάνεται βάσει πακέτων αποθετικών ακολουθιών τα οποία ταυτίζονται με συγκεκριμένα στάδια της διάπλασής τους, τις μέγα-ακολουθίες. Οριοθετούνται από κύριες περιφερειακές ασυμφωνίες που μαρκάρουν την επέλαση και το τέλος των διαδικασιών της δημιουργίας της λεκάνης. Η αναγνώριση και ερμηνεία τους επιτρέπουν την κατασκευή γεωλογικών μοντέλων όπου κατανοώντας τα ξεδιπλώνεται η στρωματογραφική διάρθρωση, το αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ τεκτονικών κινήσεων με τον ρυθμό ιζηματογένεσης και τις αλλαγές στα επίπεδα στάθμης της θάλασσας. Οι αποθεματικές ακολουθίες σχηματίζουν την βάση για την αντιστοίχιση μητρικών πετρωμάτων, ταμιευτήρων και μονωτήρων πετρωμάτων.

Για να εμφανίζεται, λοιπόν, ένα πετρελαϊκό σύστημα φόρτισης απαιτείται η σύνδεση ορισμένων γεωλογικών παραμέτρων ώστε να παραχθούν συγκεντρώσεις πετρελαίου σε ειδικά στρωματογραφικά επίπεδα της λεκάνης. Ενδείκνυται βέβαια να είναι τέτοιου μεγέθους που να επιτρέπει βιομηχανική εκμετάλλευση και πάνω από όλα να επιφέρει κέρδος.

### 2.1.1 Οι γεωλογικοί παράμετροι

Αρχικά, αποτελείται από **μητρικά** και θερμικά ώριμα πετρώματα πετρελαίου, δυνατά να αποβάλλουν ρευστά (πετρέλαιο, φυσικό αέριο) μέσα στο πορώδες των στρωμάτων μεταφοράς όπου θα τα μεταφέρουν σε θέσεις υψηλής συγκέντρωσης στην ταμειυτήρια μονάδα. Η **ταμειυτήρια μονάδα, ή ταμειυτήρας** είναι ένας σχηματισμός όπου λόγω πορώδους μπορεί να αποθηκεύσει ρευστά πετρελαίου και στην συνέχεια να τα αποδώσει, μέσα από γεωτρήσεις, με εμπορικούς ρυθμούς. Για την συγκέντρωση αυτών των ρευστών πρέπει να υπάρχει ένας **περιφερειακός μονωτήρας, ή πέτρωμα κάλυψης (κάλυμμα)** της ταμειυτήριας μονάδας. Αυτό το φαινόμενο συναντάται στις **πετρελαϊκές παγίδες** που συγκεντρώνουν το πετρέλαιο σε ιδιαίτερες θέσεις σε τέτοια ποσοστά ώστε να επιτρέπεται η εμπορική εκμετάλλευση. Επίσης σημαντικό, και δεν πρέπει να παραλείπεται, είναι ότι η ύπαρξη αυτών των παραμέτρων απαιτεί μια σύγχρονη σχέση τους ώστε να δοθεί η δυνατότητα γένεσης.

#### 2.1.1.1 *Μητρικό Πέτρωμα*

Σχηματίζονται όταν μια μικρή αναλογία του οργανικού άνθρακα η οποία συμμετέχει στον κύκλο του άνθρακα θάφτηκε σε ιζηματογενή περιβάλλοντα όπου αναστέλλεται η οξείδωσή τους. Για την διατήρηση του οργανικού υλικού στα αποθετικά περιβάλλοντα είναι ουσιώδες να επικρατούν αναερόβιες συνθήκες προστατεύοντας τα οργανικά συστατικά από την καταστροφή μέσω των δραστηριοτήτων των αερόβιων βακτηρίων και των παρασυρμένων και βιοαναμοχλευμένων οργανισμών. Ανοξικές συνθήκες αναπτύσσονται όπου η απαίτηση σε οξυγόνο είναι μεγαλύτερη της παροχής. Η κατανάλωση του οξυγόνου οφείλεται κυρίως στην αποσύνθεση του πεθαμένου οργανικού υλικού, με αποτέλεσμα την μεγάλη ζήτηση σε περιοχές υψηλής οργανικής παραγωγικότητας. Στα υδρόβια περιβάλλοντα η παροχή σε οξυγόνο ελέγχεται κύρια από την κυκλοφορία του οξυγονωμένου νερού και ελαχιστοποιείται εκεί όπου υπάρχουν στάσιμα νερά, και στο βυθό (βάθη > 200m). Σε συνδυασμό με τον χρόνο μεταφοράς του οργανικού υλικού στην υδάτινη στήλη, από την ευφωτική ζώνη έως τον πυθμένα, το κοκκομετρικό μέγεθος των ιζημάτων και ο ρυθμός ιζηματογένεσης ρυθμίζουν την απόθεση των μητρικών πετρωμάτων. Η διατήρηση οργανικού υλικού είναι ένας δείκτης της περιεκτικότητας οξυγόνου στα νερά του πυθμένα, του ρυθμού ιζηματογένεσης και της έντασης της βενθονικής ζώνης.

Τα συνθετικά χημικά που αναλογούν σε όλο το οργανικό ζωντανό υλικό χωρίζονται σε 4 κύριες ομάδες: *Ένυδροι άνθρακες, Πρωτεΐνες, Λιπίδια και Ξυλίτες*. Από αυτές τα λιπίδια και οι ξυλίτες είναι αυτά που είναι ανθεκτικά για να ταφούν στο ίζημα. Τα λιπίδια βρίσκονται κυρίως σε θαλάσσιους οργανισμούς και ορισμένους χερσαίους, ποσοτικά ικανοί να δώσουν τον συνολικό όγκο του παγκόσμιου πετρελαίου, ενώ οι ξυλίτες εμφανίζονται αποκλειστικά σε χερσαία περιβάλλοντα και δεν είναι ικανοί να παράγουν αξιόλογες ποσότητες πετρελαίου παρά αποτελούν σημαντική πηγή αέριων υδρογονανθράκων. Ως χερσαία φυτική πανίδα είναι η πιο ευάλωτη σε περιβαλλοντικές αλλαγές για αυτόν τον λόγο στον γεωλογικό χρόνο διακρίνονται στα κάρβουνα με αέρια τάση του Παλαιοζωικού και αυτά του Μεσοζωικού και Τριτογενούς παρουσιάζοντας πετρελαϊκή τάση.

#### 2.1.1.2 Μετανάστευση

Η πρωτογενής μετανάστευση περιγράφει την αποβολή των παραχθέντων υδρογονανθράκων από το μητρικό πέτρωμα. Η αποβολή αυτή οφείλεται στην υπερπίεση που δημιουργείται εξ αιτίας της διαστολής των ρευστών σε αυξημένες θερμοκρασίες, της συμπίκνωσης των μεμονωμένων μονάδων του μητρικού πετρώματος και την απελευθέρωση του νερού σε αφυδατωμένα αργιλικά ορυκτά. Συνεπώς, μια μεγάλης έκτασης διαστολή μπορεί να λαμβάνει χώρα όταν τα πετρελαϊκά υγρά σπάζουν σε αέρια εσωτερικά των μητρικών πετρωμάτων. Έτσι, φαίνεται πως απαιτείται ένας αυξημένος βαθμός ωριμότητας και μια ποσότητα υδρογονανθράκων που δικαιολογούν μικροσπασίματα ώστε η προκύπτουσα ένταση να επιτρέψει την εμφάνιση αποβολής-μετανάστευσης από το μητρικό πέτρωμα. Η αποβολή υδρογονανθράκων είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όταν εναλλάσσονται μικρού πάχους στρώματα, ενώ αντίθετα απαιτείται υψηλό ποσοστό σε οργανικό υλικό σε περιπτώσεις παχίων ομογενών ακολουθιών, όπως σχιστόλιθοι. Αυτοί οι απελευθερωμένοι πλέον πια υδρογονάνθρακες μεταναστεύουν πρώτα διαμέσου στενών πόρων και τριχοειδών αγγείων των μητρικών στρωμάτων σε λεπτόκοκκα ιζήματα, στην επιφάνεια του μητρικού πετρώματος και αναφέρεται ως πρωταρχική ή πρωτογενής μετανάστευση.

Στη συνέχεια, οι αποβληθέντες υδρογονάνθρακες μέσα από πετρώματα με μεγαλύτερους πόρους κορεσμένους με νερό και περατά στρώματα μεταφοράς μεταναστεύουν (δευτερογενής μετανάστευση) τελικά στα ταμιευτήρια πετρώματα. Επειδή οι πυκνότητες του πετρελαίου και αερίου είναι μικρότερες αυτής του νερού μέσα στο πέτρωμα μεταφοράς οι υδρογονάνθρακες τείνουν να κινηθούν προς τα πάνω.

Η διαδικασία της μεταφοράς των πετρελαϊκών ρευστών από τα μεγαλύτερα βάθη και τα μητρικά πετρώματα γένεσής τους προς την επιφάνεια μέσω των στρωμάτων μεταφοράς έως τους ταμιευτήρες ή έως και τις παγίδες όπου συγκεντρώνονται, ονομάζεται **δευτερογενής μετανάστευση**. Το πετρέλαιο που γεννιέται μεταναστεύει είτε σε μοριακή διάλυση μέσω του νερού των πόρων είτε σαν

φάση υδρογονάνθρακα. Είναι αναγκαίο, λοιπόν, να μετακινηθεί μεγάλη ποσότητα νερού από τα στρώματα των πηγών στους ταμιευτήρες ή για την περίπτωση των βαθύτερων και θερμικά ωριμότερων μητρικών να πληρωθεί ένα σημαντικό κομμάτι των πόρων από υγρό πετρέλαιο για να ενεργοποιηθεί η μετανάστευση. Η ανοδική κίνηση θα πραγματοποιηθεί διαμέσου μικροδομών από την απελευθέρωση της υπερπίεσης.

Η μετακίνηση του πετρελαίου εμφανίζεται κύρια σαν φάσεις 2 ροών και καθοδηγείται από την πλευστότητα παρά από την καθοδήγηση του νερού που δεν είναι σημαντική εκτός από όταν οι κορυφές των πετρελαϊκών στρωμάτων μεταφοράς έχουν πολύ μικρές κλίσεις (<5°). Εμφανίζεται σαν πολυφασικές ροές, σταγόνες πετρελαίου ή φυσαλίδες αερίου στο νερό των πόρων τείνουν να κινηθούν προς τα πάνω. Ιδιαίτερο ρόλο ενδέχεται να συνιστούν μεγάλων διαστάσεων υποεπιφανειακά συστήματα ροής. Η δευτερογενής μετανάστευση θα πάψει όταν θα συναντηθεί στην ροή σημείο όπου θα υπερτερεί η τριχοειδής πίεση με τη μείωση των πόρων ή σε κάποια στρωματογραφική ή τεκτονική παγίδα.

### *2.1.1.3 Ταμιευτήρας*

Τα αποθετικά ή διαβρωσιγενή όρια της κάθε ταμιευτήριας μονάδας θα καθορίσουν αρχικά το πετρελαϊκό πεδίο φόρτισης. Ο ταμιευτήρας οφείλει να είναι αρκετά υψηλού πορώδους για να αποτελέσει δεξαμενή πετρελαίου και οι πόροι αυτή να συνδέονται μεταξύ τους ώστε να είναι εφικτή η ροή του πετρελαϊκού ρευστού διαμέσου του πετρώματος προς την γεώτρηση, διαπερατότητα. Το πορώδες και η διαπερατότητα επηρεάζονται από την αποθετική γεωμετρία των πόρων και των ιζημάτων αλλά και τις διαγενετικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα μετά την απόθεση, όπως η δολομιτοποίηση, τα σπασίματα, η διαλυτοποίηση, η επανακρυστάλλωση και η πετροποίηση. Οι ετερογένειες που εμφανίζονται στους ταμιευτήρες θα είναι καθοριστικές ως προς την αποτελεσματικότητα της εξαγωγής των υδρογονανθράκων. Κατά αυτόν τον τρόπο, η πηγή των ιζημάτων θα επιδείξει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως ωκεανού με ωκεανό παρουσιάζουν φτωχούς ταμιευτήρες μολυσμένους από πελαγικά και ηφαιστειογενή υλικά, ενώ επαφές φλοιών με παρουσία ηπειρωτικού έχουν μεγάλη πιθανότητα να δώσουν πηγές άμμου. Τάφροι και ιζήματα μπροστά από το τόξο τροφοδοτούνται από μεγάλες ποσότητες ηφαιστειογενών ιζημάτων καθώς και οι επικοινωνία των πόρων εμφανίζουν σημαντική μείωση, μειώνοντας έτσι την διαπερατότητα κατά την διαγένεση.

Τα κύρια είδη ταμιευτήρων είναι οι ανθρακικοί και οι αμμούχοι. Στους αμμούχους το αρχικό πορώδες και η διαπερατότητά τους εξαρτώνται από το μέγεθος των κόκκων, την διαβάθμιση και την ταξιθέτηση των ιδιαίτερων ιζημάτων, ενώ οι ανθρακικοί ταμιευτήρες έχουν να κάνουν τόσο με το πρωτογενές πορώδες που συνδέεται με την σύνδεση των κόκκων μεταξύ τους και το υλικό που



υπάρχει ανάμεσα στους κόκκους αλλά και το δευτερογενές πορώδες από παράγοντες που αναλύθηκαν παραπάνω.

#### 2.1.1.4 Μονωτήρας

Πρόκειται για το πέτρωμα που θα εμποδίσει την ανοδική πορεία των πετρελαϊκών ρευστών προς την επιφάνεια με τελικό αποτέλεσμα την διαφυγή τους. Είναι αποτελεσματικός μόνο εάν η ισχύς του ή αλλιώς η κατανεμημένη πίεσή του υπερβαίνει αυτή της πλευστότητας που παράγεται από την υποκείμενη στήλη των υδρογονανθράκων που κατευθύνονται προς την επιφάνεια. Κατά μεγάλο βαθμό η ένταση της πίεσης του μονωτήρα θα καθοριστεί από το μέγεθος των πόρων του. Απαιτείται δηλαδή ένας μονωτήρας από υπερβολικά μικρό μέγεθος πόρων ώστε να εμποδίσει την επίπλευση-πλευστότητας μιας υψηλής υποκείμενης στήλης αερίων. Αποτελεσματικές λιθολογίες μονωτήρων είναι τα λεπτόκοκκα κλάσματα και οι εβαπορίτες.

#### 2.1.1.5 Παγίδα

Αντικατοπτρίζει τη θέση ενός υποεπιφανειακού εμποδίου στη μετανάστευση του πετρελαίου προς την επιφάνεια της γης. Ταξινομούνται σε δομικές, στρωματογραφικές και υδροδυναμικές. Οι δομικές οφείλονται σε διαδικασίες τεκτονισμού, διαπυρισμού, βαρύτητας και συμπύκνωσης ενώ στις στρωματογραφικές η γεωμετρία της παγίδας αποδίδεται στην πρωτογενή αποθετική μορφολογία ή και τις ασυμφωνίες μέσα στην λεκάνη πλήρωσης ή τις επακόλουθες διαγενετικές δράσεις. Τέλος, οι υδροδυναμικές σχηματίζονται από την κίνηση των εσωτερικά ευρισκόμενων ρευστών διαμέσου της λεκάνης, αν και ασυνήθιστες επιδρά σημαντικά η υδροδυναμική επίσης σε κάποιες λεκάνες προχώρας.

#### 2.2.2 Προφήτευση

Η κατανόηση των παραπάνω παραμέτρων όσων αφορά την χωρική τους κατανομή και τις συνθήκες σχηματισμού τους. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω από γεωχημικές τεχνικές ενδεικτικές για τον προσδιορισμό της παρουσίας μητρικού πετρώματος και την πλουσιότητά του καθώς και τον τύπο ή την σύνθεση του πετρελαίου που θα παραχθεί μαζί με την θερμική ωρίμανση. Μέσω σύγκρισης των γεωχημικών σε μητρικά και ρευστά είναι δυνατό να ερμηνευθούν οι δρόμοι μετανάστευσης. Με τελικό σκοπό την προφήτευση, εμπειρισταωμένη υπόθεση, της θέσης ενδιαφέροντος.

Οι θέσεις ενδιαφέροντος ως ένα αρχικό βήμα θα πλαισιωθούν κυρίως γύρω από περιοχές όπου κατά το παρελθόν επιτράπηκε η ανάπτυξη μητρικών πετρωμάτων. Τέτοιες περιοχές είναι οι λιμναίες, δελταϊκές και θαλάσσιες λεκάνες ενώ λιγότερης σημασίας αλλά ικανά για ανάπτυξη μητρικών είναι τα έλη φρέσκων νερών, οι μη δελταϊκές ακτογραμμές, οι ηπειρωτικές κατωφέρειες και τα υβώματα.

### 2.2.2.1 Λιμναίες Λεκάνες

Αποτελούν τις πιο σπουδαίες θέσεις για την απόθεση μητρικών σε ηπειρωτικές ακολουθίες. Ευνοϊκές συνθήκες μπορούν να υπάρχουν σε βαθιές λίμνες που αναπτύσσονται σε γρήγορα βυθιζόμενα συστήματα ηπειρωτικών λεκανών διαστολής και όπου τα νερά του πυθμένα δεν ανακατεύονται από την επιφανειακή ένταση του ανέμου. Αλλά και στα χαμηλά γεωγραφικά πλάτη όπου υπάρχει μικρή εποχιακή αλλαγή στη στήλη του νερού και την θερμοκρασία επιτρέποντας να αναπτυχθεί η διαστρωμάτωση. Η αλμυρότητα πολλές φορές, είτε σε ζεστά τροπικά κλίματα είτε σε χαμηλά πλάτη σε λίμνες άφθονης παροχής, μπορούν να εμποδίσουν την μεταφορά οξυγόνου ευνοώντας τις ανοξικές συνθήκες (εβαποριτοποίηση). Το πάχος των μητρικών και η ποιότητάς τους στις λίμνες είναι ανάλογη της γεωλογικής διάρκειας και αντιστρόφως ανάλογη της κλαστικής απόθεσης. Πιο ιδιαίτερες είναι οι αλκαλικές λίμνες κοντά σε ηφαιστειακή δραστηριότητα από την επίδραση των υδροθερμικών διαλυμάτων.

Το λιμναίο πετρέλαιο οπότε παρουσιάζει ποικιλομορφία σε πυκνότητα και ποσοστό κεριού που φτάνει και το 40% κυρίως όμως με χαμηλά επίπεδα θείου. Η σύνθεσή του οφείλεται κυρίως στην κλαστική παροχή στις λίμνες και την οργανική εισαγωγή στα ιζήματα των λιμνών.

### 2.2.2.2 Δελταϊκές Λεκάνες

Η προέλευση του οργανικού υλικού είναι είτε από φύκη φρέσκων νερών είτε από βακτήρια σε έλη και λίμνες των δελταϊκών πλατφορμών, από θαλάσσιο φυτοπλαγκτόν και βακτήρια στην προδελταϊκή κατωφέρεια. Διακρίνονται στα εποικοδόμησις που είναι εξακολουθητικά χαμηλής ενέργειας στη δελταϊκή πλατφόρμα ευνοώντας τον σχηματισμό μητρικών, αντίθετα με τα στατικά ή καταστρεπτικά που είναι κυματικής υπερίσχυσης και δεν ευνοούν εξίσου. Η μετανάστευση των παράκτιων φραγμών τείνει να επαναεπεξεργάζεται τα ιζήματα στην κατώτερη δελταϊκή πλατφόρμα και το οργανικό υλικό τείνει να αποικοδομείται σε αδρανές στάδιο.

### 2.2.2.3 Θαλάσσιες Λεκάνες

Σε κλειστές λεκάνες με περιορισμένη κυκλοφορία ή ανοιχτές υφαλοκρηπίδες και κατωφέρειες ως αποτέλεσμα της προς τα πάνω ροής των πλούσιων σε τροφή ωκεάνιων νερών που συσχετίζονται κυρίως με πετρέλαιο (βιολογικής προέλευσης) ή της καταπάτησης του στρώματος με το ελάχιστο οξυγόνο του μέσου ωκεάνιου νερού.

## 2.2 Υδρογονάνθρακες

Για την κατανόηση των λειτουργιών της γένεσης των υδρογονανθράκων με σκοπό την ικανότητα σύνταξης ερευνών που αποβλέπουν στα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους αλλά και είναι ικανές να

προσδιορίσουν τον χώρο εύρεσής τους είναι ουσιώδες να προσδιοριστούν οι βασικοί παράγοντες σχηματισμού τους.

Η κύρια λειτουργία που είναι υπεύθυνη για την εμφάνιση υδρογονανθράκων είναι η εξέλιξη του οργανικού υλικού. Συγκεκριμένα, από βιοπολυμερή σε γεωπολυμερή μέσω της αύξησης του βάθους ταφής. Ως αποτέλεσμα των διαφορών στην βιοχημική, χημική και φυσικοχημική διαδικασία, τα πρωταρχικά συνθετικά μετασχηματίζονται μέσα σε αδιάλυτο κηρογόνο ή όταν εξελίσσεται σε κάρβουνο σε καφέ υποπισσώδη κάρβουνο.

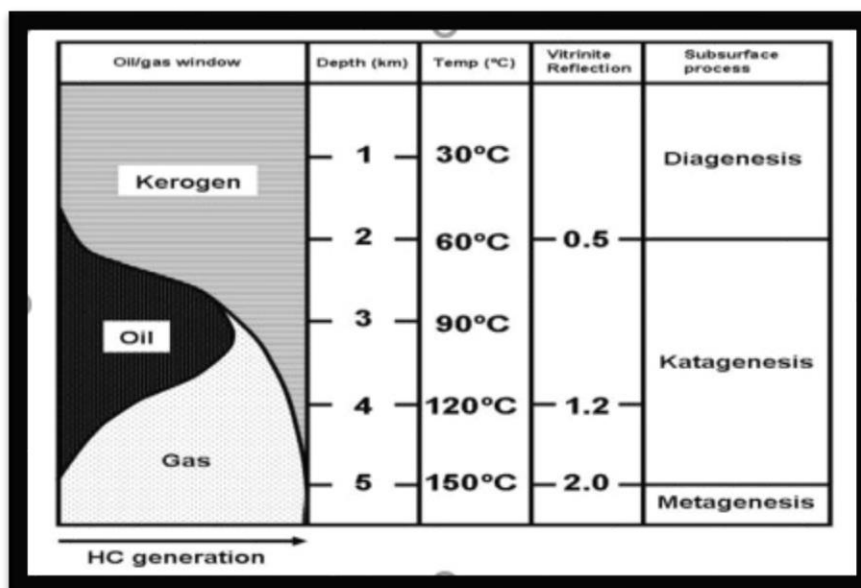
Είναι δυνατό, λοιπόν, να διακριθούν τρεις επιμέρους ζώνες της διαδικασίας. (1) *Διαγένεση*, που συμβαίνει μέχρις ότου να εξαντληθούν σχετικά τα αποβαλλόμενα υγρά των οξέων (2) *Καταγένεση*, όπου τμήμα του κηρογόνου μετατρέπεται σε υδρογονάνθρακες. Αποτελεί την κύρια ζώνη γένεσης πετρελαίου και αερίων ενώ η εξέλιξη του κάρβουνου επίσης ελευθερώνει αέρια και κάποιο πετρέλαιο. Τέλος (3) *Μεταγένεση*, στην οποία τα μητρικά πετρώματα των υδρογονανθράκων και του σκληρού κάρβουνου απελευθερώνουν ως επί των πλείστων αέρια (Εικ. 2). Στις πετρελαϊκές πηγές, ο άνθρακας παραμένει διάσπαρτος στους σχιστόλιθους ως ένα μικρότερο συνθετικό (πλούσιο υπόλειμμα) ενώ στην τύρφη ο ανθρακίτης σχηματίζεται μετά το φαινόμενο του μεταμορφισμού γραφίτη. Η αύξηση της θερμοκρασίας μέσου της γεωθερμικής βαθμίδας είναι άρρητα συνδεδεμένη με την αύξηση της ωριμότητας του κηρογόνου και την αποδέσμευση των μεταναστεύσιμων οργανικών ενώσεων επιτρέποντας την διάκριση τριών σταδίων:

Αβαθή βάθη ταφής: Ανώριμο οργανικό υλικό μπορεί να αποδεσμεύσει (βιογενή) μόνο αέριο μεθάνιο, παραγόμενο από βακτηριδιακή ζύμωση μεθανίου και μικρές μόνο ποσότητες από βαρύτερους υδρογονάνθρακες.

Πρώιμα έως μέτρια στάδια ωριμότητας: Κυρίως στα θερμοκρασιακά εύρη από 60-80°C και 90- 120°C όπου γεννιούνται οι μεγαλύτερες ποσότητες από πετρέλαιο.

Τελευταίο στάδιο ωριμότητας γένεσης πετρελαίου: Χαρακτηρίζεται από θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 130°C. Σε αυτό το σημείο τμήμα των μεγάλων οργανικών μορίων σπάζουν και σχηματίζουν ελαφρούς υδρογονάνθρακες, υγρού και ξηρού αερίου.

*Πίνακας 1 Στάδια ωρίμανσης του πετρελαίου*



Εικόνα 2 Οι διεργασίες και τα πλαίσια γένεσης πετρελαίου και αερίου βάσει του βάθους και της θερμοκρασίας στην οποία εκτίθεται το πέτρωμα ([www.wou.edu](http://www.wou.edu)).

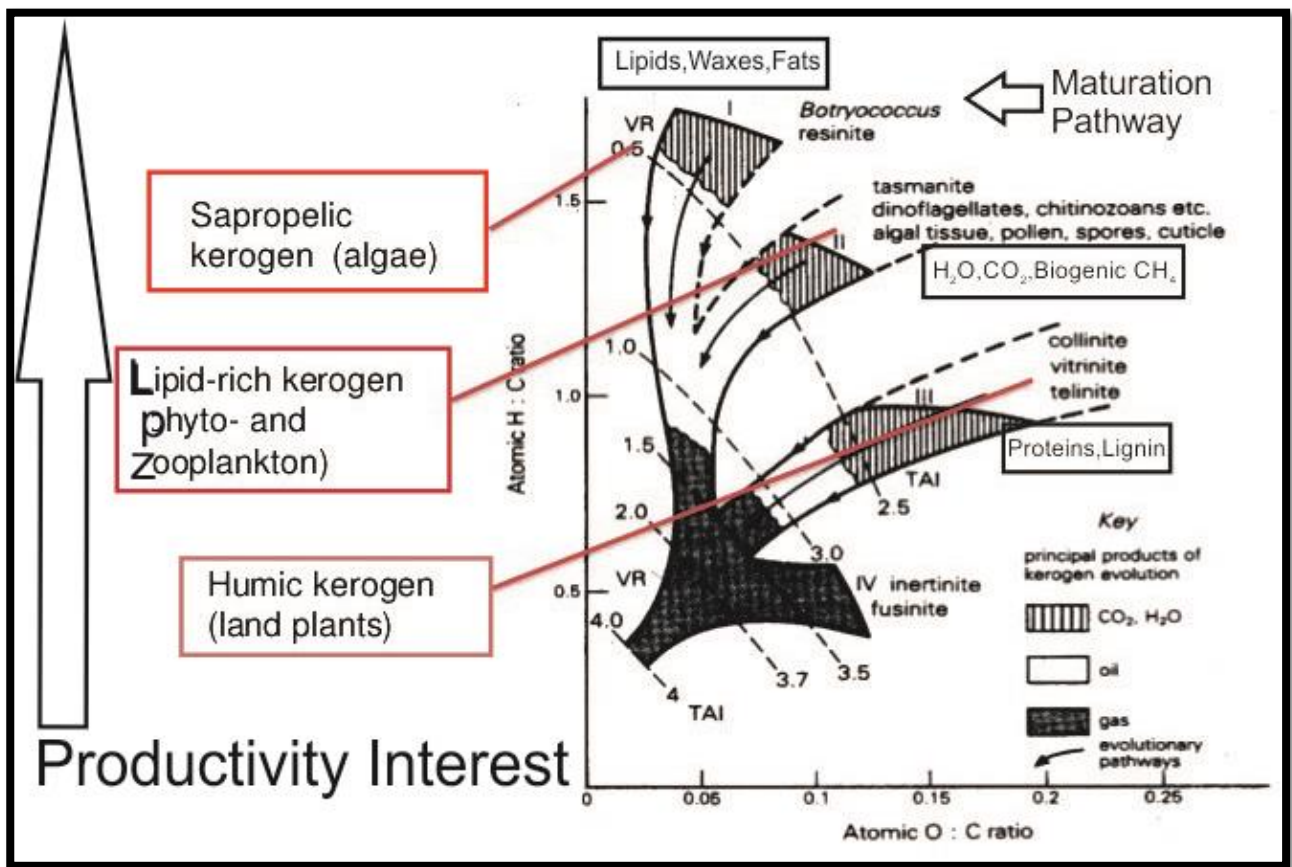
### 2.1.1. Πετρέλαιο

Το πετρέλαιο εμφανίζεται ως υγρό-ρευστό τόσο στον ταμιευτήρα όσο και στις επιφανειακές συνθήκες προέρχεται από οργανικό υλικό πλούσιο σε λιπίδια όπου θάφτηκε σε ιζήματα. Αποτελείται από κορεσμένους υδρογονάνθρακες, συνθετικά τα οποία κάθε άτομο του άνθρακα είναι εντελώς κορεσμένο ως προς το υδρογόνο, τους αρωματικούς υδρογονάνθρακες, ακόρεστοι υδρογονάνθρακες κυκλικής δομής, και τα NSO συνθετικά, ετεροσυνθετικά που υποδιαιρούνται σε ρητίνες και ασφαλτένια. Χωρίζεται στο τμήμα με μορφή κηρογόνου και στο βιτουμένιο. Το πρώτο πρόκειται για το τμήμα του οργανικού υλικού ενός πετρώματος το οποίο είναι αδιάλυτο σε κοινούς οργανικούς διαλύτες. Η διάσπαση του εξαρτάται, πάραυτα, στον χρόνο και την θερμοκρασία όπου θα υποβληθεί ενώ ο ρυθμός του είναι υπολογίσιμος από την εξίσωση του Arrhenius. Διακρίνεται σε ανενεργό και ενεργό, με το ανενεργό να επαναδιευθετείται προς δομές σαν αυτές του γραφίτη χωρίς παραγωγή πετρελαίου. Αντίθετα, το ενεργό σε θερμοκρασίες πάνω από 90°C-120°C δίνει πετρέλαιο (Ασταθές) ενώ για θερμοκρασίες άνω των 130°C-180°C παράγεται φυσικό αέριο (Δύστηκτο). Είναι δυνατό το πετρέλαιο που προήλθε από το ασταθές κηρογόνο να μετατραπεί με την άνοδο της θερμοκρασίας σε φυσικό αέριο.

Αυτή η μεταβολή στο πετρέλαιο, δηλαδή, η αντικατάσταση σταδιακά των βαρέων συστατικών με ελαφρύτερα με την αύξηση της θερμοκρασίας ονομάζεται Θερμική Μεταβολή. Άλλου τύπου μεταβολές που διενεργούν στο πετρέλαιο είναι η Απασφαλτοποίηση και εμφανίζεται σε υψηλής ωριμότητας μητρικές κουζίνες κατά την τελευταία αέρια φόρτιση όπου καθιζάνει η βαριά άσφαλτος. Καθώς και στα πιο αρχικά στάδια οι παράλληλες δράσεις της Βιοαποικοδόμησης και του Πλυσίματος με νερό αρχικά (60-70°C) και με την παρουσία του μετεωρικού νερού μετατρέπουν το βαρύ πετρέλαιο μέσω βακτηριδίων και όταν ξεπεραστούν οι 70°C το μετεωρικό νερό είναι πλέον ικανό να διαλύσει μερικούς υδρογονάνθρακες της αποταμιευμένης πετρελαϊκής μίξης.

### 2.1.2. Φυσικό αέριο

Το φυσικό αέριο είναι υδρογονάνθρακας σε αέρια φάση και χωρίζεται βάση προέλευσής του σε Θερμογενές, από θερμική διάσπαση του κηρογόνου, και σε Βιογενικό, από βακτηριδιακή δραστηριότητα στα πρώιμα στάδια της διαγένεσης. Περαιτέρω διαχωρισμός υπάρχει ως προς το υγρό και ξηρό αέριο. Όπου το υγρό αέριο διαφοροποιείται από το ξηρό στο ότι το πρώτο αποδίδει σημαντικές ποσότητες υγρών συμπυκνωμάτων κατά την αλλαγή από τον αποταμιευτήρα στις συνθήκες επιφανείας ενώ όταν είναι υψηλής απόδοσης ονομάζεται αέριο συμπύκνωμα. Πιο σπάνια περίπτωση αποτελεί ο σχηματισμός Υδριτών που δεν είναι κάτι άλλο παρά ένυδρα αέρια με στερεές κρυσταλλικές δομές που περιέχουν μεθάνιο κάτω από συνθήκες υψηλής πίεσης και πολύ χαμηλής θερμοκρασίας.



Εικόνα 3 Διάγραμμα των τύπων του κηρογόνου βάση των σχέσεων μεταξύ άνθρακα, οξυγόνου και υδρογόνου. Οι VR και TAI είναι δείκτες ωριμότητας (τροποποιημένο Van Krevelen διάγραμμα).

#### Τύποι Κηρογόνου (Εικ. 3)

- 1) *Λιπτινικός (Τύπος I)*: Καλή δυνατότητα γένεσης πετρελαίου (80-90%) προέρχεται κυρίως από λιποειδή συνθετικά (υλικά φυκών) σε λίμνες, λιμνοθάλασσες.
- 2) *Εξιντικός (Τύπος II)*: Καλή δυνατότητα γένεσης συμπυκνωμάτων και υγρού αερίου (60%) προέρχεται από ανθιστάμενα μεμβρανώδη φυτικά θραύσματα σε έλη, λίμνες και ωκεανούς.
- 3) *Βιτριντικός (Τύπος III)*: Μεγάλη δυνατότητα γένεσης αερίων (20%) περιορισμένη για πετρέλαιο προέρχεται κυρίως από τα ξυλώδη υλικά ανώτερων φυτών σε θαλάσσια και λιμναία ιζήματα.
- 4) *Ινετριντικός (Τύπος IV)*: Καμία δυνατότητα γένεσης πρόκειται για μαύρα αδιαφανή υψηλής μεταμόρφωσης φυτικής προέλευσης.

### 3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΙΟΝΙΟΥ ΛΕΚΑΝΗΣ

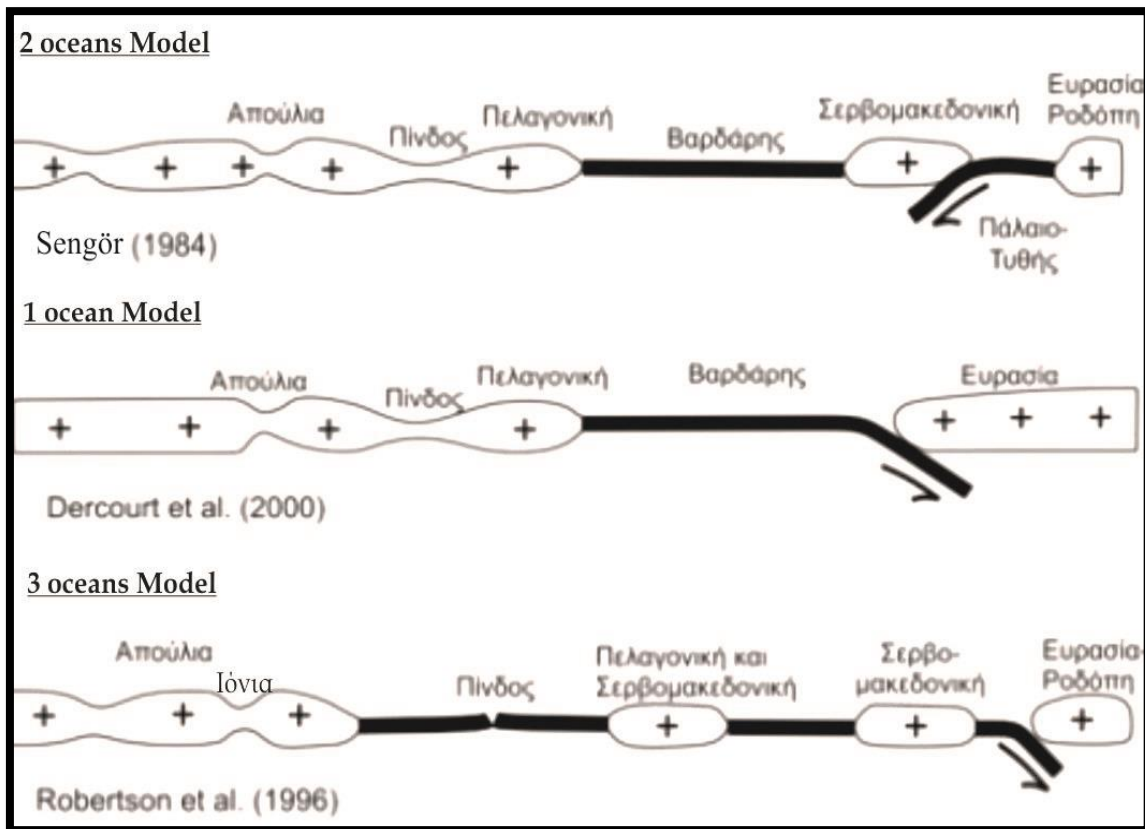
#### 3.1 Γεωδυναμικό Πλαίσιο

Είναι σχετικά δύσκολο να ξεχωρίσει κανείς τους παράγοντες που επιδρούν στην Ιόνια Ζώνη. Αρχικά, μοντέλα όπως αυτό των Robertson & Dixon (1984) αναφέρονταν σε μια εκτενή ωκεάνια λεκάνη, την Τηθύ, και την εξέλιξή της από το Παλαιοζωικό και έπειτα στο Τεταρτογενές. Κύριος παράγοντας είναι η βόρεια κίνηση από αποκολλημένο τμήμα της υπερηπειρού Γκοντβάννα. Στην ράχη της επαφής εκτείνονταν τοξοειδής ανυψωμένα τμήματα συσχετιζόμενα με την καταβύθιση στο περιθώριο της πλάκας της Ευρασίας. Ως αποτέλεσμα στα νότια της Τηθύς η παλαιογεωγραφία του Μεσοζωικού να εμφανίζει χαρακτηριστικά οφιολιθικά συμπλέγματα. Παράλληλα, οι Sengör et. al. (1984) παρατήρησαν μιας νότιας διεύθυνσης υποβύθιση στο Άνω Παλαιοζωικό της Τηθύς κάτω από το βόρειο περιθώριο της Γκοντβάννας ανοίγοντας μια λεκάνη οπισθοτόξου στο ηπειρωτικό κομμάτι που αποκολλήθηκε και κινήθηκε βόρεια ώσπου και συγκρούστηκε με το παθητικό περιθώριο της Ευρασίας. Στο τέλος του Τριαδικού το επιμέρους κλείσιμο της περιθωριακής λεκάνης ανανεώθηκε με την διάνοιξη της Νέο-Τηθύς.

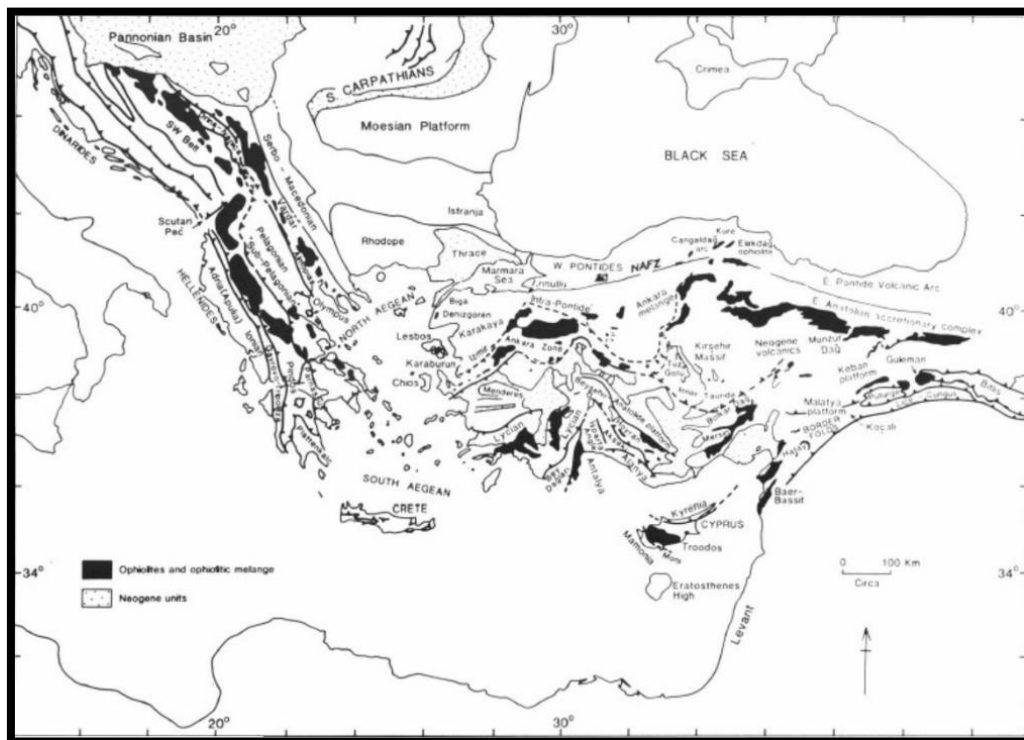
Υπό μια διαφορετική οπτική ο Dercourt (1986) τοποθέτησε τα οφιολιθικά συμπλέγματα ως μεσο-ωκεάνιες ράχες εσωτερικά της Νέο-Τηθύς (Τηθύς του Μεσοζωικού) και το 1993 συμπλήρωσε συστήνοντας την ιδέα ενός περίπλοκου παλαιογεωγραφικού φαινομένου. Συγκεκριμένα, ένα ηπειρωτικό “χέρι” του φλοιού στο Πέρμιο θεωρείται πως ταλαντεύονταν στο νότιο Αιγαίο την εποχή που ο ωκεανός της Πίνδου συνδέονταν με τις νεότερες λεκάνες διάνοιξης στα δυτικά.

Ο Robertson, επηρεαζόμενος από τα νέα δεδομένα, (1996) και βάση των θέσεων των οφιολιθικών συμπλεγμάτων τοποθετεί το ενεργό νότιο περιθώριο της Ευρασίας να κινείται βόρεια ως καταβύθιση καθόλο το Άνω Παλαιοζωικό με κάτω Τεταρτογενές. Απεναντίας, το περιθώριο της Γκοντβάννα είναι παθητικό μέχρις ότου να δράσουν έντονα φαινόμενα εφελκυσμού στα βόρεια τμήματα καθώς θραύσματα προσκολλιούνταν στην Ευρασία. Η Τηθύς παρέμεινε ανοικτή μέχρι και τις αρχές του Τεταρτογενούς όπου και τελικά έκλεισε έπειτα από διαχρονικές συγκρούσεις μικροπλακών αφήνοντας μόνο ένα υπόλειμμα της στην σημερινή ανατολική Μεσόγειο. (Εικ. 4)

Ωστε να γίνουν κατανοητές οι κινήσεις και οι δυνάμεις που λειτουργούν στην Κεντρική Μεσόγειο και κατ' επέκταση και στην Ιόνια Ζώνη συνδυάζουν την κινηματική της μικροπλάκας στην Αδριατική, την σύγκλιση της Αφρικανικής και Ευρασιατικής πλάκας καθώς και του συστήματος της Ανατόλιας με τα Βαλκάνια. Επίσης, επηρεάζεται το σύστημα παραγόντων από την επίδραση της δυτικής κίνησης και των τάσεων της Ανατόλιας και του Αιγαίου και την εκδήλωσή της μέσω της σύγχρονης σεισμογενετικής τεκτονικής στο ρήγμα της Ανατόλιας.



Εικόνα 4 Σχηματική απεικόνιση των μοντέλων για την γεωλογική ιστορία της περιοχής. Από πάνω προς τα κάτω τα μοντέλα των Sengör et. al. (1984) -2 ωκεανών-, των Dercourt et. al. (2000) -1 ωκεανού- και των Robertson et. al. (1996) -3 ωκεανών-.



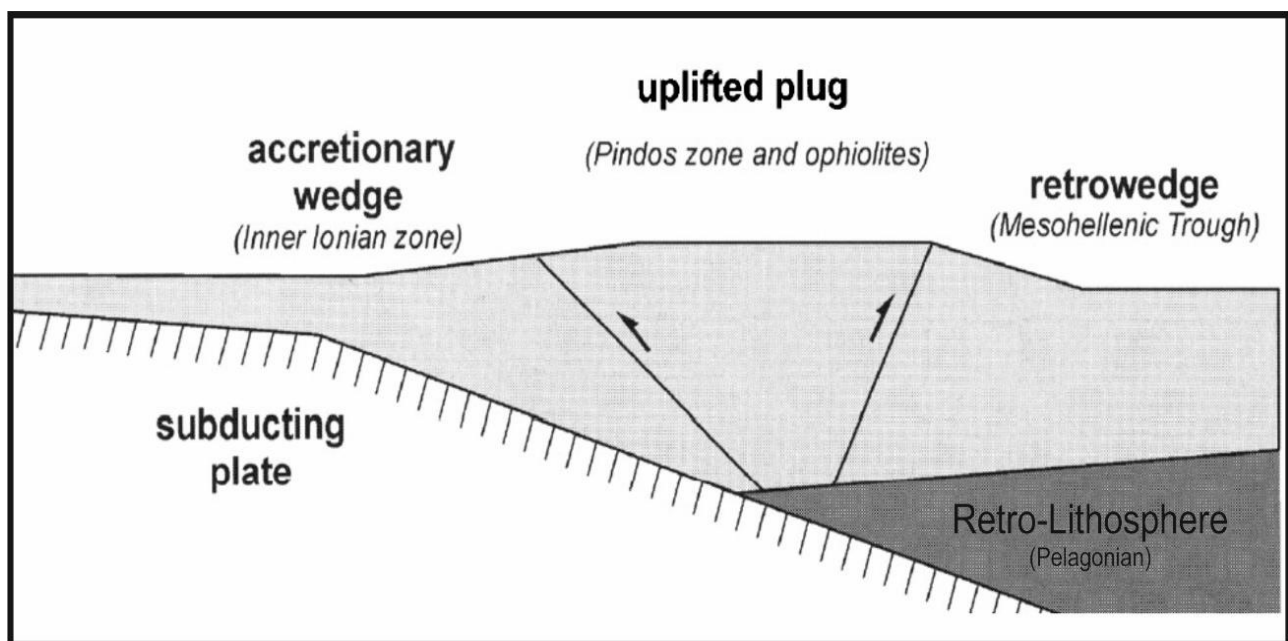
Εικόνα 5 Οι τεκτονικές δομές και τα οφιολιθικά συμπλέγματα στην ανατολική Μεσόγειο (Robertson et.al.,1996).

### 3.2 Νέο ορογενετικό μοντέλο των Εξωτερικών Ελληνίδων

Ο σχηματισμός, λοιπόν, των Ελληνίδων αποτελεί έναν περίπλοκο χώρο καταστροφής ωκεάνιου φλοιού. Με αυτόν τον τρόπο, στο Κατώτερο Τεταρτογενές καταστρέφεται ο ωκεανός της Πίνδου, υπόλειμμα της Νεο-Τηθύος, που επέφερε την σύγκρουση μεταξύ των μικροπλακών της Απούλιας και της Πελαγονικής. Τμήματα αυτού του ωκεανού εμφανίζονται στην ζώνη ραφής μεταξύ Εξωτερικών και Εσωτερικών Ελληνίδων, οφιόλιθοι Βούρινου και Πίνδου.

Το παθητικό ηπειρωτικό περιθώριο της Απούλιας χωρίζεται στο Άνω Ιουρασικό σε ισοπικές ζώνες, τις Εξωτερικές και Εσωτερικές Ελληνίδες. Σε αυτή την περίοδο, δύο ρηχές ανθρακικές πλατφόρμες, της Γαββρόβου και η Προ-Απούλια, διαχωρίστηκαν από την Ιόνια Ζώνη, μια βαθιά λεκάνη ιζηματογένεσης με εβαπορίτες, πυριτόλιθους και ασβεστόλιθους. Η ζώνη της Γαββρόβου σταδιακά μετέβαινε στις ακολουθίες μεγαλύτερου βάθους της Πίνδου. Αυτή η εναλλαγή μεταξύ φλοιών, ηπειρωτικού με ωκεάνιο, ήταν παθητική.

Η τεκτονική εξέλιξη ξεκίνησε μέσω της υποβύθισης των πρωτολίθων της Χαλαζιτικής-Φυλλιτικής σειράς και των ασβεστόλιθων Plattenkalk κάτω από την Γάββροβο. Ταυτόχρονα, ο ωκεάνιος φλοιός της Πίνδου υποβυθίζονταν της Πελαγονικής, αυτή η διεργασία μετέφερε τα πετρώματα της Πίνδου δυτικότερα σχηματίζοντας την ζώνη πτυχών και επωθήσεων από τα μεταφερόμενα ιζήματα. Στο μέσο Ηώκαινο, το μέτωπο της δυτικής μετανάστευσης η συμπίεση σχηματίζει αρχικά λεκάνη προχώρας στην οποία αποτίθενται υποθαλάσσια ριπίδια (φλύσχης). Στην συνέχεια μετατράπηκε σε οπισθοχώρας όπου και αποτέθηκαν περαιτέρω υποθαλάσσια ριπίδια (μολάσσα) (piggy-back).



Εικόνα 6 Σχηματική απεικόνιση του "doubly vergent model" του Doutsos για τις εξωτερικές Ελληνίδες (τροποποιημένη από Doutsos, 2006).



Στην έρευνά τους οι Doutsos et. al. (2006) σύστησαν ένα νέο ορογενετικό μοντέλο (Εικ. 6) όπου αποτελεί ουσιαστικά μια τροποποίηση του “doubly vergent model” των Willet et. al. (1993) για την περιοχή των Εξωτερικών Ελληνίδων. Αυτό το μοντέλο εμπεριέχει μια σφήνα στο εξωτερικό τμήμα μιας ζώνης υποβύθισης σε συνδυασμό με ένα ανυψωμένο μέλος και μια ακόμα σφήνα στο οπίσθιο μέλος της ζώνης. Αυτές οι δομές διαχωρίζονται από μεταβατικές ζώνες. Συγκεκριμένα για τις Εξωτερικές Ελληνίδες, η εξωτερική σφήνα είναι η εσωτερική Ιόνια Ζώνη, το ανυψωμένο μέλος η μάζα της Πίνδου και τα οφιολιθικά συμπλέγματα και η οπίσθια σφήνα δεν είναι άλλη από την ΜεσοΕλληνική αύλακα.

### 3.3 Στρωματογραφία της Ιόνιας Ζώνης

Η μεγάλη έκταση της Ιόνιας Ζώνης ευθύνεται για κάποιες διαφοροποιήσεις στις στρωματογραφίες των διάφορων περιοχών. Παρόλα αυτά, η κατανόηση ορισμένων χαρακτηριστικών θέσεων είναι ικανή να δώσει μια εικόνα για την στρωματογραφία που επικρατεί στην Ιόνια Ζώνη. Μια τέτοια θέση είναι και η γεώτρηση Ioannina 1, στην περιοχή των Ιωαννίνων, (Karakitsios,1995). Ο πυρήνας της γεώτρησης συνολικού πάχους 1330m αποτελείται από:

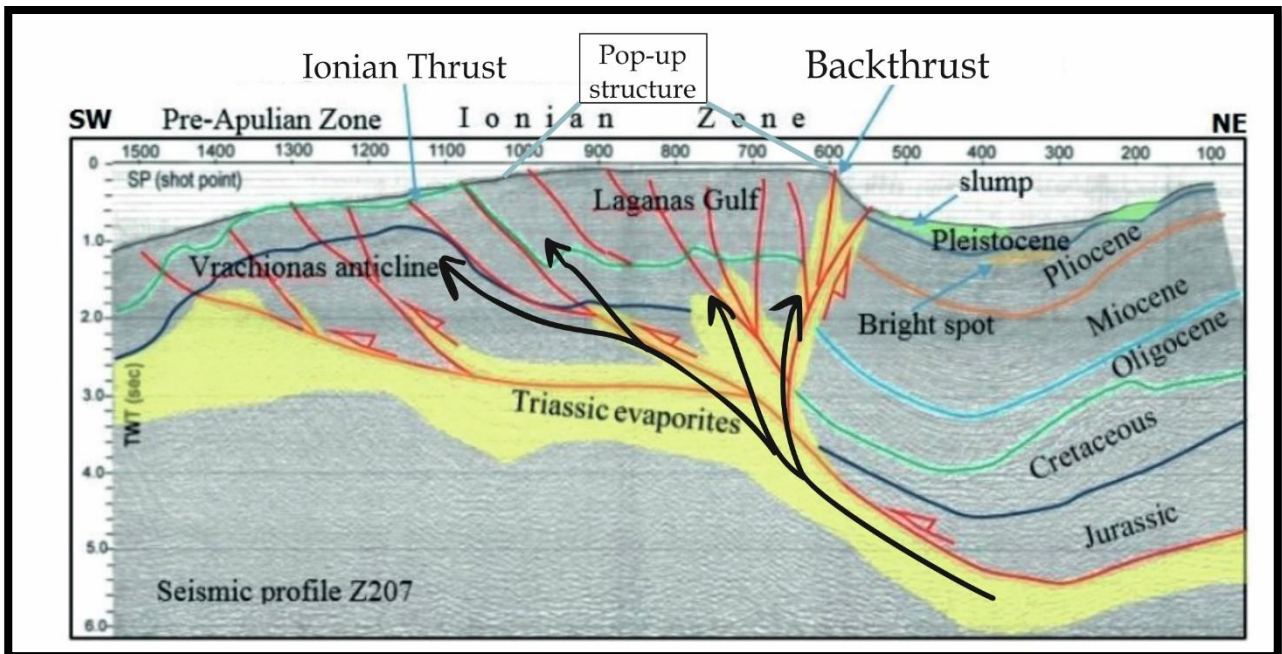
0-300m: Ιζήματα Τεταρτογενούς και Νεογενούς
300-610m: Ασβεστόλιθοι Βίγλας
610-1000m: Διαφοροποιημένα στρώματα με Ποσειδωνίες
1000-1150m: Κροκαλοπαγής ασβεστόλιθοι Σενωνίου
1150-1245m: Ασβεστόλιθοι Παντοκράτορα
1245 – 1330m: Κροκαλο-λάτυποπαγη του Τριαδικού

*Πίνακας 2 Η στρωματογραφία της Ιόνιας ζώνης όπως διέτρησε η γεώτρηση Ioannina-1 (στοιχεία από Karakitsios,1995).*

Η στρωματογραφία του συνόλου της περιοχής της Ιονίου Ζώνης θεωρούταν μέχρι πρόσφατα πως χωρίζεται σε τρεις επιμέρους ακολουθίες, με γνώμονα το εάν η ιζηματογένεση έγινε πριν την ταφρογένεση (Pre-rift), είναι σύγχρονη με την ταφρογένεση (syn-rift) ή ακολουθεί την ταφρογένεση (post-rift), δηλαδή της τεκτονικής διάνοιξης που συνέβη στην περιοχή.

Παρόλα αυτά νέα δεδομένα (Bourli et al., 2019) φαίνεται να αποκλίνουν από αυτή την αντίληψη και απορρίπτουν την ύπαρξη της post-rift ακολουθίας θεωρώντας πως δεν υφίστανται αλλά πρόκειται για σχηματισμούς επίσης syn-rift όπως οι υποκείμενοί τους. Διευρύνοντας έτσι τον χρόνο δράσης του τεκτονισμού στην λεκάνη έως και το Κατώτερο Ηώκαινο. Παρόλα αυτά, χωρίζεται σε τρεις αντίστοιχες επιμέρους τεκτονικές φάσεις. Δηλαδή, την pre-rift (Τριαδικό- κατώτερο Ιουρασικό) την

syn-rift (Μέσο Ιουρασικό με κάτω Ηώκαινο), όπου η Ιόνια λεκάνη διαιρείται σε μικρότερες λεκάνες με μια ασύμμετρη γεωμετρία και διαφορετικά πάχη ιζημάτων, και την μετάβαση τέλος στη φάση συμπίεσης (κατώτερο Ηώκαινο με μέσο Μειόκαινο) που επανερργοποίησε κανονικά ρήγματα ως επωθήσεις ή back-thrusts (Εικ. 7).



Εικόνα 7 Ερμηνευμένη σεισμική γραμμή παραλιακά της Ζακύνθου απεικονίζοντας κύριες δομές στο όριο μεταξύ της Ιόνιας και Προ-απούλιας ζώνης. Στο αριστερό τμήμα είναι η σημερινή θέση της επώθησης της Ιόνιας ζώνης ενώ στα δεξιά φαίνεται η παλιά θέση που τοποθετούνταν και τώρα θεωρείται ως ένα backthrust. Τέτοιες δομές ανάδυσης είναι ιδιαίτερα σημαντικές στην έρευνα δομών παγίδευσης (τροποποιημένη από Zelilidis, 2015).

**3.3.1 Pre-rift:** Το υπο-εβαποριτικό υπόβαθρο δεν έχει εντοπιστεί στην επιφάνεια ούτε και έχει ποτέ διαπεραστεί από γεωτρήσεις. Οπότε, στους εβαπορίτες υπέρκεινται οι ασβεστόλιθοι Φουσταπήδημα του μέσου με ανώτερου Τριαδικού και οι ασβεστόλιθοι του Παντοκράτορα.

**3.3.2 Syn-rift:** Η γενική βύθιση της περιοχής σχημάτισε την Ιόνια λεκάνη, η οποία βάση της διαφοροποίησης των δομών της μετατράπηκε σε μικρότερα παλαιογεωγραφικά μέλη γεωμετρίας ημιτάφρου. Η απόθεση των ιζημάτων ελέγχονταν από τις δομές που δημιουργήθηκαν ταυτόχρονα του εφελκυσμού υπεύθυνου για την διάνοιξη της Νεο-Τηθύος και της αλλοκίνησης των εβαποριτών. Διαφορετικοί ερευνητές τοποθετούν τους ασβεστόλιθους είτε να αποτίθενται διαχρονικά μετά το Κάτω Κρητιδικό (Karakitsios & Koletti, 1992) είτε αποτίθενται αποσπασματικά από το ανώτερο Ιουρασικό έως το κατώτερο Κρητιδικό με μια σημαντική παύση μεταξύ των Άνω στρωμάτων με Ποσειδωνίες και τους ασβεστόλιθους Βίγλας (Danelian, 1997). Υπερκείμενοι τους είναι οι αποτελούμενοι από θραύσματα ασβεστόλιθοι του Σενωνίου.

Από ορυκτολογικά στοιχεία σε φακούς πυριτόλιθων στις περιοχές του Αράξου (βόρεια Πελοπόννησος) και του Καστού (νησί στα Ιόνια Νησιά) έδειξαν ότι η προέλευση του κλαστικού υλικού μπορεί να διαφέρει στην Ιόνια λεκάνη από τοποθεσία σε τοποθεσία. Συγκεκριμένα, τα δείγματα σε πυριτόλιθους του άνω Κρητιδικού του Καστού (εξωτερική Ιόνια λεκάνη) έδειξαν υψηλότερες περιεκτικότητες σε ασβεστίτη από ότι στα δείγματα του Αράξου (εσωτερική Ιόνια λεκάνη) δείχνοντας ότι μέρος του υλικού που αποτέθηκε στον Καστό προήλθαν από την πλατφόρμα της Απούλιας ενώ του Αράξου από του Γαββρόβου (Bourli et. al., 2019b). Νωρίτερα, οι Bourli et. al. (2019a) θεώρησαν ότι το υλικό μέσα στις τάφρους της Ιόνιας λεκάνης και ειδικότερα στα ιζήματα του ανωτέρου Κρητιδικού ίσως προέρχονταν από τις εσωτερικές αναδύσεις στην Ιόνια ζώνη (Εικ. 8).

Απόρροια των ερευνών των Karakitsios (1995) αλλά και Georgoulas (2019) είναι πως οι ασβεστόλιθοι Φουσταπήδημα σηματοδοτούν το τέλος των συνθηκών όπου ευνοούσαν την απόθεση θειούχων σχηματισμών στην περιοχή της Ιονίου Ζώνης, παρόλο που στην Προ-Απούλια η απόθεσή εβαποριτών συνεχίστηκε μέχρι και το κατώτερο Ιουρασικό. Στην συνέχεια το περιβάλλον ρηχάινει κατά την απόθεση των ασβεστόλιθων του Παντοκράτορα. Η κατάσταση είναι πολύ διαφορετική στα βαθιά περιβάλλοντα των ασβεστόλιθων της Βίγλας και στην εσωτερική παραμόρφωση που μαρτυρούν οι κροκαλο-λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι του Σενωνίου. Η επαφή μεταξύ των ασβεστόλιθων της Βίγλας και του Σενωνίου ευθύνεται στην δράση πλαγίων ρηγματίων καθορίζοντας και τον τρόπο εμφάνισής του σε διαφορετικές περιοχές (βλέπε Ioannina 1).

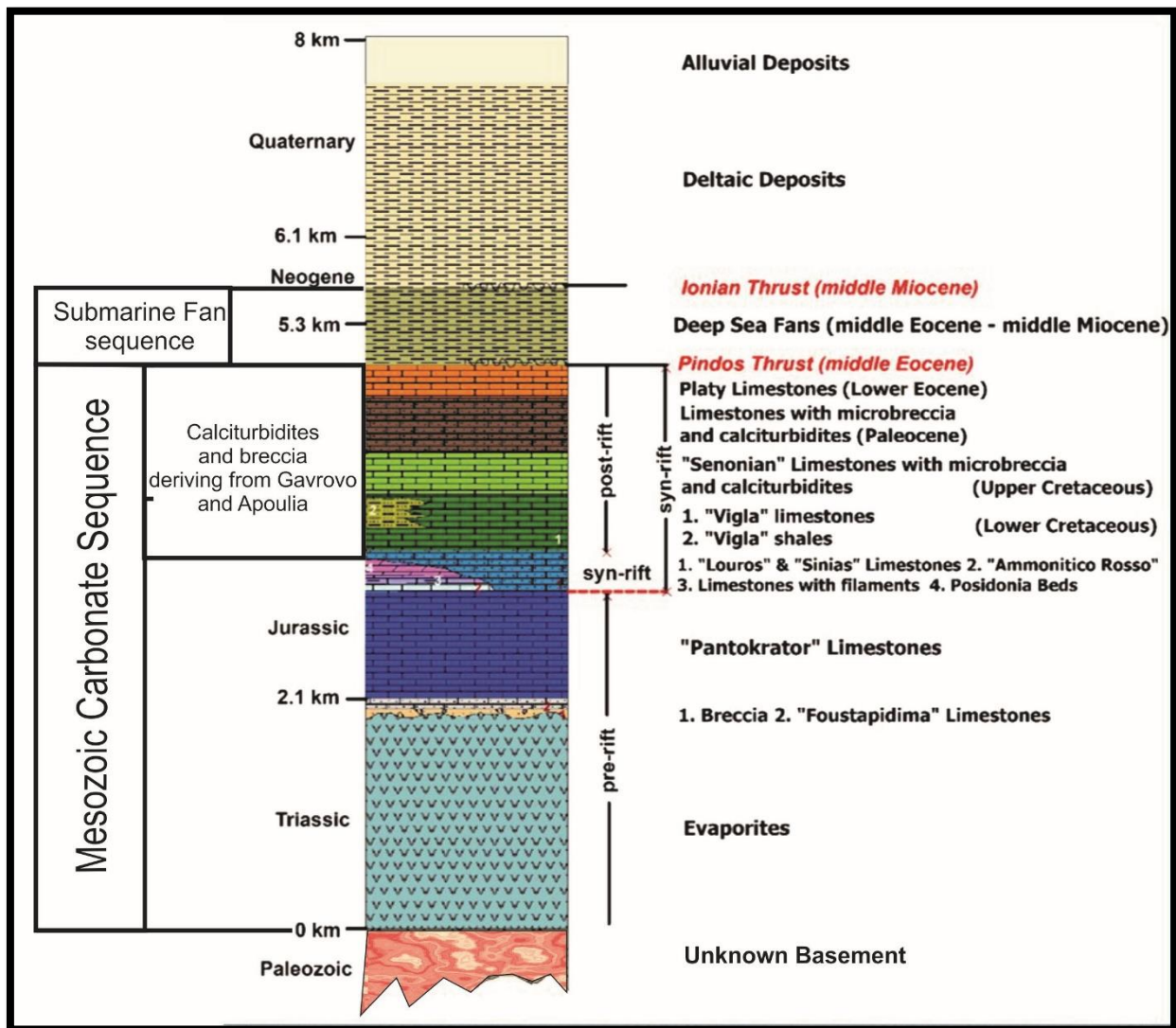
Η παραπάνω Μεσοζωική ακολουθία των ανθρακικών στην Ιόνια λεκάνη κλείνει στο ανώτερο Παλαιόκαινο σε μια ακολουθία υποθαλάσσιας απόθεσης τύπου βεντάλιας που συγκεντρώθηκε από το άνω Ηώκαινο έως το κάτω Μειόκαινο. Προκλήθηκε από την κίνηση της επώθησης της Πίνδου και την ανάδυση του ορογενούς των Ελληνίδων (Εικ. 8).

Στην περιοχή της Ιόνιας λεκάνης στην βορειοδυτική Ελλάδα (Ηπειρος) ο επικρατέστερος παράγοντας είναι η συμπίεση ενώ επίσης επηρεάζει αρκετά ένα αριστερόστροφο πλάγιο ρήγμα διεύθυνσης N275°E (King, 1993). Η εφαρμογή των πλακών μεταξύ τους αλλά και οι γωνιακές περιστροφές που παρατήρησε ο King πρότεινε πως οφείλονταν στην σύνδεση του κόλπου της Άρτας με ένα τριπλό σημείο διασταύρωσης.

### **3.4 Εξέλιξη της λεκάνης**

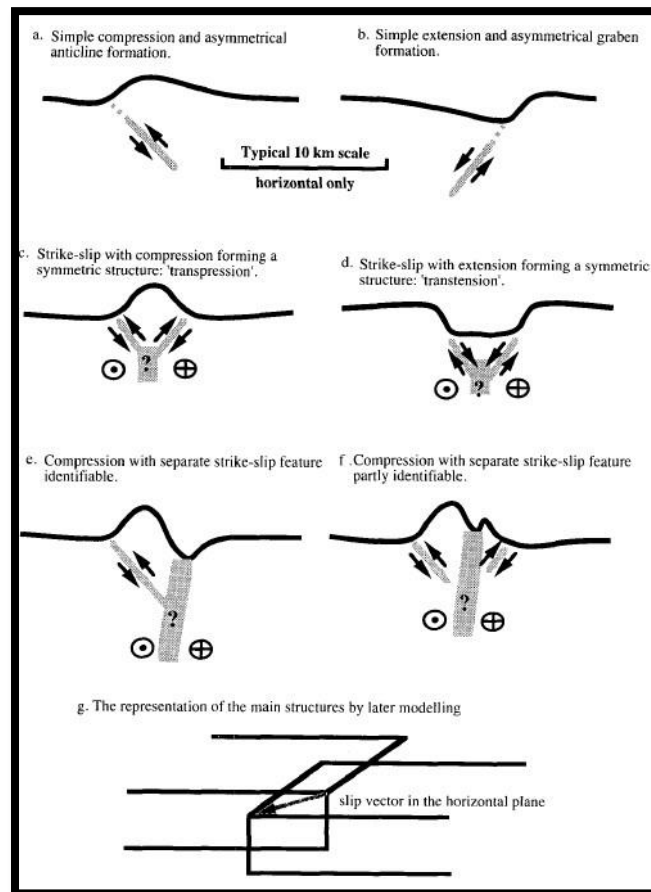
Έπειτα από το κλείσιμο της Νέο-Τηθύος και τον σχηματισμό της ζώνης των πτυχών και επωθήσεων η συμπίεση είναι κάθετη της δυτικά της Πίνδου περιοχής και συνδέεται με τα φαινόμενα πτύχωσης της περιοχής. Άλλοι τεκτονικοί παράγοντες δευτερεύουσας σημασίας είναι τάφροι (βύθιση) και κέρατα (ανάδυση) σε συνδυασμό με τα πλάγια ρήγματα αλλά και φαινόμενα συνδεδεμένα με τα

περιθώρια των πλακών. Όλη η περιοχή αποτελείται κυρίως από μια σειρά καλυμμάτων ενώ οι κύριες δομές παραμόρφωσης είναι τα αντίκλινα και τα σύγκλινα (Εικ. 9). Έρευνες βάσει της μικροσεισμικότητας της περιοχής δείχνουν ταυτόχρονα την επίδραση της συμπίεσης και δεξιόστροφων πλάγιων ρηγμάτων (Hatzfeld,1995) και μια αλλαγή στην τάση και στην οριζόντια και στην κάθετη κατεύθυνση. Με αυτό τον τρόπο προκύπτει ένα πλαίσιο πλαγιοανάστροφων τάσεων ιδιαίτερα από τις πλαγιοκανονικές τάσεις στα ανατολικά σε πλαγιοανάστροφες στα δυτικά (Tselentis,2006).



Εικόνα 8 Συνθετική λιθοστρωματογραφική στήλη της Ιόνιας Ζώνης (τροποποιημένη από Bourli et. al.,2019).

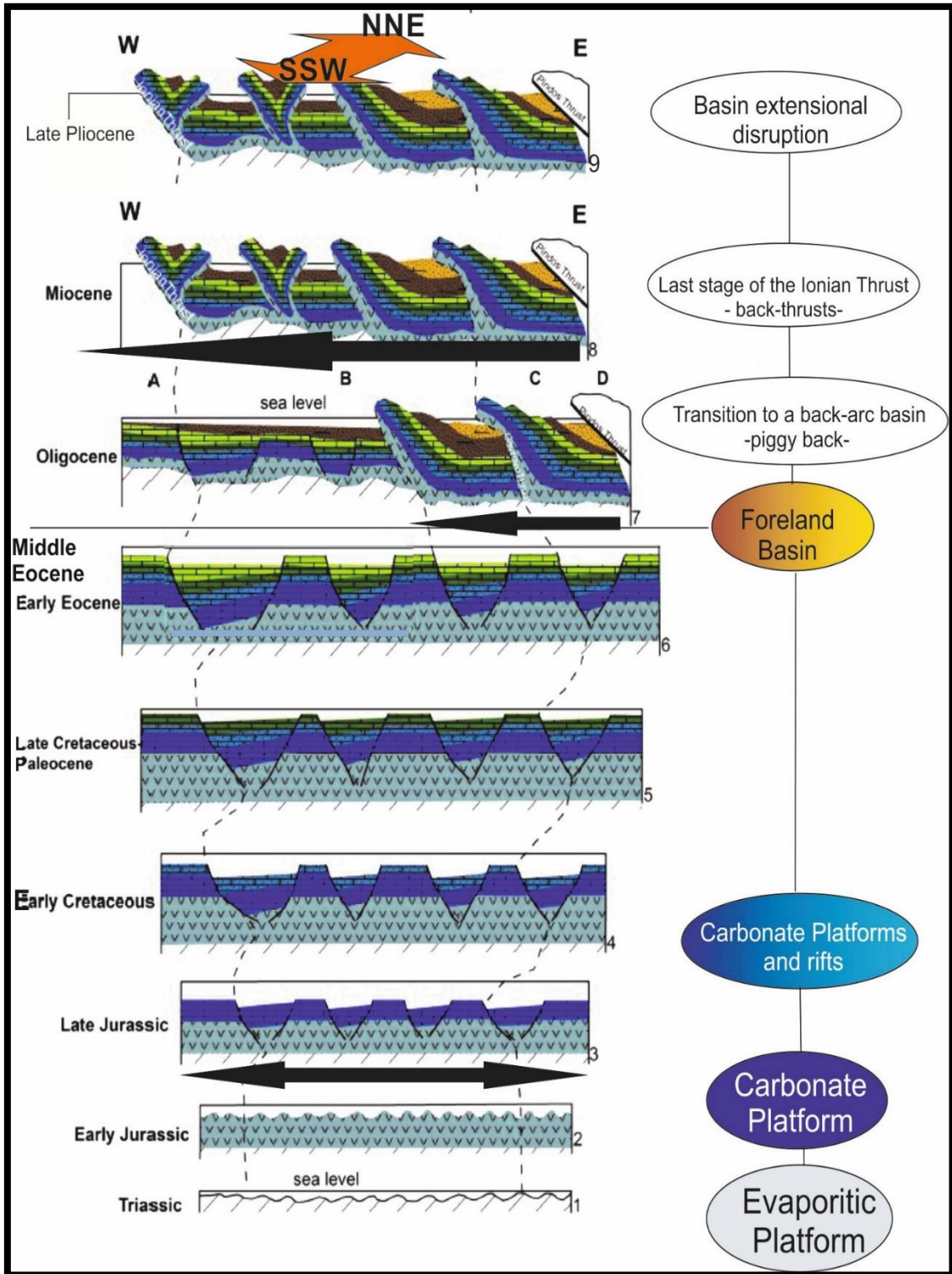
Οι δράσεις και οι μεταβολές του τεκτονικού πλαισίου γίνονται ιδιαίτερα αντιληπτές μέσα από την εξέλιξη της Ιόνιας λεκάνης και τις δομές που σχηματίζονται. Βάση αυτών, μπορεί η εξέλιξη της λεκάνης να χωριστεί σε τρία στάδια (Clews et. al.,1989) που περιγράφουν την δημιουργία και την διακοπή μιας λεκάνης προχώρας.



Εικόνα 9 Κύριες δομές που εμφανίζονται στην Ήπειρο και οι τεκτονικές δράσεις που ευθύνονται για τον σχηματισμό τους (από Doutsos, 2006).

Αρχικά, επικρατεί ο σχηματισμός της λεκάνης προχώρας από το μέσο Ηώκαινο έως τις αρχές του Μειοκαίνου. Η παραμόρφωση που ευθύνεται στην δυτική μετανάστευση των Ελληνίδων κατά το άνω Ηώκαινο και κάτω Ολιγόκαινο με το επωθητικό κάλυμμα να προκαλεί υποβάθμιση της λιθόσφαιρας. Ως αποτέλεσμα του σχηματισμού του πόδα της λεκάνης στα δυτικά και παράλληλης διάταξης της οροσειράς της Πίνδου η οποία την τροφοδότησε μέσω τουρβιδιτικών ρευμάτων. Καθώς, η παραμόρφωση συνέχιζε και σταδιακά μετανάστευε δυτικότερα της λεκάνης προκαλώντας εσωτερικά της λεκάνης υβώματα. Αυτό το στάδιο θα τελειώσει με την ενεργοποίηση της επώθησης του Καλαμιτσίου και της επερχόμενης ανάδυσης στο κατώτερο Μειόκαινο. Λόγω της συνεχούς βύθισης που προκαλεί η φόρτιση από ιζήματα μέσω της επώθησης αναπτύσσεται μια λεκάνη οροφής της επώθησης πίσω από το μέτωπο της παραμόρφωσης. Κατά το μέσο και άνω Μειόκαινο η παραμόρφωση παρέμεινε εσωτερικά της Ιόνιας ζώνης άρα είχε κινηθεί αντίθετα της μέχρι τώρα κίνησης (back-thrusts). Στην λεκάνη στην συνέχεια θα επιδράσουν τεκτονικές κινήσεις στο άνω Πλειόκαινο και Τεταρτογενές περαιτέρω παρεκκλίνοντας το μοντέλο της λεκάνης από αυτό μιας απλής λεκάνης προχώρας. Αυτή η διατάραξη της λεκάνης θα χωριστεί σε δύο συστήματα. Πρώτα, στον Β-Ν εφελκυσμό πίσω από το ελληνικό τόξο που προκάλεσε την διάνοιξη ΔΒΔ και ΑΒΑ

λεκανών που συνδέονται με βορειοανατολικά ρήγματα. Η πλαγιοκανονική φύση του εφελκυσμού που έδρασε ως ζώνες μετάβασης για τις τάσεις συνέβαλλε στην ανάπτυξη των επιμηκυμένων λεκανών (Εικ. 10).



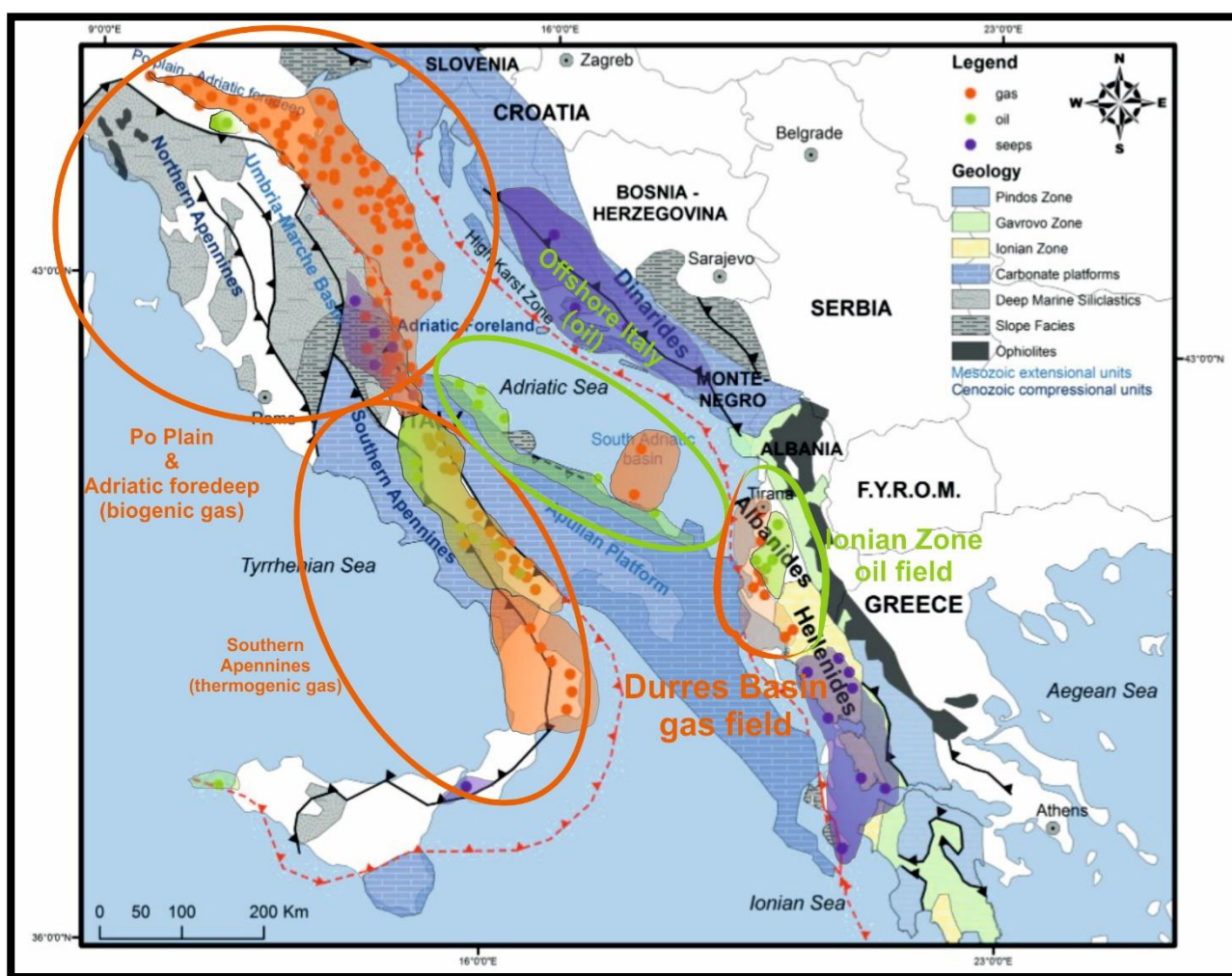
Εικόνα 10 Η εξέλιξη της λεκάνης της Ιόνιας ζώνης χρησιμοποιώντας στοιχεία από Bourli et. al, (2019) και Clews et. al., (1989) (τροποποιημένη από Bourli et.al., 2019).

## 4. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ

### 4.1 Πετρελαϊκά συστήματα της Αδριατικής

Η Μεσόγειος θάλασσας με τις καινούργιες ανακαλύψεις κοιτασμάτων έχει αναγεννήσει το ενδιαφέρον για την περιοχή έπειτα από την σταδιακή της υποβάθμιση στην παγκόσμια σκακιέρα από την εποχή της Οθωμανικής αυτοκρατορίας μέχρι και σήμερα. Η περιοχή της Αδριατικής φαίνεται να παρουσιάζει ενδιαφέρον φιλοξενώντας κάποια παραγωγικά πετρελαϊκά πεδία σε λειτουργία σήμερα (Εικ. 11). Η καλύτερη τοποθεσία όσων αφορά αποθέματα υδρογονανθράκων στην νότια και ανατολική Ευρώπη είναι η Ιταλία με παραγωγή σε πετρέλαιο της τάξης των 1840 εκατομμυρίων βαρελιών και 30 τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια φυσικού αερίου. Στην ευρύτερη περιοχή συναντώνται πέντε κύρια μητρικά πετρώματα από το κατώτερο Μεσοζωικό έως και το Πλειστόκαινο εκ των οποίων τρία είναι κυρίως πετρελαϊκά. Το κύριο μητρικό μεταξύ τους είναι οι σχιστολιθικοί ασβεστόλιθοι που αποτέθηκαν σε ανοξικές συνθήκες σε ενδο-πλατφορμικές λεκάνες κατά το κύριο γεγονός εφελκυσμού από άνω Τριαδικό έως κάτω Ιουρασικό. Πιθανότατα, επεκτείνεται ανατολικά προς τα κροατικά εδάφη και εμφανίσεις συσχετίζονται με ανθρακικούς ταμιευτήρες από την πεδιάδα του Ρο έως και την Σικελία. Η μετακίνηση αυτή γίνεται εμφανής στα αποθέματα που παρουσιάζει η Κροατία μεταξύ της πεδιάδας του Ρο και της λεκάνης προχώρας της Αδριατικής μόνο που στην συγκεκριμένη τοποθεσία οι ταμιευτήρες είναι μη συνεκτικοί ή φτωχά συνεκτικοποιημένοι ψαμμίτες. Για την γένεση φυσικού αερίου μητρικά αποτέθηκαν σε λεκάνες προχώρας που σχηματίστηκαν κατά την διάρκεια της ορογένεσης του Νεογενούς ενώ θερμογενές αέριο γεννάται σε περιοχές προχώρας από το Ολιγόκαινο στο Μειόκαινο στις ακτές της Ιταλίας και ταμιευτήρες που φιλοξενούν τους παραγόμενους υδρογονάνθρακες βρίσκονται κατά μήκος του βόρειου περιθωρίου των Απέννινων όρων, στην Καλαβρία και την Σικελία. Υποκείμενα των παραπάνω είναι τα μητρικά βιογενούς φυσικού αερίου που αποτελούν το Πλειο-Πλειστοκαινικό τμήμα της ακολουθίας της πεδιάδας του Ρο και της λεκάνης προχώρας της Αδριατικής. Εξίσου σημαντικό για το θέμα μελέτης είναι τα πεδία που εμφανίζονται στην Αλβανία και παράγουν πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Συγκεκριμένα, στο Ratos-Marinza 11.850 βαρέλια την ημέρα και στο Κιζονα 400 βαρέλια ημερησίως ενώ έχουν βρεθεί επίσης στο Durrës κοιτάσματα πετρελαίου (1960 εκ. βαρέλια) και φυσικού αερίου ( $958 \cdot 10^9$  κυβικά πόδια). Υπάρχουν δύο κύριες δομές που φιλοξενούν εκμεταλλεύσιμες συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων. (1) Στα Μεσοζωικά και Παλαιογενή πετρώματα της Ιόνιας ζώνης όπου πρόκειται κυρίως για πετρελαϊκά πεδία. Εμφανίζονται κατά μήκος της γενικής διεύθυνσης της ευθείας Vlorë-Elbasan παράπλευρα του νοτιοανατολικού περιθωρίου της λεκάνης του Durrës. Οι ορίζοντες των μητρικών είναι *Ασβεστόλιθοι και σχίστες του Τριαδικού με Λιάσιο, Σχίστες του Μέσου και Ανώτερου Ιουρασικού και ασβεστόλιθοι Κρητιδικού*, οι ταμιευτήρες είναι *Ασβεστόλιθοι του Ηωκαίνου* με αρχικό πορώδες <10% που βελτιώθηκε έπειτα από θραυσιγενή παραμόρφωση λόγω των τεκτονικών

δυνάμεων. Το κάλυμμα που προστατεύει της πετρελαϊκές εμφανίσεις είναι οι Τριαδικοί εβαπορίτες ενώ για το φυσικό αέριο συναντώνται οι σχίστες του Ολιγοκαίνου. Το γενικό μοντέλο που επικρατεί για την κατασκευή των παγίδων βασίζεται στην κίνηση των πλάγιων ρηγμάτων κοντά σε επωθήσεις και πτυχώσεις όπου μπορεί να προκαλέσει ανάδυση των οποίων η κορυφή μπορεί να λειτουργήσει ως παγίδα. (2) Στην λεκάνη του Durres που σχηματίστηκε κατά το Νεογενές και φιλοξενεί κυρίως φυσικό αέριο. Μητρικά αποτελούν οι σχίστες του Τορτονίου, ταμιευτήρες οι ψαμμίτες του Τορτονίου και Μεσσηνίου και καλύπτονται από τους εβαπορίτες του Μεσσηνίου ή σε κάποιες περιπτώσεις από βαρεά κλάσματα πετρελαίου. Σε όλα τα πεδία της Αλβανίας η παραγωγή γίνεται από δομικές παγίδες στις οροφές επωθήσεων.



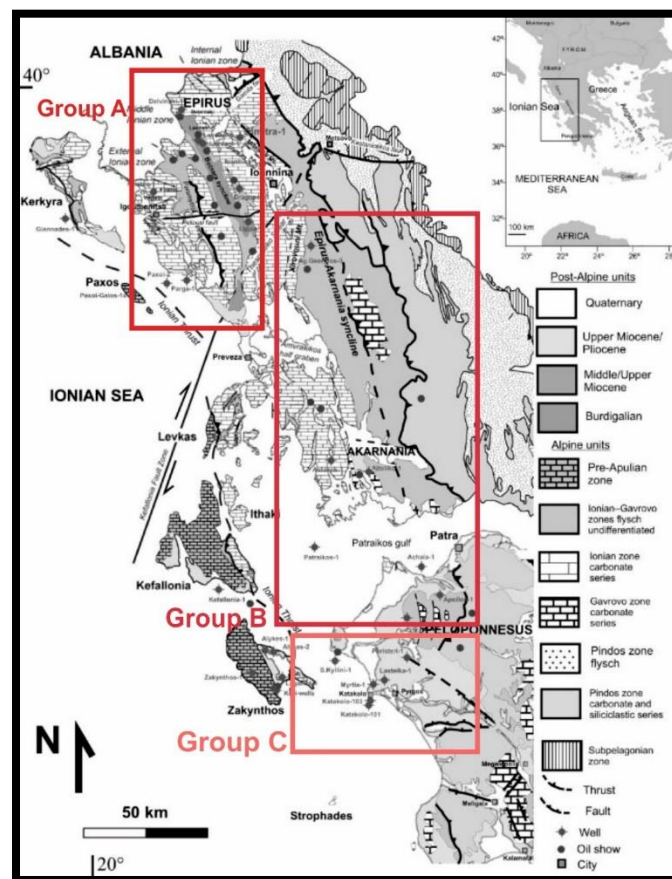
Εικόνα 11 Γενικός γεωλογικός χάρτης της περιοχής της Αδριατικής με σημειωμένες τις ενδείξεις από συγκεντρώσεις πετρελαίου, φυσικού αερίου και επιφανειακές εμφανίσεις (τροποποιημένη από Zelilidis et al., 2015).

#### 4.2 Επιφανειακές εμφανίσεις πετρελαίου

Ως επιφανειακή θεωρείται η εμφάνιση υγρού ή στερεού (βαρεά κλάσματα) πετρελαίου στην επιφάνεια. Είναι συνδεδεμένες με πιθανούς ταμιευτήρες στην εκάστοτε περιοχή μαρτυρώντας γένεση και μετανάστευση πετρελαίου. Χωρίζονται στις (1) ενεργές εμφανίσεις όπου και η παροχή



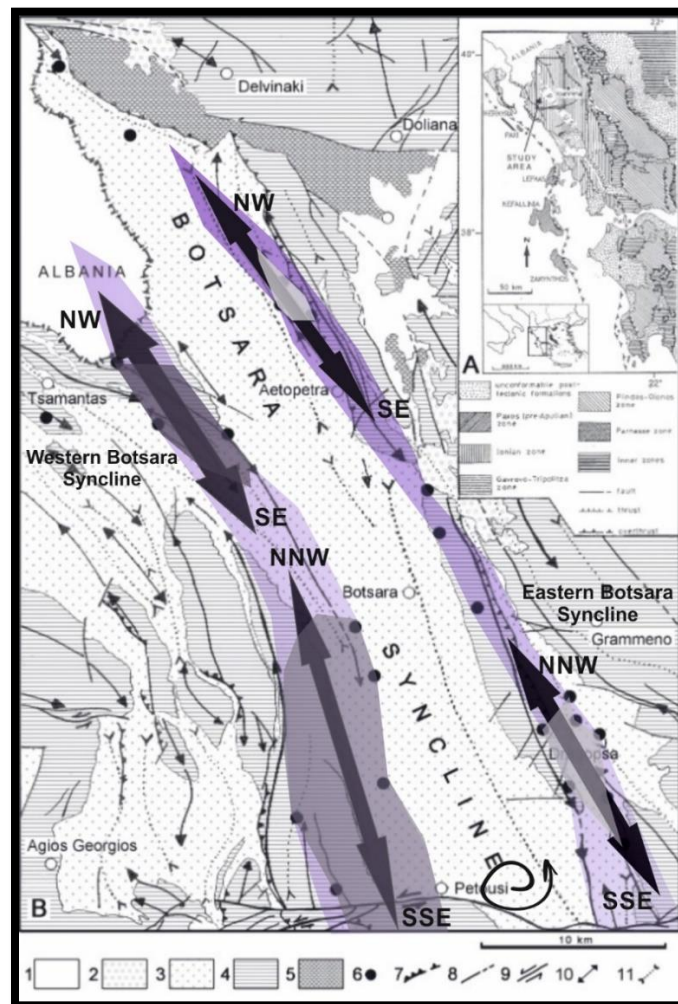
υδρογονανθράκων είναι συνεχής και τις (2) ανενεργές εμφανίσεις όπου το πετρέλαιο έχει εξαλλοιωθεί, οξειδωθεί και έχει δεχτεί βιοεπεξεργασία. Στην περίπτωση που η επεξεργασία και αλλοίωση το οργανικού υλικού συνεχιστεί θα εμφανίζεται ως πίσσα (όπως στις πηγές του Ηρόδοτου στην Ζάκυνθο) και θα συμπληρώνει κενά σε τεκτονικές ζώνες (ρήγματα) και στους πόρους πετρωμάτων. Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσής τους με την πορεία μεταφοράς των υδρογονανθράκων και την δράση της κυκλοφορίας του νερού μπορούν να είναι αποτέλεσμα είτε πρωτογενούς είτε δευτερογενούς μετανάστευσης (Rigakis, 2007). Στην περιοχή της Αλβανίας οι εμφανίσεις περιορίζονται στις αντικλινικές δομές των πετρωμάτων του Μεσοζωικού της Ιόνιας ζώνης συνδεδεμένες κυρίως με πετρελαϊκά πεδία και στην λεκάνη του Δυρραχίου (Durrës) του Νεογενούς όπου εμφανίζονται πεδία φυσικού αερίου.



Εικόνα 12 Γενικός γεωλογικός χάρτης δυτικής και βορειοδυτικής Ελλάδας με σημειωμένες τις επιφανειακές πετρελαϊκές εμφανίσεις και εμφανίσεις φυσικού αερίου και γεωτρήσεις στην περιοχή χωρισμένες ανάλογα με τον τύπο πετρελαίων που συναντιόνται στην περιοχής (Group A,B,C) (τροποποιημένη από Marnelis et. al., 2007).

Ομοίως οι επιφανειακές εμφανίσεις πετρελαίου στα βορειοδυτικά του ελλαδικού χώρου βρίσκονται μέσα στην Ιόνια ζώνη με την πλειοψηφία αυτών να συγκεντρώνονται στα ανατολικά του σύγκλινου του Βοτσαρά (Εικ. 13). Τα πετρέλαια του ελλαδικού χώρου, γενικότερα, με βάση ανθρακικά ισότοπα και αναλογίες χαρακτηριστικών βιοδεικτών χωρίζονται σε τρεις επιμέρους ομάδες. Ως Α-ομάδα

θεωρούνται αυτές της περιοχής της Ηπείρου σε αντίθετα με τις εμφανίσεις της Αιτωλοακαρνανίας και της Πελοποννήσου που ανήκουν στη Β-ομάδα εμπεριέχοντας επίσης τα πετρέλαια που παρατηρήθηκαν στο Κατάκολο και στα λουτρά της Κυλλήνης. Τέλος, την Γ-ομάδα συμπληρώνουν οι πετρελαϊκές εμφανίσεις νότια του Κατάκολου στο Αιτωλικό και στον Τρυφώ (Εικ. 12). Η Α-ομάδα διαιρείται περαιτέρω όταν ληφθεί υπόψη η αναλογία μεταξύ (C<sub>19</sub>H<sub>40</sub>) πριστάνιο /φυτάνιο (C<sub>20</sub>H<sub>42</sub>) και C<sub>30</sub>/C<sub>29</sub> ααα 20R στεράνιο στην Α1 και Α2 υποομάδα. Η πρώτη εμφανίζει υψηλό ποσοστό από C<sub>19</sub> και C<sub>20</sub> τρίκυκλου steranes σε αντίθεση με τα χαμηλά ποσά της δεύτερης, Από αυτό φαίνεται πως τα πετρέλαια στην Α-ομάδα ενδέχεται να είναι χαμηλής ωριμότητας (Α1) που γεννηθήκανε πριν από την κύρια φάση του πετρελαϊκού παραθύρου και αυτά που είναι συγκριτικά κάπως πιο ώριμα (Α2) και παράχθηκαν μετά την έναρξη της γένεσης του πετρελαίου.



Εικόνα 13 Κύριος χάρτης των δομών και των πετρελαϊκών εμφανίσεων της Βορειοδυτικής Ηπείρου. Χρωματισμένες φαίνονται οι περιοχές που έχουν εμφανίσει υδρογονάνθρακες ή φαίνεται να ανήκουν στο αντίστοιχο πετρελαϊκό σύστημα ενώ σημειώνεται και η δράση του πλάγιου ρήγματος στο νότιο κομμάτι. 1: Τεταρτογενή, 2: ηπειρωτικά Νεογενή, 3: Φλύσχης, 4: Ακολουθία του Ηωκαίνου, 5: Εβαποριτικά λατοποπαγή κατάρρευσης, 6: Επιφανειακό πετρέλαιο, 7: Επόθεση, 8: Κανονικό ρήγμα, 9: Πλάγιο ρήγμα, 10: Αντίκλινο, 11: Σύγκλινο (τροποποιημένη από Karakitsios et al., 1995).

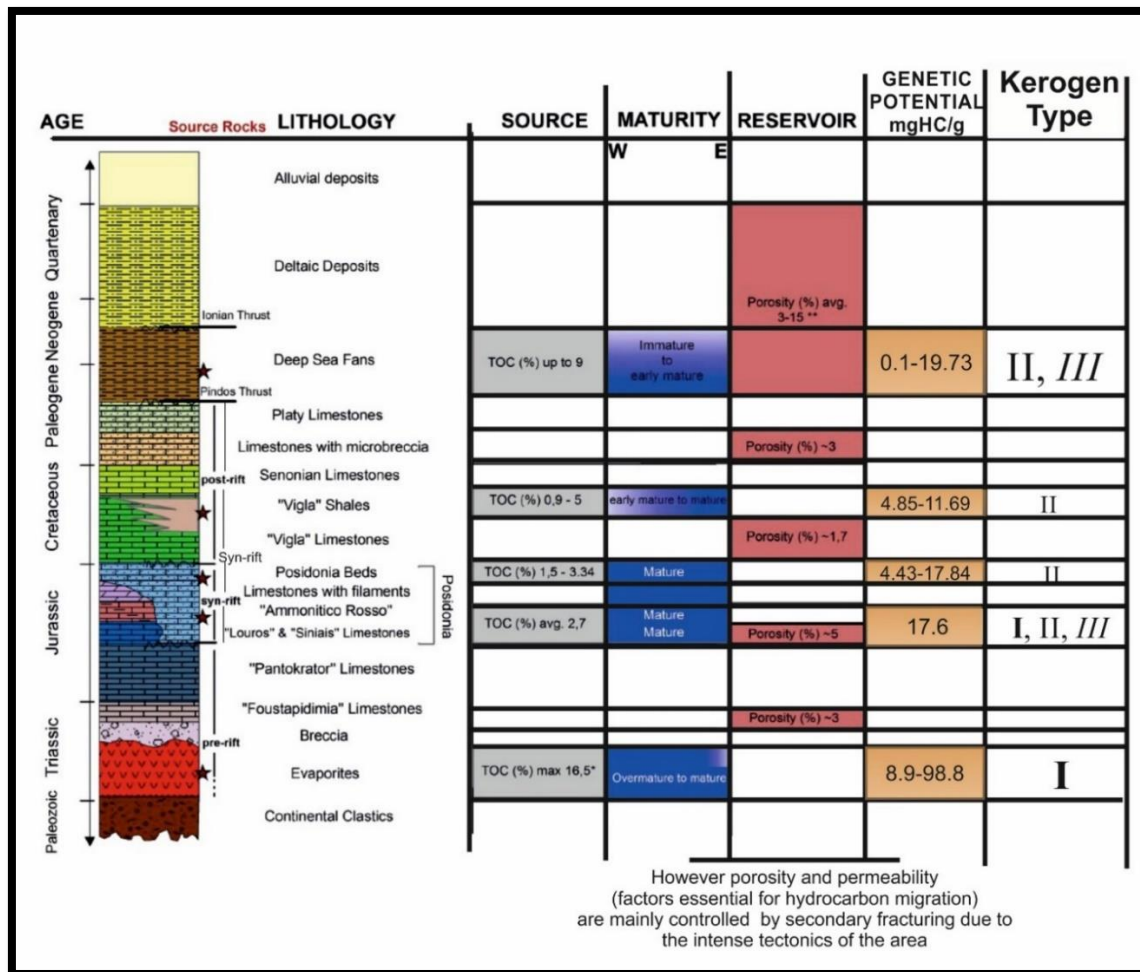
### 4.3 Το πετρελαϊκό σύστημα στην Βορειοδυτική Ελλάδα

Στον ελλαδικό χώρο υπάρχουν τρεις κύριες δομές που εμφανίζουν ενδιαφέρον στην έρευνα υδρογονανθράκων. Αυτές είναι (i) Τα πετρώματα της Ιόνιας και Προ-Απούλιας ζώνης από το Τριαδικό έως το Ηώκαινο, (ii) Οι αποθέσεις (φλύσχης) στην λεκάνη προχώρας της Πίνδου και (iii) Οι αποθέσεις της λεκάνης της Πρέβεζας κατά το Νεογενές.

Πιο καλά μελετημένα είναι τα πετρώματα του Μεσοζωικού κυρίως λόγω της ομοιότητας τους με τις πιο βόρειες εμφανίσεις αντίστοιχών τους στην Αλβανία. Για πιθανές συνθήκες γένεσης υδρογονανθράκων έχουν αναγνωριστεί πέντε σχηματισμοί που μπορούν να προβούν στην ωρίμανση του οργανικού υλικού. Ξεκινώντας με τους πλούσιους σε οργανικά αργιλικούς σχίστες που παρεμβάλλονται ανάμεσα στα τελματικά του Τριαδικού στην ακολουθία των εβαποριτών. Αγνώστου πάχους εμφανίσεις αποτέθηκαν από το κάτω έως το μέσο Τριαδικό περιέχουν Type I κηρογόνο με επίπεδα TOC: 1.25-16.12% και ικανότητα παραγωγής από 8.9 – 98.8 mgHC/g. Μάργες που υπόκεινται του Αμμωνίτικου Ρόσου στο κάτω Ιουρασικό με κηρογόνο Type I με III και TOC: 3.46-4.07% και ικανότητα παραγωγής της τάξης των 17.6 mgHC/g ιδιαίτερα σε πετρελαϊκά πεδία. Ακολουθούν τα χαμηλότερα στρώματα με Ποσειδωνίες που ίσως αποτελούν τα πιο ελπιδοφόρα μητρικά παρουσιάζοντας κηρογόνο Type II με TOC: 1.10-3.02% και γενετική ικανότητα από 4.43 – 17.84 mgHC/g και μαζί με τα ανώτερα στρώματα με Ποσειδωνίες αποτελούν τα διαφοροποιημένα στρώματα με Ποσειδωνίες. Τα δεύτερα έχουν κηρογόνο επίσης Type II με TOC: 2.51-3.47% και σχετικά υψηλή γενετική ικανότητα. Τέλος και ως το Κενομάνιο, αποτίθενται οι σχίστες της Βίγλας οι οποίου αποτελούνται από Type II κηρογόνο και TOC: 0.94-2.54% και γενετική ικανότητα 4.85-11.69 mgHC/g. Ένα εξίσου σημαντικό στοιχείο για το πόσο υδρογονάνθρακα είναι δυνατό να παρέχει ένα μητρικό είναι το πάχος του, οπότε οι σχηματισμοί της Βίγλας (600m πάχος) βρίσκονται σε πλεονεκτική θέση έναντι των στρωμάτων με Ποσειδωνίες τουλάχιστον σε αυτό το στοιχείο. Όπως και στην γείτονα χώρα οι ταμιευτήρες των υδρογονανθράκων αυτών των μητρικών είναι οι τεκτονικά καταπονημένοι ασβεστόλιθοι από το Κρητιδικό έως και το Ηώκαινο. Οι υδρογονάνθρακες μεταναστεύουν και συγκεντρώνονται σε παγίδες στις οροφές επωθήσεων καλυπτόμενοι από εβαπορίτες του Τριαδικού.

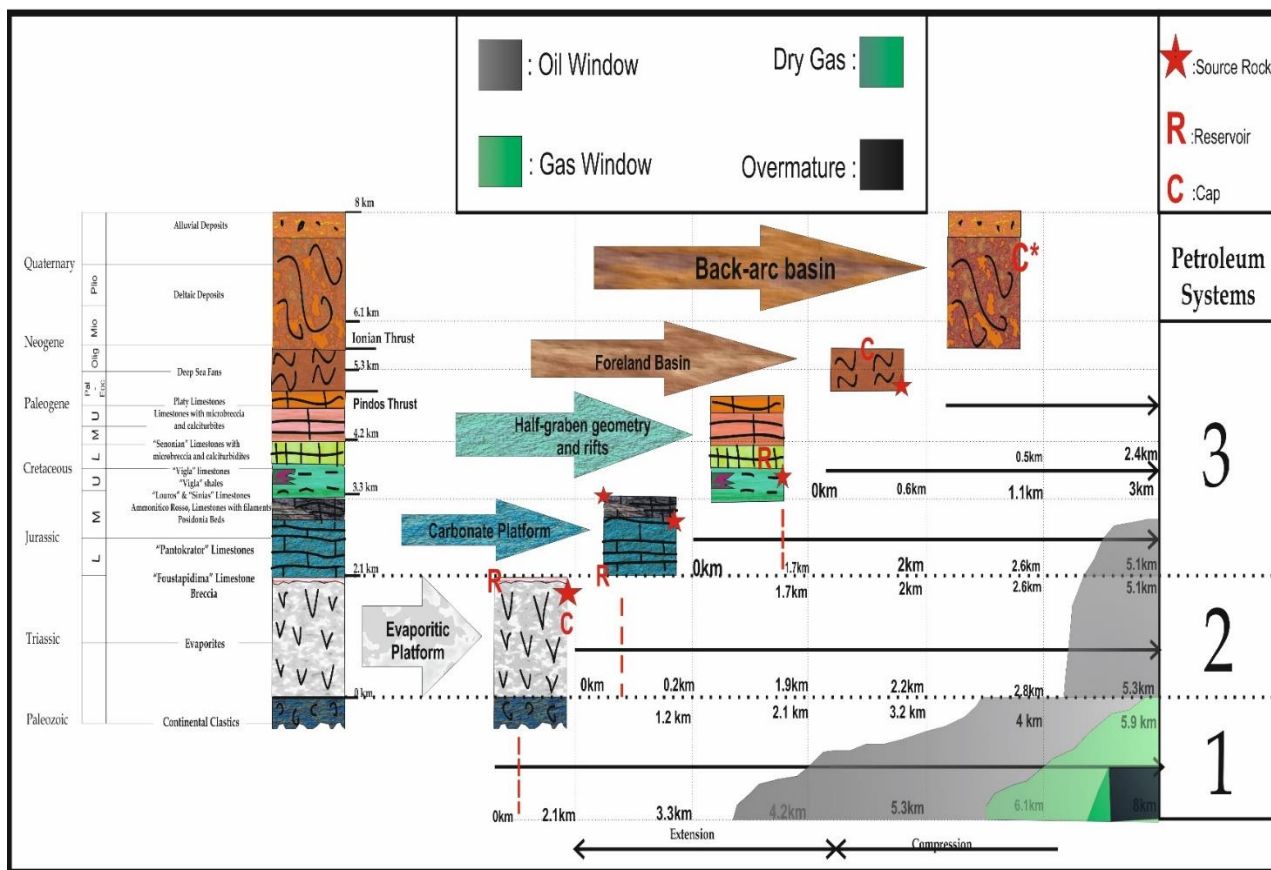
Αντίθετα, στα υποθαλάσσια ριπίδια της λεκάνης προχώρας της Πίνδου ως μητρικά λειτουργούν λεπτόκοκκοι τουρβιδίτες, Type II και III κηρογόνου με TOC: από φτωχό (<0.5%) έως και πλούσιο (>1%), όπου και διαφοροποιείται βάση των συνθηκών του περιβάλλοντος απόθεσης, και καλές προοπτικές γενετική ικανότητας 0.1-19.73%. Κυρίως είναι ικανό να διαθέσει αέριο σε συνθήκες από 319 – 456°C. Οι υδρογονάνθρακες ρέουν και αποθηκεύονται σε τουρβιδιτικούς ψαμμίτες του

Ηωκαίνου με Μειοκαίνου και παγιδούνται σε δομικές παγίδες μέσα από κλεισίματα που ενδέχεται να προκαλέσουν πλάγια ρήγματα (Εικ. 14).



Εικόνα 14 Σύνθετη λιθοστρωματογραφική στήλη της Ιόνιας ζώνης και τα στοιχεία των οριζόντων πετρελαϊκού ενδιαφέροντος, είτε σαν μητρικό πέτρωμα είτε ως ταμειυτήρας (τροποποιημένη από Zelilidis(2015) και Bourli (2019).

Τέλος, στην λεκάνη της Πρέβεζας κατά το Νεογενές έγινε απόθεση σχηματισμών λιμνοθάλασσας. Με αποτέλεσμα οι σχίστες του Τορτονίου να θεωρούνται ικανοί να παρέχουν οργανικό υλικό που θα διασχίσει τους ψαμμίτες του Τορτονίου με Μεσσηνίου και να διακοπεί η κίνησή τους από τους Μεσσηνίους εβαπορίτες. Στην δομή τους και τον σχεδιασμό παγίδων μπορεί να επηρεάσει έντονα η δράση πλάγιων ρηγμάτων όπως αυτό της Κεφαλλονιάς. Η έντονη και συνεχής ιζηματογένεση και παροχή υλικού από το άνω Ολιγόκαινο έως και το παρόν έχει ως αποτέλεσμα πάχος ιζημάτων περισσότερο των 6.3 km. Εφόσον, η γεωθερμική βαθμίδα είναι περίπου 25 °C/km μπορεί να θεωρηθεί πως ιζήματα του άνω Ολιγοκαίνου περιέχονται μέσα στο πετρελαϊκό παράθυρο ενώ βαθύτερα (παλαιότερα) υλικά έχουν περάσει στο παράθυρο του φυσικού αερίου ενώ τα ακόμα βαθύτερα Μεσοζωικά μπορούν να θεωρηθούν ως υπερώριμα (Εικ. 15).



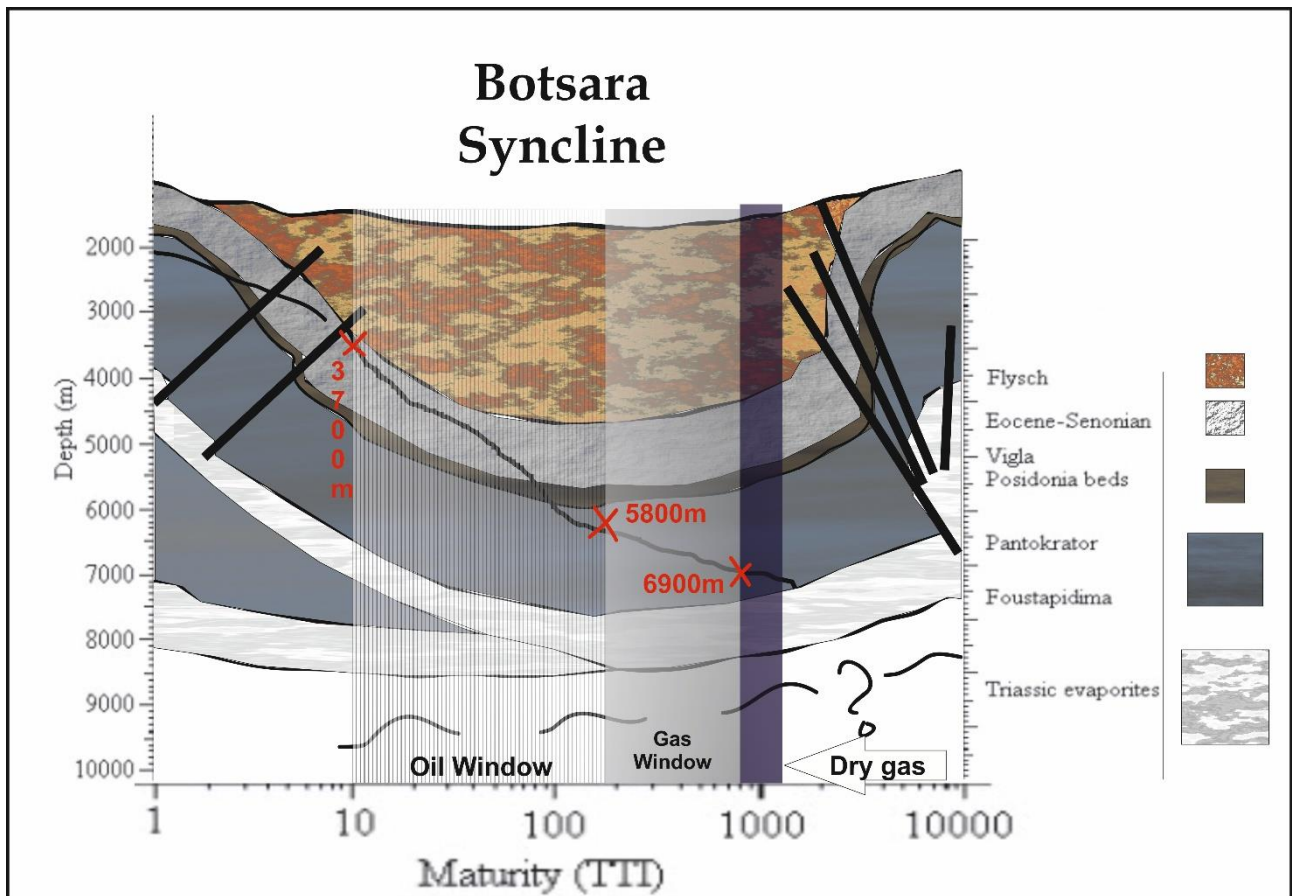
Εικόνα 15 Σχηματική απεικόνιση της απόθεσης των διαφορετικών φάσεων βάση χρονολογίας και παχών (Bourli, 2019) και βάση αυτού και χρησιμοποιώντας το σημείο ένταξης στο πετρελαϊκό παράθυρο και το αντίστοιχο του φυσικού αερίου μπορεί να γίνει αντιληπτός ο τρόπος που λειτουργούν τα 3 πετρελαϊκά συστήματα της Ιονίου ζώνης ενώ ταυτόχρονα φαίνεται και η διαφοροποίηση των υδρογονανθράκων μέσα στο ίδιο το μητρικό πέτρωμα. Επίσης οι σχηματισμοί χαρακτηρίζονται βάση τον ρόλο τους στο σύστημα που συμμετέχουν.

#### 4.4 Δυνατότητα για υδρογονάνθρακες

Μέσα από την ιστορία ταφής των ιζημάτων είναι φανερό πως το παράθυρο του πετρελαίου στο κέντρο της Ιόνιας ζώνης σε δομές όπως το σύγκλινο του Βοτσαρά βρίσκεται μεταξύ 3.7-5.8km ενώ βαθιάειν προς τα ανατολικά αυτών των υπολεκανών (Εικ. 16).

Άρα οι σχίστες του Τριαδικού είναι ήδη στο πλαίσιο παραγωγής φυσικού αερίου. Τα στρώματα με Ποσειδωνίες αλλά και η βάση του Αμμωνίτικου Ρώσου είναι ώριμα όσον αφορά την παραγωγή πετρελαίου. Στις κεντρικές και δυτικές υπολεκάνες οι σχηματισμοί της Βίγλα είναι στα αρχικά στάδια ωρίμανσης και επίσης ωριμάζουν προοδευτικά προς ανατολή. Έρευνες πιθανών μητρικών στο φλύσχη της Ιόνιας έδειξαν συσχέτιση μεταξύ περιβάλλοντος απόθεσης και ωριμότητας. Ειδικότερα, οργανικό υλικό που προέρχεται από μίγμα χερσογενών φυτών και πλαγκτόν να συσχετίζονται κυρίως με φυσικό αέριο (καθορίστηκε μέσω πυρόλυσης σε Tmax από ανώριμο έως άκρως ώριμο). Οι σχίστες του Τριαδικού εισήχθησαν στο πετρελαϊκό παράθυρο το άνω Ιουρασικό, ενώ τα κατώτερα στρώματα με Ποσειδωνίες στο Μειόκαινο. Η απόθεση και συγκέντρωση των σχιστών της Βίγλας αποδίδεται

κυρίως στο σχηματισμό υπολεκανών που προκλήθηκαν λόγω της αλλοκίνησης των εβαποριτών κατά την μετά την ρηξιγενής δράσης περίοδο (Karakitsios,1995) που βέβαια η κατά τόπους διαφορά των παχών των παχών συγκαταλέγονται σε αργότερη φάση της σύγχρονης με της ρηξιγενής δράσης περίοδο. Βάση του εμπλουτισμού σε TOC των σχιστών της Βίγλας φαίνεται πως στα ανώτερα τμήματά τους καταγράφουν το ανοξικό επεισόδιο των ωκεανών 1b (OAE) που συναντάται σε όλη την περιοχή της Τηθύος και του Ατλαντικού.



Εικόνα 16 Απεικόνιση σε τομή του σύγκλινου του Βοτσαρά (τροποποιημένη από Karakitsios,2013 ) δείχνοντας τους σχηματισμούς που συμμετέχουν και πως συσχετίζονται τα βάθη τους με τον βαθμό ωριμότητας των υδρογονανθράκων (στοιχεία από Karakitsios, 2007 ).

Όμοια, υπολεκάνες ευθύνονται για την συγκέντρωση των υλικών των στρωμάτων με Ποσειδωνίες και των μαργών στην βάση του Αμμωνίτικου Ρώσου. Τέτοιες δομές κατά μια έννοια ως απόρροια της ηρεμίας των υδάτων επωφελούν βάση γεωμετρίας την συγκέντρωση οργανικού υλικού που συνδέεται με OAE (Ωκεάνια Ανοξικά Επεισόδια) εμφανίζοντας έτσι υψηλές τιμές άνθρακα σε τέτοια στρώματα. Παρόλα αυτά, δεν θα πρέπει να συγχέεται η εμφάνισή τους με πετρελαϊκές εμφανίσεις αξιόλογων ποσοτήτων καθώς δεν θα κρίνει από μόνη της την ποσότητα του πετρελαίου στην περιοχή καθώς χαρακτηριστικό είναι επίσης και το πάχος μιας τέτοιας εμφάνισης.

Μετρήσεις στα πορώδη των πετρωμάτων που διέτρησε η γεώτρηση Ioannina-1 (Πίν. 2) παρουσιάζουν τις τιμές των σχηματισμών της Ιόνιας ζώνης στον Πίνακα 3. Παρόλα αυτά, η διαπερατότητα τους φαίνεται να διαφέρει αν και οι τιμές στα πορώδη έδωσαν σχετικά κοντινά αποτελέσματα.

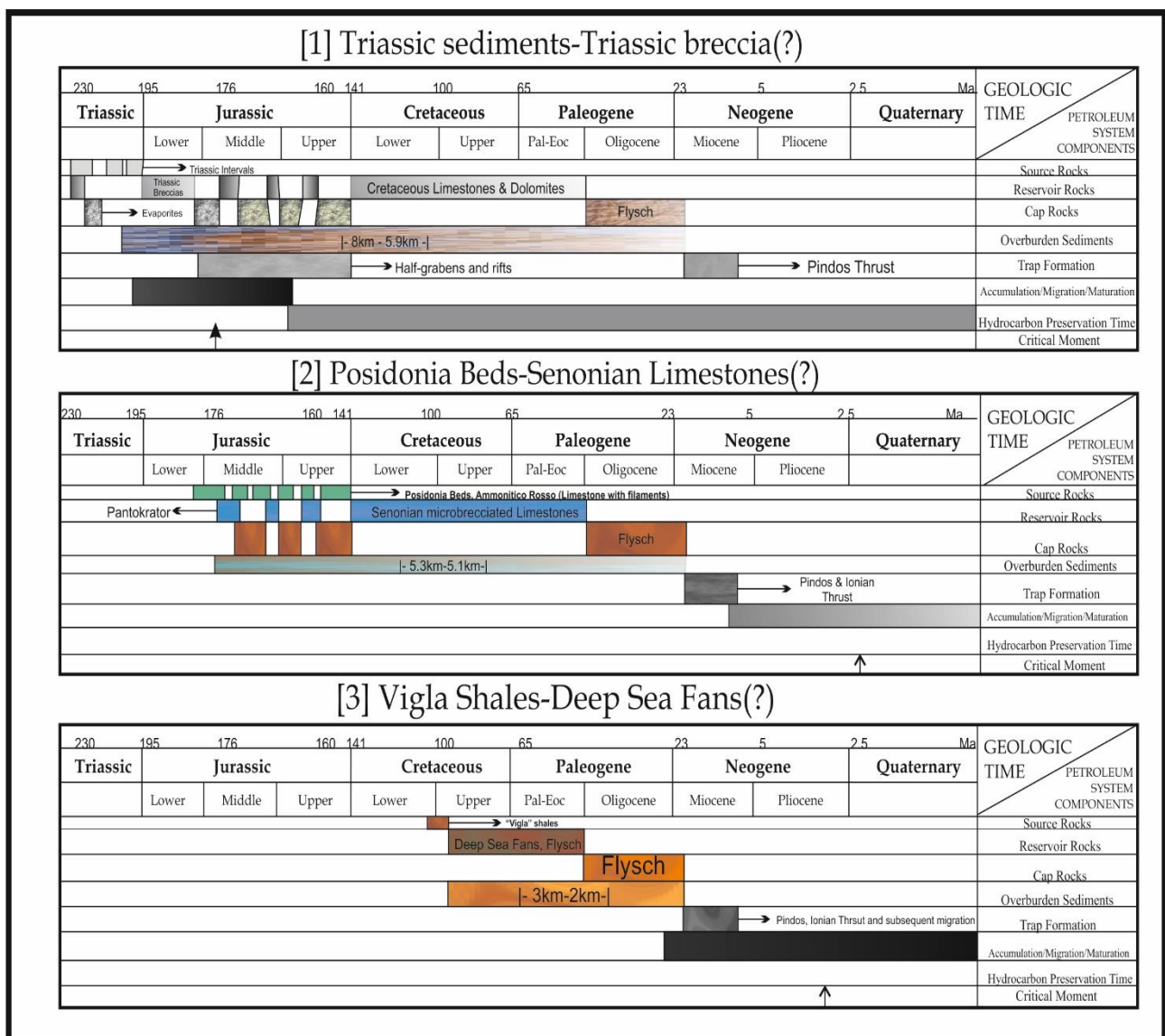
Formation	Average Total Porosity (%)	Permeability	Function	Petroleum Systems
Post-Alpine Formations and Flysch	Negligible, except for some sandstone horizons of fair porosity	<b>Good</b>	Reservoir* + Cap	<b>3</b>
Paleocene, Eocene and Senonian Limestones	3	<b>Low to Negligible</b>	Reservoir	<b>2</b>
Vigla Limestones	1.7	Low to Negligible	Source	2
Upper Posidonia Beds	5	Low to Negligible	Source	2
Limestones with Filaments	3	Low to Negligible	Source	2
Lower Posidonia Beds	5	Low to Negligible	Source	1
Ammonitico Rosso	3	Low to Negligible	<b>Potential Reservoirs</b>	<b>2</b>
Sinia's Limestones	2	Low to Negligible		
Louros Limestones	3	Low to Negligible		
Pantokrator Limestones	10	<b>Good</b>		
Foustapidima Limestones	3	Low to Negligible		
Triassic Breccias	13	<b>Good</b>	Reservoir	1

*Πίνακας 3 Οι τιμές των μέσων συνολικών πορώδων των σχηματισμών της ακολουθίας της Ιόνιας ζώνης (Karakitsios, 2007), μαζί με χαρακτηρισμό της διαπερατότητας του ορίζοντα, της κύριας λειτουργίας του και σε ποιο πετρελαϊκό σύστημα συγκαταλέγεται (τροποποιημένος από Karakitsios, 2007). \*Ως reservoir η λειτουργία των μεταλλικών ιζημάτων μειώνεται λόγω της διάβρωσης.*

Βάση του πρωταρχικού πορώδους και του δευτερογενούς ρηξιγενούς πορώδους ενώ μεγάλη σημασία στην τελική ικανότητα που παρουσιάζει το πέτρωμα να επιτρέπει την ροή των ρευστών έχει και ο ρόλος της δολομιτοποίησης όπου αυξάνει το δευτερογενές πορώδες. Καθώς η δράση της άλλαξε μέσα στο χρόνο και βάση περιοχής. Έτσι, ενώ στα εξωτερικά και εσωτερικά μέρη συνέχιζε να δρα και στο Κρητιδικό στο κεντρικό μέρος έπαυσε στο μέσο Ιουρασικό. Οπότε, οι καλύτεροι ταμιευτήρες στην περιοχή είναι (i) τα Τριαδικά λατυποπαγή, (ii) οι δολομίτες του κάτω Κρητιδικού και (iii) οι ασβεστόλιθοι του Ηωκαίνου ενώ τα καλύμματα που εμφανίζονται είναι (1) ο φλύσχος του Ολιγοκαίνου, (2) τα μεταλλικά κλαστικά του Νεογενούς και (3) οι Τριαδικοί εβαπορίτες (Εικ. 17). Από αυτά κυρίως μόνο ο φλύσχος και οι εβαπορίτες φαίνεται να παρουσιάζουν έντονο ενδιαφέρον. Καθώς σε αντικλινικές δομές ως ανάδυση του μεταλλικού ανάγλυφου και έτσι τα καθιστά ευάλωτα στις διαβρωσιγενείς διεργασίες και έτσι εμφανίζονται με μειωμένο πάχος ή και να λείπουν εντελώς από την επιφάνεια. Μειώνοντας έτσι την πιθανότητα να λειτουργούν ως καλύμματα για πιθανές πετρελαϊκές συγκεντρώσεις.

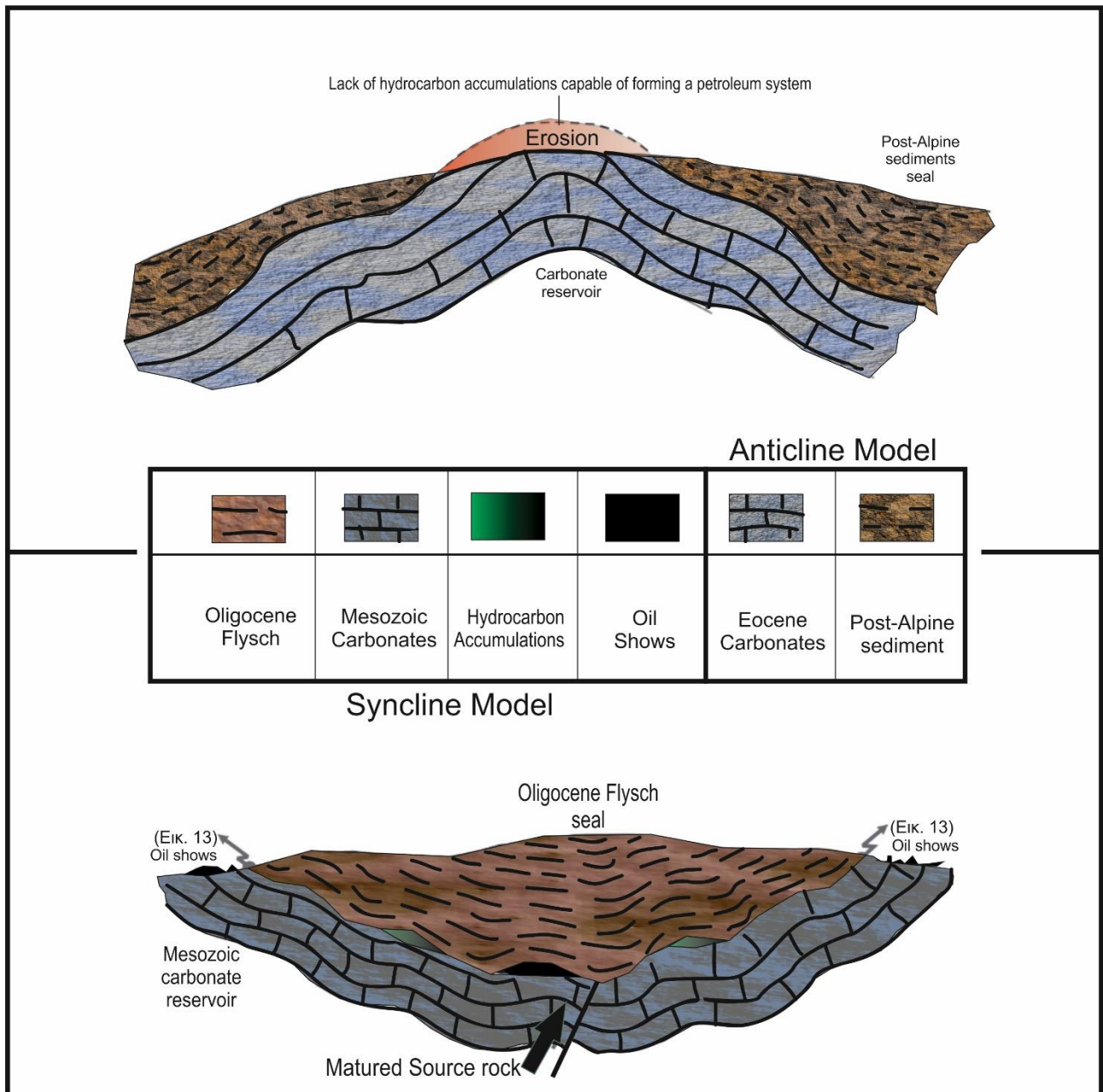
Δείχνει το δευτερογενές πορώδες να είναι ο κύριος παράγοντας για την μετανάστευση και να δημιουργείται κυρίως λόγω της δημιουργίας διαπερατών ρηξιγενών συμπλεγμάτων που εμφανίζονται κοντά σε ζώνες ρηγμάτων σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των πυριτικών κονδύλων σε κάποιους ορίζοντες. Η μετανάστευση φαίνεται να είναι της τάξης του 75-80% των συνολικών

παραγόμενων υδρογονανθράκων όπως υπολογίστηκε βάση των στοιχείων των επιφανειακών πετρελαϊκών εμφανίσεων στο σύγκλινο του Βοτσαρά (Εικ. 13). Τα σύγκλινα, αντίθετα των αντικλίνων, ως υποβαθμίσεις του τοπογραφικού ανάγλυφου διατηρούν τις παραμέτρους του πετρελαϊκού συστήματος προστατεύοντάς τα από την διάβρωση. Σε αυτά, εμφανίζονται μικρότερης κλίμακας αντίκλινα ιδανικά για την παγίδευση υδρογονανθράκων. Συνεχίζεται, η μετανάστευση, εσωτερικά των αντικλίνων σταδιακά καθώς μόλις πληρωθεί το ένα αντίκλινο από φυσικό αέριο και πετρέλαιο, το ελαφρύτερο αέριο θα κινηθεί προς τα άκρα της συνολικής δομής όπου θα ακολουθηθεί από το πετρέλαιο επαναλαμβάνοντας την διαδικασία (fill and go). Ως αποτέλεσμα στα άκρα της δομής εμφανίζονται επιφανειακές πετρελαϊκές εμφανίσεις (Εικ. 12,13).



Εικόνα 17 Τα πετρελαϊκά συστήματα στην Βορειοδυτική Ελλάδα (Ηπειρος) με τον χαρακτηρισμό τους βάση την πρόταση των Magoon & Beaumont (2019) (τροποποιημένη από Karakitsios, 2013).

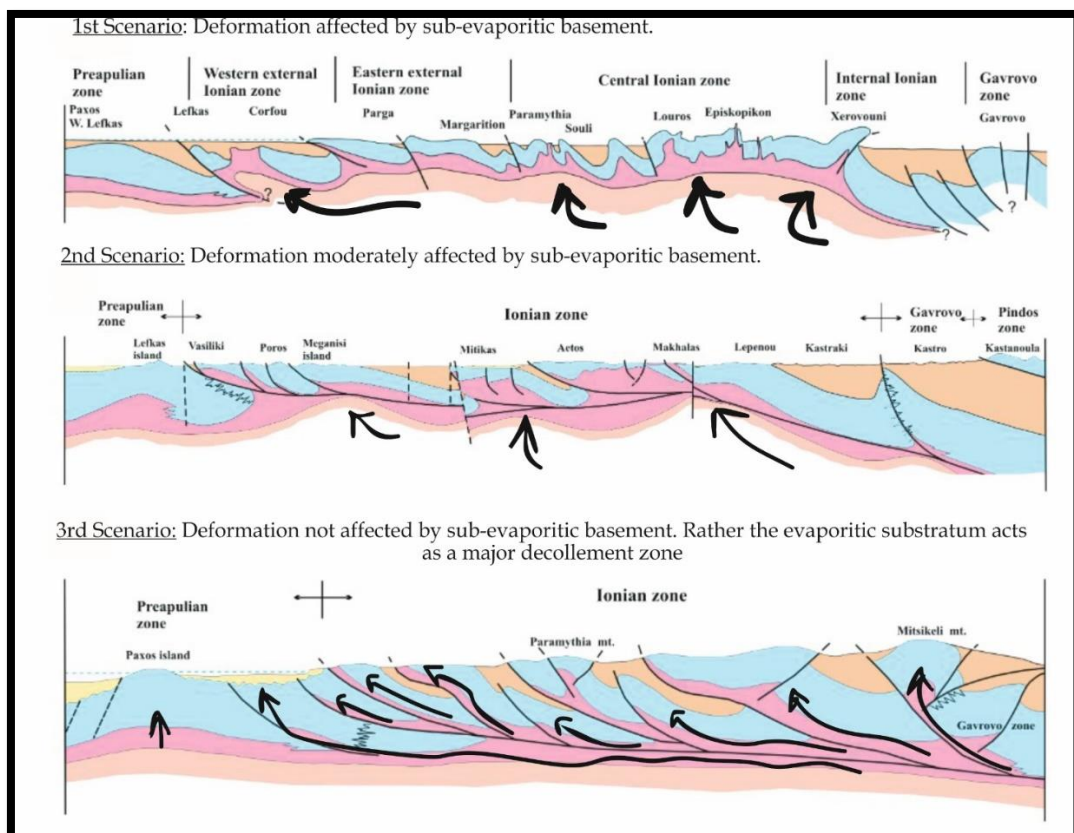




Εικόνα 18 Μοντέλα δημιουργίας δομών παγίδευσης, (επάνω) Αντικλινικό μοντέλο όπου δείχνει την αδυναμία της λειτουργίας των μετα-αλπικών ιζημάτων ως κάλυμμα, (κάτω) συγκλινικό μοντέλο του και συγκέντρωσης υδρογονανθράκων στο πετρελαϊκό σύστημα φλύσχη-αβεστόλιθων Μεσοζωικού-σχιστών. Απεικονίζεται η μετανάστευση της μορφής fill & go με τελικό στάδιο την παρουσία επιφανειακών εμφανίσεων στα άκρα του σύγκλινου όπως φαίνεται και στην Εικόνα 13 (τροποποιημένη από Karakitsios, 2007).

Υπάρχουν τρία σενάρια που εξηγούν την παραμόρφωση στην Ιόνια ζώνη και πώς αυτό συνδέεται με την κατασκευή δομών παγίδευσης. Στο πρώτο σενάριο, είναι παρούσα η συμμετοχή του υποεβαποριτικού υπόβαθρου στην παραμόρφωση του Ιόνιου ιζηματογενές καλύμματος. Αρμόζουσες δομές προς συγκέντρωση υδρογονανθράκων βρίσκονται στην **επαφή εβαποριτών και του υποκείμενου υπόβαθρου**. Η παγίδευση, οπότε, εξαρτάται της κλίσης της επιφάνειας αποκόλλησης. Στην συγκέντρωση υδρογονανθράκων μπορεί να συνδράμουν όλα τα μητρικά της Ιόνιας ζώνης μέσω

της παραγωγής τους. Το δεύτερο συμφωνεί ως επί των πλείστων με το πρώτο μόνο που δέχεται στην αποκόλληση μεταξύ ιζηματογενούς καλύμματος της Ιόνιας ζώνης ως σχετική. Το τελευταίο και πιο πιθανό σενάριο, καθώς είναι πολύ πιο βάσιμο τέτοιου μεγέθους επωθήσεις και σύνθετη τεκτονική για τέτοια πάχη να αποδίδονται σε κινήσεις εβαποριτών, απορρίπτει την συμμετοχή του υποεβαποριτικού υπόβαθρου και δέχεται την επιφάνεια των εβαποριτών ως επιφάνεια αποκόλλησης. Συνεπώς, ως παγίδες δεν θεωρούνται δομές του υποβάθρου **παρά επωθήσεις σε σημεία όπου εμφανίζεται διπλασιασμός της Ιόνιας ακολουθίας**. Επίσης σημαντικές είναι **backthrust** δομές στην περιοχή όπου κανονικά δρα η επώθηση της Γαββρόβου πάνω στην Ιόνια, παρόλα αυτά στην περιοχή της Ηπείρου φαίνεται να ισχύει το αντίθετο διαφοροποιώντας την από την κλασική δομή ζώνης πτυχών και επωθήσεων. Πιθανότητα, ο σχηματισμός τους οφείλεται στην μεταβολή της δράσης των ρηγμάτων που ήταν χαρακτηριστική κατά την εξέλιξη της λεκάνης (Εικ. 10) ή αποκλειστικά από την δράση των ίδιων των backthrust. Αποτελέσματα αυτού του φαινομένου θεωρούνται οι πτυχές ανατολικής τάσης στο κεντρικό τμήμα της Ιόνιας ζώνης. Σε τέτοιες περιπτώσεις επίσης ελπιδοφόρες είναι **αντικλινικές δομές που υπόκεινται από την ζώνη της Γαββρόβου**. Ακριβώς αντίθετο από αυτό που παρατηρείται στην Αιτωλοακαρνανία όπου πιθανές παγίδες είναι αντικλινικές δομές όπου ο φλύσχος της Ιόνιας υπόκειται του φλύσχη της Γαββρόβου.



Εικόνα 19 Σενάρια για τον κύριο παράγοντα και τον τρόπο δράσης της παραμόρφωσης της Ιόνιας ζώνης και την συμμετοχή της στην κατασκευή δομών παγίδευσης (τροποποιημένη από Karakitsios, 2007).

#### 4.5 Θέσεις υψηλού ενδιαφέροντος

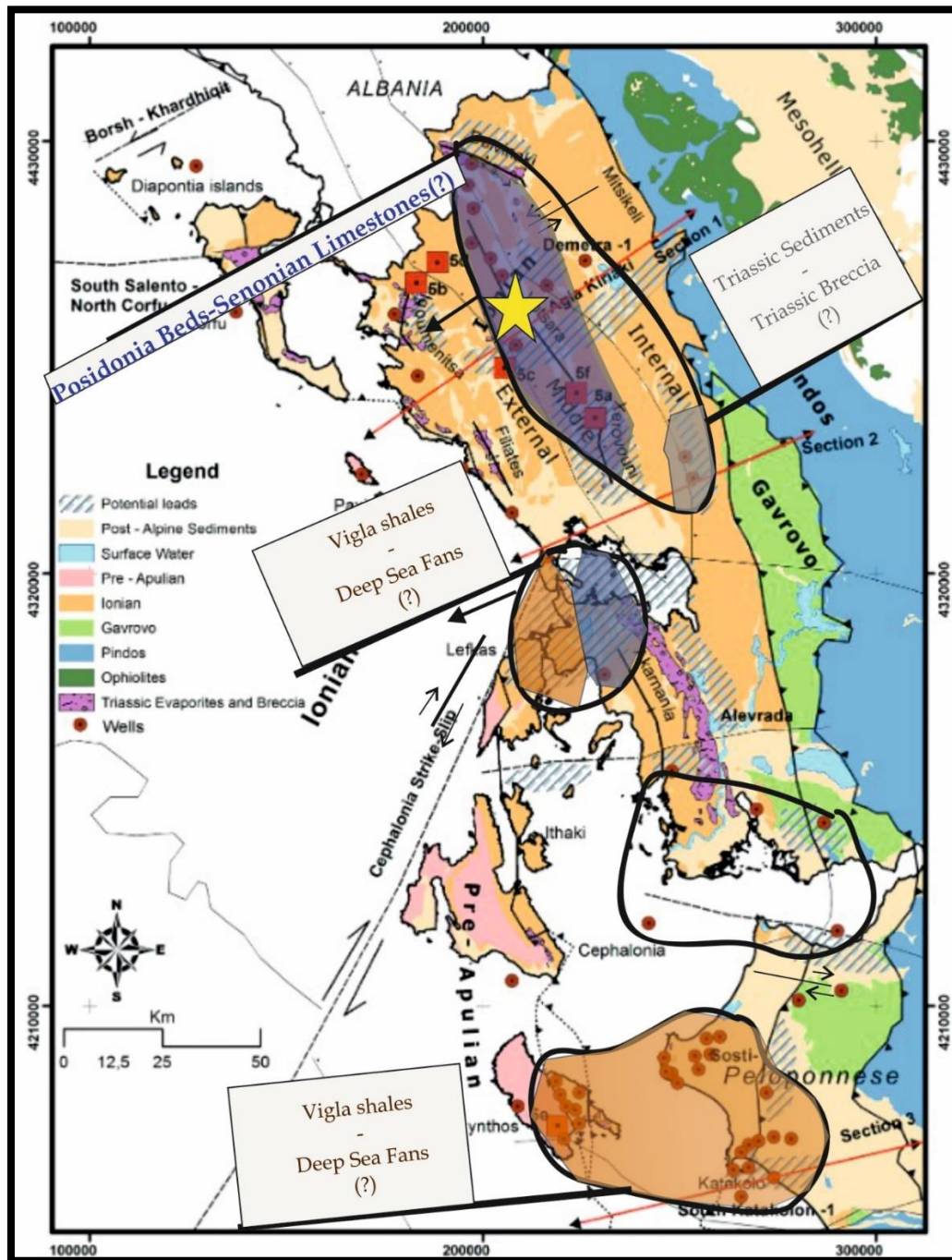
Βάση των παραγόντων που αναλύθηκαν παραπάνω στην περιοχή της Ηπείρου, στην βορειοδυτική Ελλάδα, υπάρχουν κάποιες περιοχές που συνιστούν περαιτέρω έρευνα.

Αρχικά, 20-25km δυτικά της πόλης των Ιωαννίνων στο σύγκλινο του Βοτσαρά υπάρχουν οι κατάλληλες μεταβλητές για την ύπαρξη πετρελαϊκού συστήματος. Παρατηρούνται επιφανειακές πετρελαϊκές εμφανίσεις στα άκρα της δομής (Εικ. 13), μητρικά πετρώματα και ταμιευτήρες αλλά και δομή παγίδευσης βάση του μοντέλου του σύγκλινου (Εικ. 18). Καλύπτει μια έκταση των 300 km<sup>2</sup> ενώ η γενική δομή του σύγκλινου μετατρέπεται σε αντίκλινο προς τα ανατολικά καλυπτόμενο από τον φλύσχη της Γαββρόβου.

Επίσης σημαντικό, είναι το σύγκλινο της Ηπείρου στα ανατολικά του Μιτσικελίου και του Ξεροβουνίου. Μητρικά είναι οι ώριμοι σχίστες της Βίγλας και τα βαθύτερα στρώματα με Ποσειδωνίες. Η συγκλινική δομή καλύπτει οποιαδήποτε αντικλινική δομή σχηματίζοντας μια δομή παγίδευσης. Επιπρόσθετα, υποκείμενα του φλύσχη η Ιόνια ζώνη μεταβαίνει πλευρικά στους ασβεστόλιθους της ζώνης Γαββρόβου όπου μαρτυρούν ιζηματογενές περιβάλλον υψηλής ενέργειας, που παρουσιάζουν υψηλότερα πορώδη και διαπερατότητας. Ως αποτέλεσμα, μεγάλες ποσότητες υδρογονανθράκων μεταναστεύουν στην Γάββροβο. Για αυτό τα αντίκλινα είναι κρυμμένα ανάμεσα στον φλύσχη και τους εβαπορίτες στα επίπεδα των κύριων υπόγειων επωθήσεων της Ιόνιας ζώνης άρα ο στόχος είναι οι τοποθεσίες όπου η Ιόνια ακολουθία επαναλαμβάνεται ( Filiates-Vritsela, Igoumenitsa-Plataria, Delvinaki-Lavdani). Ειδικότερα, στην γεώτρηση Filiates-1 (3.828m) οι μάργες του άνω Μειοκαίνου συναντώνται στο βάθος των 3800m κάτω από τους εβαπορίτες που κανονικά είναι απροσδιόριστου πάχους και δεν έχουν διατηρηθεί σε όλο τους το πάχος ακόμα. Για αυτή την περιοχή επικρατούν δύο μοντέλα. Το πρώτο έχει τα υποκείμενα μεσοζωικά πετρώματα να λειτουργούν ως μητρικά, τα ανθρακικά πετρώματα από το Κρητιδικό έως το Ηώκαινο ως ταμιευτήρες και ως καλύμματα ο φλύσχη του Ολιγοκαίνου έως Μειοκαίνου που επωθείται από τις ανοδικές κινήσεις των εβαποριτικών στρωμάτων. Το δεύτερο θεωρεί ως μητρικά οργανικές αποθέσεις του Τριαδικού που περιλαμβάνονται μεταξύ εβαποριτικών στρωμάτων, τα λατυποπαγή εβαποριτών του Περμίου έως Τριαδικό ως ταμιευτήρες και ως κάλυμμα οι εβαπορίτες του Τριαδικού. Η έκτασή του είναι στα 500 km<sup>2</sup> ενώ εάν συμπεριληφθεί και η προέκτασή του στην Αιτωλοακαρνανία φτάνει τα 2000 km<sup>2</sup> όμως αυτό το νότιο κομμάτι είναι λιγότερο ελπιδοφόρο.

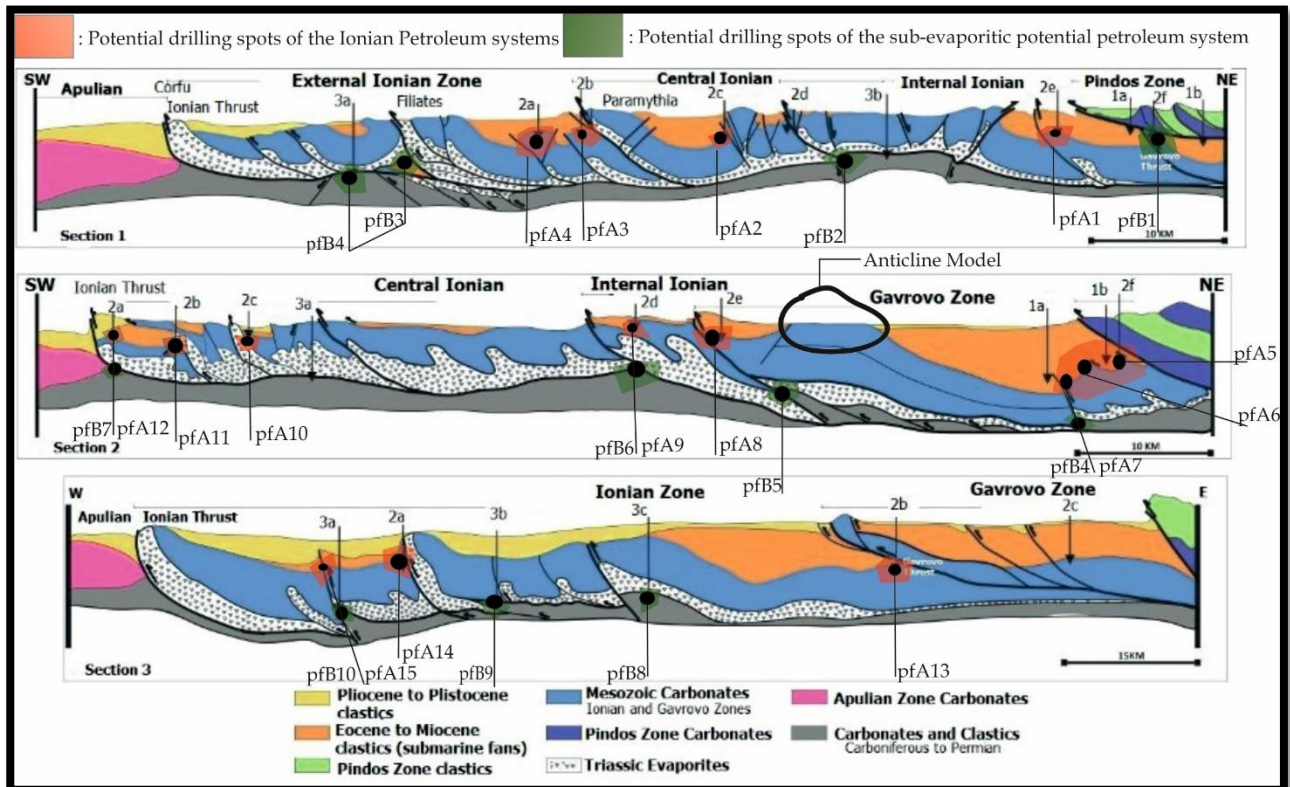
Τέλος, η λεκάνη της Πρέβεζας λόγω των μεγάλων παχών από ιζήματα του Πλειστοκαίνου που έχουν αποθεθεί ασύμφωνα πάνω στα ιζήματα του Μειοκαίνου και είναι πιθανή τοποθεσία συγκέντρωσης φυσικού αερίου παρόμοια με το σύστημα που συναντάται στο Δυρράχιο στην Αλβανία (Εικ. 20).

Η περιοχή, λοιπόν, χωρίστηκε κυρίως γύρω από τις ΒΒΔ-ΝΝΑ αντικλινικές (και συγκλινικές) δομές της Ηπείρου καθώς και την αλληλεπίδραση των ερωθήσεων με τα πλάγια ρήγματα που δημιουργούν αναδύσεις στο ανάγλυφο (pop-up δομές) και όπως αναφέρθηκε επηρεάζουν στην κατασκευή παγίδων.



Εικόνα 20 Περιοχές ενδιαφέροντος στην δυτική Ελλάδα και κυρίως στην Ιόνια ζώνη. Με μαύρο είναι η πιθανή γεωγραφική επέκταση του πετρελαϊκού συστήματος. Με μπλε: Posidonia Beds-Senonian Limestones(?), με καφέ: Vigla Shales-Deep Sea Fans(?) και με γκρι: Triassic sediments-Triassic breccia(?). Ενώ ταυτόχρονα απεικονίζεται η κίνηση κοντά στις περιοχές ενδιαφέροντος (χρωματισμένες) (τροποποιημένη από Zelilidis, 2015).

Στον συγκεκριμένο οδηγό, προτείνονται 11 θέσεις ως πιθανά σημεία γεωτρήσεων βάσει τον τρόπο παγίδευσης που παρατηρείται στα πετρελαϊκά συστήματα της Ιόνιας ζώνης. Ακολουθήθηκε αυτή η συντηρητική προσέγγιση καθώς θεωρείται πως έπειτα από τις απογοητευτικές ενδείξεις από γεωτρήσεις του παρελθόντος είναι απαραίτητο να αποδειχθεί ουσιαστικά η ύπαρξη υδρογονανθράκων πιθανά ικανούς για εμπορική χρήση (Εικ. 21).



Εικόνα 21 Σχηματική ερμηνεία σεισμικών τομών όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 20. Πάνω είναι σημειωμένες οι πιθανές θέσεις γεωτρήσεις όπως προτάθηκαν από Zeligidis et al., 2015 με κόκκινο πλαίσιο πλαισιώνονται οι προτάσεις του συγγραφέα για γεωτρητικές θέσεις που συνδέονται με τα πετρελαϊκά συστήματα της Ιονίου ζώνης ενώ με πράσινο του λιγότερο μελετημένου υπο-εβαποριτικού υποβάθρου. (τροποποιημένη από Zeligidis et al., 2015).

Αναλυτικά, οι θέσεις γεωτρήσεων χωρίζονται αρχικά ως αυτές που στοχεύουν στα πετρελαϊκά συστήματα της Ιόνιας ζώνης (κόκκινο πλαίσιο), που αναλύθηκαν παραπάνω, και σε αυτές που συνδέονται με το υπο-εβαποριτικό υπόβαθρο (πράσινο πλαίσιο) (Εικ. 21). Κυρίως ερευνώνται αντικλινικές δομές στεγασμένες που διαθέτουν παροχή υδρογονανθράκων από κάποιο υποκείμενο μητρικό πέτρωμα. Ξεκινώντας, το pfA1 πρόκειται για ένα αντίκλινο μεταξύ ανθρακικών (ταμιευτήρας) και αποθέσεων φλύσχη και που στεγάζεται στα δυτικά από ένα ρήγμα λεπτόκοκκου υλικού παρεμφερή είναι και οι θέσεις pfA2, pfA3, pfA8, pfA14. Το pfA4 πρόκειται για μια pop-up δομή περιορισμένη από δύο ρήγματα που βρίσκονται μέσα στα ανθρακικά και στεγάζεται από τα Ηωκαινικά και Μειοκαινικά κλαστικά ιζήματα ενώ επίσης από την δράση ρήγματος στεγάζεται και το pfA13. Δομές όπως τα pfA10, pfA11 και pfA14 στεγάζονται ταυτόχρονα και από φλύσχη και από

εβαπορίτες και τροφοδοτούνται από τα πετρώματα του Ιουρασικού και Κρητιδικού. Στο ανατολικό μέρος της δεύτερης τομής μπροστά στα επωθούμενα καλύμματα της Πίνδου βρίσκονται οι pfA5 και pfA6 και είναι αντικλινικές δομές μέσα σε μια ζώνη βύθισης. Για το υπο-εβαποριτικό υπόβαθρο αναζητούνται αναθολώσεις του υποβάθρου που συνήθως υπέρκεινται από τους Τριαδικούς εβαπορίτες. Τέτοιες θέσεις είναι pfB2, pfB5, pfB8, pfB9 όπου κατά περιπτώσεις επωφελούνται και από την δράση ρηγμάτων ενώ ενδιαφέρον παρουσιάζουν περιοχές όπως pfB3 και pfB4 που φαίνεται να αλληλοσυνδέονται και το pfB4 να τροφοδοτείται από υδρογονάνθρακες και των μητρικών του Μεσοζωικού ταυτόχρονα με αυτούς του υπο-εβαποριτικού υποβάθρου αλλά και το pfB1 που είναι υποκείμενο υλικό της ζώνης της Πίνδου. Κάποιες θέσεις επιλέχθηκαν και παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς παρουσιάζουν θέσεις pfA και pfB κατακόρυφα, με μικρές ή καθόλου οριζόντιες μετατοπίσεις. Τέτοια παραδείγματα είναι τα ζεύγη pfA12/pfB7, pfA7/pfB4, pfA9/pfB6, pfA15/pfB10.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Καταλήγοντας, η περιοχή της Ιόνιας λεκάνης σχηματίστηκε και μεταβλήθηκε λόγω της αρχικής εφελκυστικής τεκτονικής κατά την διάνοιξή της κατά την οποία αποτέθηκε και η ανθρακική ακολουθία του Μεσοζωικού υπερκείμενα των εβαποριτών του Τριαδικού. Κατά μεγάλο βαθμό αυτές οι ημι-τάφροι και τα υβώματα που σχηματίστηκαν οφείλονται στην επίδραση των εβαποριτών, μέσω της αλλοκίνησής τους, αλλαγές στα περιβάλλοντα που αποτυπώνονται με την απόθεση σχηματισμών όπως τα στρώματα με Ποσειδωνίες, οι σχίστες της Βίγλας και οι ασβεστόλιθοι του Σενωνίου. Έπειτα το μέσο Ηώκαινο όπου και ξεκινά η επίδραση της επώθησης Πίνδου, αρχικά, και της Ιονίου μεταγενέστερα λόγω της μετανάστευσης της τεκτονικής προς τα δυτικά στην περιοχή παρατηρούνται δελταϊκές αποθέσεις. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα των σχηματισμό στα παρατηρούμενα τουλάχιστον υποκείμενα στρώματα τριών πετρελαϊκών συστημάτων. Το (1) Τριαδικά ιζήματα-Τριαδικά λατυποπαγή (?), το (2) Στρώματα με Ποσειδωνίες-Ασβεστόλιθοι Σενωνίου(?) και το (3) Σχίστες της βίγλας-Υποθαλάσσια Ριπίδια(?). Ως δομές παγίδευσης αναζητήθηκαν στεγασμένα αντίκλινα ή σύγκλινα με μικρότερες αντικλινικές δομές εσωτερικά όπου θα μπορούσαν να έχουν αποθηκεύσει υδρογονάνθρακες. Κυρίως επηρεάζονται από τις κινήσεις του εβαποριτικού υποβάθρου, ιδιαίτερα με πιθανές εμφανίσεις διπλασιασμού, και από τον συνδυασμό επωθήσεων με πλαγιοκανονικά ρήγματα όπου είναι δυνατόν να σχηματιστούν αναδύσεις του ανάγλυφου (pop-up δομές). Λαμβάνοντας αυτά υπόψη επιλέχθηκαν συνολικά 25 θέσεις ενδιαφέροντος προς διάτρηση, 15 μέσα στα πετρελαϊκά συστήματα της Ιονίου ζώνης και 10 στο υπο-εβαποριτικό υπόβαθρο. Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθεί ότι προσπάθειες σαν την συγκεκριμένη δεν είναι καθόλου επαρκής για τον σχεδιασμό ενός βιώσιμου μοντέλου εκμετάλλευσης. Παρόλα αυτά, δείχνει πως η περιοχή παρουσιάζει ιδιαίτερο οικονομικό και επιστημονικό ενδιαφέρον άρα και περαιτέρω έρευνα είναι απαραίτητη.

### **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

*Σε αυτό το σημείο και με το τέλος αυτού του οδηγού θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κύριο Αβραάμ Ζεληλίδη όπου κατά την συγγραφή αυτού του κειμένου έδρασε πέρα από διδάσκων και ως καθοδηγητής της προσπάθειας αλλά και ως αξιολογητής.*

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bourli N., Kokkaliari M., Iliopoulos I., Pe-Piper G., Piper D., Maravelis A., and Zelilidis A., 2019, “Mineralogy of siliceous concretions, cretaceous of Ionian zone, western Greece: Implication for diagenesis and porosity”, *Marine and Petroleum Geology*, 105, 45-63.
- Bourli N., Pantopoulos G., Maravelis A., Zoumpolis E., Iliopoulos G., Pomoni-Papaioannou F., Koustopoulou S., and Zelilidis A., 2019, “Late Cretaceous to early Eocene geological history of the eastern Ionian Basin, southwestern Greece: A sedimentological approach”, *Cretaceous Research*, 98, 47-71.
- Clews J., 1989, “Structural controls on basin evolution: Neogene to Quaternary of the Ionian zone, Western Greece”, *Journal of the Geological Society*, 146(3), 447–457.
- Danelian T., WEVER P., and Azéma J., 1997, “Palaeoceanographic significance of new and revised palaeontological datings for the onset of Vigla Limestone sedimentation in the Ionian zone of Greece”, *Geological Magazine*, Volume 134, Issue 6, 869-87.
- Dercourt, J., Zonenshain, L., Ricou, L., Kazmin V., Le Pichon, X., Knipper, A., and Biju-Duval, B., 1986, “Geological evolution of the tethys belt from the atlantic to the pamirs since the LIAS”, *Tectonophysics*, 123(1-4), 241–315.
- Doutsos T., Koukouvelas I., and Xypolias P., 2006, “A new orogenic model for the External Hellenides”, In: Robertson, A.H.F., Mountrakis, D., Brun, J.-P. (Eds.), *Tectonic Evolution of the Eastern Mediterranean Regions*. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., 260, 507–520.
- Georgoulas E., 2019, “Stratigraphic structure of Mesozoic with emphasis at Senonian limestones in Arta’s syncline, NW Greece.”, University of Patras, Department of Geology, Laboratory of Sedimentology, 26504, Patras, Greece.
- Hatzfeld, D., Kassaras, I., Panagiotopoulos, D., Amorese, D., Makropoulos, K., Karakaisis, G., and Coutant, O. (1995). “Microseismicity and strain pattern in northwestern Greece”, *Tectonics*, 14(4), 773–785.
- Marnelis F., Roussos N., Rigakis N., and Karakitsios V., 2007, “Structural geology of the western Greece fold-and-thrust belt: AAPG and AAPG European Region Energy Conference and Exhibition 2007”, Athens, Greece, November 14-17, 2007, Guide to Fieldtrip 1, 29 p.
- Karakitsios, V., 1995, “The influence of preexisting structure and halokinesis on organic matter preservation and thrust system evolution in the Ionian Basin, northwest Ionian zone, western Greece”, *Journal of the Geological Society* 146, 447–457.
- Karakitsios V., 2013, “Western Greece and Ionian Sea petroleum systems”, *AAPG Bulletin*, 97, (9), 1567-1595.



- Karakitsios V., and Kolleti L., 1992, “Critical revision of the age of the basal Vigla Limestones (Ionian Zone, Western Greece), based on nannoplankton and calpionellids, with paleogeographical consequences”, *Nannoplankton research*, 1992, 165-177.
- Karakitsios V., and Rigakis N., 2007. “Evolution and petroleum potential of Western Greece”, *Journal of Petroleum Geology*, 30, (3), 197-218.
- Maravelis A., Makrodimitras G, Akrodimitras G., and Zelilidis A., 2012, “Hydrocarbon prospectivity in Western Greece”, *Oil and Gas European Journal*, 38, (2), 84-89.
- Robertson A., 2004, “Development of concepts concerning the genesis and emplacement of Tethyan ophiolites in the Eastern Mediterranean and Oman regions”, *Earth-Science Reviews*, 66, 331-387.
- Robertson, A., 1991, “Origin and emplacement of an inferred Late Jurassic subduction-accretion complex, Euboea, eastern Greece”, *Geological Magazine*, 128, 27–41.
- Robertson, A., and Dixon, J., 1984, “Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean”, *Geological Society, London, Special Publications*, 17(1), 1–74.
- Robertson, A., Dixon, J. E., Brown, S., Collins, A., Morris, A., Pickett, E., Sharp, I., and Ustaömer, T., 1996, “Alternative tectonic models for the Late Palaeozoic– Early Tertiary development of Tethys in the eastern Mediterranean region”, *Geological Society of London Special Publication* 105, 239–263.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y., and Sungurlu, O., 1984, “Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of Palaeo-Tethys”, *Geological Society, London, Special Publications*, 17(1), 77–112.
- Tselentis G., Sokos E., Martakis N., Serpentidaki A., 2006, “Seismicity and Seismotectonics in Epirus, Western Greece: Results from a Microearthquake Survey”, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 96, No. 5, pp.
- Willet S., Beaumont C., and Fullsack A., 1993. “A mechanical model for the tectonics of doubly vergent compressional orogens”, *Geology*, 21, 371-374.
- Zelilidis A., 1995, “Notes from the lectures of the course Petroleum Geology at the Department of Geology of the University of Patras”.
- Zelilidis, A., Piper D., Vakalas I., Avramidis P., and Getsos K., 2003. “Oil and gas plays in Albania: Do equivalent plays exist in Greece?”, *Journal of Petroleum Geology*, 26, (1), 29-48.
- Zelilidis A.; Maravelis A., 2015, “Adriatic and Ionian seas: proven petroleum systems and future prospects”, *Journal of Petroleum Geology*, Vol. 38(3), 247-253.

Zelilidis A., Maravelis A., Tserolas P., Konstantopoulos, 2015, “An overview of the petroleum systems in the Ionian zone, onshore NW Greece and Albania”, *Journal of Petroleum Geology*, Vol. 38(3), 331-348.

Zhao J., Li J., Wu W., Cao Q., Bai Y., Er C., 2019, “The petroleum system: a new classification scheme based on reservoir qualities”. *Petroleum Science* 16, 229–251.