

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα: “Μελέτη των ενδιάμεσων ανόργανων ιζημάτων στα λιγνιτικά κοιτάσματα Κλειδιού, Αμυνταίου και Νοτίου Πεδίου της Δυτικής Μακεδονίας”, πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των διπλωματικών εργασιών που εκπονούνται στο Ε.Μ.Π.

Σημαντικό κίνητρο για την εκπόνηση αυτής της εργασίας υπήρξε το ενδιαφέρον για την εύρεση περιβαλλοντικά καλύτερων τρόπων διαχείρισης των ενδιάμεσων λιγνιτικών κοιτασμάτων. Σήμερα τα γαιώδη αυτά υλικά αποτίθενται με μεγάλο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να γίνει συγκριτική ορυκτολογική μελέτη των ενδιάμεσων ανόργανων ιζημάτων που προέρχονται από τα λιγνιτικά κοιτάσματα Κλειδιού, Αμυνταίου και Νότιου Πεδίου της Δυτικής Μακεδονίας.

Στο σημείο αυτό, αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με την βοήθειά τους συνέβαλαν, με διαφορετικό τρόπο ο καθένας, στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια κα Θεοδώρα Περράκη για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος, τις πολίτιμες συμβουλές και παρατηρήσεις της, την ανεκτίμητη επιστημονική γνώση που μου μετέδωσε, όπως επίσης και για τον χρόνο που αφιέρωσε για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα Δραγουμάνη Σταυρούλα (Ε.Τ.Ε.Π.) από το εργαστήριο γεωλογίας και τον κ Μπούσουλα Ιωάννη (Ι.Δ.Α.Χ.) από το εργαστήριο Ορυκτολογίας- Πετρολογίας- Κοιτασματολογίας, για τη συμπαράστασή τους και τη βοήθεια τους στην επίλυση οποιασδήποτε απορίας μου.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ τον Δρ. Γιάννη Οικονομόπουλο για τη συνεχή καθοδήγηση και βοήθειά του, καθώς και για το χρόνο που αφιέρωσε για την ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τη συνάδελφο και καλή μου φίλη Νατάσα Καραχάλιου για τη στήριξη και τη συμπαράσταση σε αυτήν την προσπάθεια.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	2
Περιεχόμενα.....	3
<b>1. Θεωρητικό Μέρος – Λιγνίτης.....</b>	<b>4</b>
1.1. Γαιάνθρακες.....	5
1.2. Λιγνίτης- Τρόπος δημιουργίας λιγνιτικών κοιτασμάτων.....	7
1.3. Ο λιγνίτης στον κόσμο.....	8
1.4. Ο λιγνίτης στην Ελλάδα.....	10
1.5. Πίνακες αποθεμάτων λιγνίτη στην Ελλάδα.....	14
1.6. Η σημασία του λιγνίτη.....	16
1.7. Η ιστορία της εκμετάλλευσης των Ελληνικών λιγνιτικών κοιτασμάτων.....	17
1.8. Τρόπος δημιουργίας Ελληνικών λιγνιτικών κοιτασμάτων.....	18
1.9. Ορυχεία ΒΔ Μακεδονίας.....	19
1.10. Γεωγραφική επισκόπηση τεκτονικής τάφρου ΒΔ Μακεδονίας.....	20
1.11. Γενικά κοιτασματολογικά στοιχεία για την περιοχή της ΒΔ Μακεδονίας.....	22
1.12. Γεωτεκτονικό καθεστώς περιοχής ΒΔ Μακεδονίας.....	25
1.13. Γενικά στοιχεία για τη γεωλογία περιοχής ΒΔ Μακεδονίας.....	27
1.14. Τεκτονικό πλαίσιο περιοχής ΒΔ Μακεδονίας.....	34
1.15. Στοιχεία Ορυχείου Νότιου Πεδίου.....	35
<b>2. Θεωρητικό Μέρος – Αργιλικά Ορυκτά.....</b>	<b>38</b>
2.1. Γενικά.....	39
2.2. Ορυκτά των αργίλων.....	40
2.3. Ορυκτά διοκταεδρικής και τριοκταεδρικής δομής.....	43
2.4. Ισόμορφες υποκαταστάσεις.....	45
2.5. Δομή των ορυκτών αργίλων.....	48
<b>3. Πειραματικό Μέρος.....</b>	<b>56</b>
3.1. Αντικείμενο Μελέτης.....	57
3.2. Μέθοδοι έρευνας.....	58
3.2.1. Περιθλασιμετρία Ακτίνων Χ (XRD).....	58
3.2.2. Θερμική Ανάλυση (TG/DTG/DTA).....	58
3.2.3. Φασματοσκοπία Υπέρυθρης Ακτινοβολίας (FT- IR).....	59
3.3. Ορυκτολογική Ανάλυση.....	60
3.2.1. Δείγματα από την περιοχή ΑΜΥΝΤΑΙΟ.....	60
3.2.2. Δείγματα από την περιοχή ΚΛΕΙΔΙ.....	71
3.2.3. Δείγματα από την περιοχή ΝΟΤΙΟ ΠΕΔΙΟ.....	76
<b>4. Συμπεράσματα.....</b>	<b>83</b>
Βιβλιογραφία.....	85
Παράρτημα.....	90

# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1**

## **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΛΙΓΝΙΤΗΣ**

## 1.1 ΓΑΙΑΝΘΡΑΚΕΣ

Οι γαιάνθρακες ή ορυκτοί άνθρακες (coal) είναι προϊόντα που προέκυψαν από την ενανθράκωση φυτικών υλών. Περιέχουν ποικίλο ποσοστό στοιχειακού άνθρακα (C) εξαρτώμενο από το είδος της φυτικής ύλης, από την οποία προέρχονται, αλλά και από το βαθμό ενανθράκωσης και τις συνθήκες με τις οποίες έγινε η διεργασία αυτή. Για το λόγο αυτόν διακρίνονται σε: ανθρακίτη, πισσούχος λιθάνθρακας, λιγνίτης και τύρφη.

Εκτός του άνθρακα, που αποτελεί το κύριο συστατικό τους, περιέχουν υδρογόνο, οξυγόνο, θείο, μικρή ποσότητα αζώτου και ανόργανων προσμείξεων, τέλος περιέχουν και ποσοστό υγρασίας, το οποίο ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με την ποιότητά τους και τις κοιτασματολογικές τους συνθήκες.

Η αποσύνθεση των φυτικών υλών στους ορυκτούς άνθρακες έγινε με την απουσία αέρος και με την επίδραση διάφορων μικροοργανισμών, οι οποίοι υποβοήθησαν την αναερόβιο βιοχημική αποσύνθεση. Κατά την αποσύνθεση αυτή, που χαρακτηρίζεται και ως αυτανθράκωση, ο εμπλουτισμός των φυτικών λειψάνων σε άνθρακα συντελείται λόγω της μερικής απομάκρυνσης του περιεχόμενου οξυγόνου, υδρογόνου και αζώτου. Λόγω της προέλευσής τους από τον έμβιο κόσμο και μάλιστα τον φυτικό, οι ορυκτοί άνθρακες ονομάστηκαν και φυτοβιόλιθοι.

Παρόλο που ορισμένοι άνθρακες αποτέθηκαν πριν από τετρακόσια περίπου εκατομμύρια χρόνια, η μεγάλη ανάπτυξη των ανθρακοφόρων οριζόντων έγινε πριν από διακόσια πενήντα περίπου εκατομμύρια χρόνια, κατά τη διάρκεια του Κατώτερου και Ανώτερου Λιθανθρακοφόρου. Το σχετικά θερμό και υγρό κλίμα που επικράτησε κατά τις περιόδους αυτές σε πολλές περιοχές του πλανήτη ευνόησε την ανάπτυξη έντονης βλάστησης, κυρίως από γιγαντιαίες πτέριδες και πρωτόγονα γυμνόσπερμα. Η ταφή των φυτών αυτών σε αβαθή έλη είχε ως συνέπεια την αποσύνθεσή τους με συνθήκες αναερόβιες (χωρίς οξυγόνο) και τη δημιουργία ορυκτών ανθράκων. Η απόθεση νεότερων ιζημάτων και η συμπίεση των σχηματισμών αυτών από τις υπερκείμενες αποθέσεις συνετέλεσε στην όλο και εντονότερη ενανθράκωση και στη δημιουργία ορυκτών ανθράκων καλύτερης ποιότητας. Τέλος περαιτέρω έντονες τεκτονικές πιέσεις προερχόμενες από πτυχώσεις κατά τις περιόδους των ορογενέσεων οδήγησαν στη δημιουργία των ανθρακίτων.

Οι αρχαίοι Έλληνες γνώριζαν τη φυτική προέλευση των ορυκτών ανθράκων, σε μεταγενέστερες, όμως, περιόδους επικράτησαν διάφορες θεωρίες για την προέλευσή τους, όπως, π.χ. ότι είναι λείψανα υπόγειων εμβρυωδών φυτικών μορφών. Πάντως από το δέκατο έκτο αιώνα και μετά άρχισε να γίνεται κατανοητός ο

τρόπος σχηματισμού των ορυκτών ανθράκων και η καθαρά φυτική προέλευσή τους. Από τους σχηματισμούς αυτούς οι πλουσιότεροι σε άνθρακα είναι εκείνοι στους οποίους η ενανθράκωση διήρκησε περισσότερο χρόνο, συνεπώς εκείνοι που σχηματίστηκαν σε παλαιότερες γεωλογικές εποχές και έχουν καλυφθεί από μεγαλύτερο πάχος υπερκείμενων αποθέσεων.

Οι ορυκτοί άνθρακες, ανάλογα με τη σύνθεσή τους, με την προέλευσή τους, τον βαθμό της ενανθράκωσής τους και τη θερμαντική τους ικανότητα διακρίνονται στις ακόλουθες τέσσερις σημαντικότερες κατηγορίες:

1. Ανθρακίτης (Anthracite), περιέχει άνθρακα περισσότερο από 86%, έχει χρώμα μαύρο, χαμηλή υγρασία, λίγα πτητικά συστατικά, καίγεται με χαμηλή κυανή φλόγα χωρίς να αναδίδει καπνό, έχει μεγάλη θερμαντική ικανότητα και χρησιμοποιείται, κυρίως, για οικιακές χρήσεις.
2. Βιτουμενιούχος ή Πισσούχος Λιθάνθρακας (Bituminous Coal). Η περιεκτικότητά του σε άνθρακα κυμαίνεται από 70- 86%, έχει συνήθως χαμηλή υγρασία, μέτρια ή υψηλή περιεκτικότητα σε πτητικά συστατικά και χρώμα μαύρο. Λείψανα φυτικών ιστών, συνήθως, δεν είναι ορατά στους άνθρακες αυτούς, οι οποίοι αναφλέγονται εύκολα και καίγονται με κίτρινη φλόγα, αναδίδοντας καπνό. Αυτός είναι ο ορυκτός άνθρακας που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη εμπορικότητα και χρησιμεύει ως καύσιμο στις ατμομηχανές, για θέρμανση και για παραγωγή φωταερίου.
3. Λιγνίτης (Lignite), περιέχει άνθρακα 60- 70% περίπου σε ξηρά κατάσταση, υγρασία 20- 50% και άφθονα πτητικά συστατικά, το χρώμα του είναι καστανό διάφορων αποχρώσεων και διατηρεί, συνήθως, τον ξυλώδη ιστό.
4. Τύρφη (Peat), έχει ποσοστό άνθρακα 50- 60% σε ξηρά κατάσταση, είναι πρόσφατο οργανικό ίζημα με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, που κυμαίνεται από 70- 90%. Ανάλογα με τη φυτική της προέλευση διακρίνουμε: σφαγνοβρουοτύρφη, υπνοβρουοτύρφη, καλαμοψαθοτύρφη και χουμοτύρφη. (Νικολάου, Μ., 2005)

## 1.2 ΛΙΓΝΙΤΗΣ- ΤΡΟΠΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ

Ο λιγνίτης είναι ένα ορυκτό στερεό καύσιμο το οποίο δημιουργήθηκε στα έγκατα της γης ύστερα από μακροχρόνιες διαδικασίες που έδρασαν σε υπολείμματα φυτών (αυτές τις μακροχρόνιες διαδικασίες ονομάστηκαν διεργασίες ενανθράκωσης επειδή έχουν ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό των φυτικών υπολειμμάτων σε άνθρακα). Οι λιγνιτικές λεκάνες αποτελούσαν αβαθείς λίμνες και έλη όπου αναπτύσσονταν πλούσια βλάστηση. Με την πάροδο του χρόνου μεγάλες ποσότητες φυτικού υλικού, κάτω από την πίεση γαιωδών υλικών και με την επίδραση μικροοργανισμών, μετατράπηκαν σταδιακά σε λιγνίτη.<sup>1</sup>

Μέσω των διεργασιών ενανθράκωσης σχηματίζονται οι ορυκτές καύσιμες ύλες που ονομάζονται γαιάνθρακες. Όσο πιο μεγάλος είναι ο βαθμός ενανθράκωσης του γαιάνθρακα τόσο πιο πλούσιος είναι αυτός σε άνθρακα, συνεπώς τόσο πιο μεγάλη είναι η θερμαντική του ικανότητα και έτσι τόσο πιο καλό καύσιμο αποτελεί. Το αρχικό στάδιο της ενανθράκωσης έχει ως αποτέλεσμα την μετατροπή των φυτών σε τύρφη ,που είναι ο πιο φτωχός σε άνθρακα γαιάνθρακας. Με την πάροδο του χρόνου, την επίδραση της θερμοκρασίας και της πίεσης η τύρφη μετατρέπεται σε λιγνίτη. Μάλιστα για τον σχηματισμό 1m<sup>3</sup> λιγνίτη έχει υπολογιστεί ότι απαιτείται ένα χρονικό διάστημα που κυμαίνεται από 1000 έως 4000 χρόνια. Οι λιγνίτες έχουν 65-80% άνθρακα (C), 5,5% H, 15% O, 10- 60% υγρασία, 45- 60% πτητικά και θερμαντική ικανότητα 1800-7000kcal/kg. Η θερμαντική αυτή ικανότητα (θερμογόνος δύναμη) των λιγνιτών είναι 3 έως και 7 φορές μικρότερη από αυτήν του λιθάνθρακα και 5 έως 10 φορές μικρότερη από αυτήν του πετρελαίου. Το ειδικό βάρος του λιγνίτη κυμαίνεται από 1,09 gr/cm<sup>3</sup> έως 1,40 gr/cm<sup>3</sup>.

Τα σημαντικότερα λιγνιτικά κοιτάσματα σχηματίστηκαν σε αβαθείς λίμνες και έλη κλειστών ενδοηπειρωτικών λεκανών (κατά την νεοτριτογενή και τεταρτογενή γεωλογική περίοδο) με κύριο χαρακτηριστικό τους τον έντονο τεκτονισμό. (<http://www.dei.gr/Default.aspx?id=897&nt=18&lang=1>, αναγνώσθηκε στις 12/06/2011)

---

<sup>1</sup> Στην Ελλάδα ο λιγνίτης δημιουργήθηκε από τις αρχές του Καινοζωϊκού αιώνα μέχρι τους πρόσφατους γεωλογικούς χρόνους

### 1.3 Ο ΛΙΓΝΙΤΗΣ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

Η τεράστια ανάπτυξη της βιομηχανίας, που άρχισε το δέκατο όγδοο αιώνα και άλλαξε τη μορφή του Δυτικού κόσμου, άρχισε από τη χρησιμοποίηση των ορυκτών ανθράκων, αντί των ξυλανθράκων, στη μεταλλουργική βιομηχανία, αλλά και τη χρήση των ορυκτών αυτών καυσίμων στις ατμομηχανές, για την παραγωγή ενέργειας απαραίτητης τόσο στη βιομηχανία, όσο και στις χερσαίες και θαλάσσιες μεταφορές. Τα εκτεταμένα κοιτάσματα ανθράκων της Ευρώπης και των ΗΠΑ αποτέλεσαν τη βάση της Βιομηχανικής Επανάστασης.

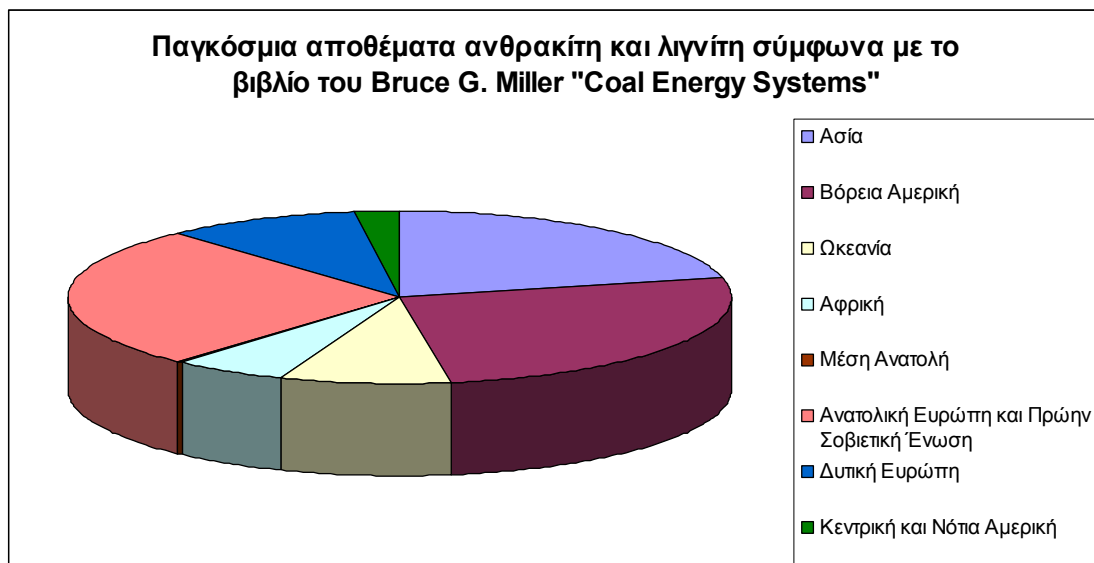
Εντυπωσιακό χαρακτηριστικό της κατανομής των ορυκτών ανθράκων στη Γη, είναι η μεγάλη ανάπτυξή τους κυρίως στο βόρειο ημισφαίριο. Ελάχιστες χώρες από αυτές που βρίσκονται βορείως του Ισημερινού στερούνται παντελώς κοιτασμάτων γαιανθράκων.

Μεγάλες παραγωγές ορυκτών ανθράκων πραγματοποιούνται στην Κίνα, Ρωσία, ΗΠΑ, Καναδά, Ηνωμένο Βασίλειο, Γερμανία, Πολωνία, Τσεχία και Σλοβακία, Ουγγαρία, Γαλλία, Βέλγιο, Ολλανδία, Ισπανία, Ινδία, Ιαπωνία, Νότια Αφρική και Αυστραλία (Πίνακας 1.1 και Πίνακας 1.2). (Νικολάου, Μ., 2005)

Αποθέματα λιγνίτη στον κόσμο:  $444,5 \cdot 10^9$  τόνοι

Αποθέματα λιθάνθρακα στον κόσμο:  $640,7 \cdot 10^9$  τόνοι

Αποθέματα τύρφης στον κόσμο:  $5 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$  (Σχ.1.1)



Σχ. 1.1: Παγκόσμια αποθέματα ανθρακίτη και λιγνίτη (πηγή: βασισμένο σε στοιχεία του βιβλίου του Bruce G. Miller "Coal Energy Systems" (Elsevier Academic Press, 2005))

Ασία	231,272* 10 <sup>9</sup> tn
Βόρεια Αμερική	282,444* 10 <sup>9</sup> tn
Ωκεανία	91,122* 10 <sup>9</sup> tn
Αφρική	61,032* 10 <sup>9</sup> tn
Μέση Ανατολή	1,885* 10 <sup>9</sup> tn
Ανατολική Ευρώπη και Πρώην Σοβιετική Ένωση	290,183* 10 <sup>9</sup> tn
Δυτική Ευρώπη	101,343* 10 <sup>9</sup> tn
Κεντρική και Νότια Αμερική	23,977* 10 <sup>9</sup> tn

Πίνακας 1.1: Παγκόσμια αποθέματα ανθρακίτη και λιγνίτη (πηγή: το βιβλίο του Bruce G. Miller "Coal Energy Systems" (Elsevier Academic Press, 2005))

Η ετήσια παραγωγή μερικών χωρών:

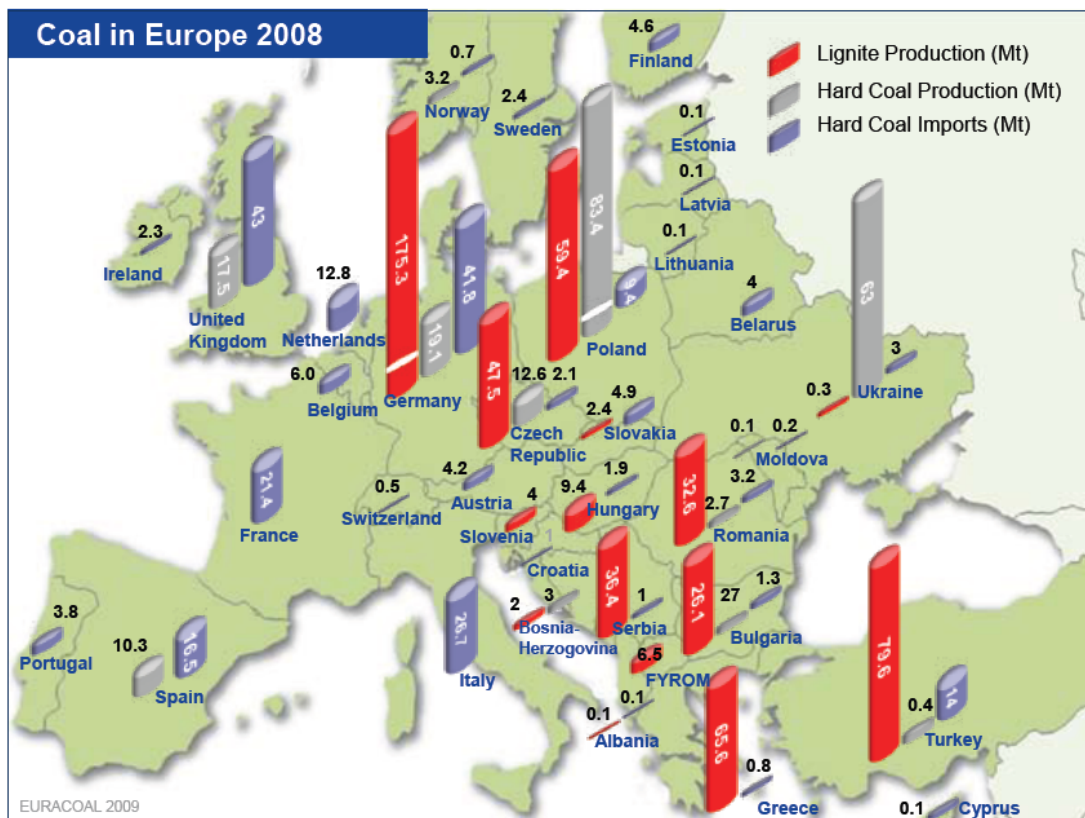
USA	1110*10 <sup>6</sup> tn
Αυστραλία	391*10 <sup>6</sup> tn
Ρωσία	309*10 <sup>6</sup> tn
Νότια Αφρική	268*10 <sup>6</sup> tn
Ινδία	444*10 <sup>6</sup> tn
Κίνα	2156*10 <sup>6</sup> tn

Πίνακας 1.2: Ετήσια παραγωγή μερικών χωρών (πηγή: DOE/EIA IEA από βιβλίο «The future of Coal» an interdisciplinary MIT study (2007 Massachusetts Institute of Technology))



## 1.4 Ο ΛΙΓΝΙΤΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ο λιγνίτης βρίσκεται σε αφθονία στο υπέδαφος της Ελλάδας, γεγονός άλλωστε το οποίο του προσέδωσε τον χαρακτηρισμό ως «εθνικό καύσιμο». Η Ελλάδα είναι δεύτερη σε παραγωγή λιγνίτη ανάμεσα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και πέμπτη σε ολόκληρο τον κόσμο<sup>2</sup>, δεδομένα τα οποία αποδεικνύουν την έντονη εξάρτηση της χώρας μας από τον λιγνίτη. Εάν αναλογιστούμε το μέγεθος της χώρας μας σε σχέση με πολλές άλλες Ευρωπαϊκές και μη, κατανοούμε το μέγεθος των αποθεμάτων της Ελλάδας σε λιγνίτη και συνεπώς την ανάγκη εκμετάλλευσής τους<sup>3</sup> (Εικ. 1.1 και Σχ. 1.2).



Εικ. 1.1: Παραγωγή λιγνίτη και λιθάνθρακα και εισαγωγές λιθάνθρακα στον ευρωπαϊκό χώρο το έτος 2008, πηγή: An Energy Strategy for Europe: Importance and Best Use of Indigenous Coal (Euracoal, 2009)

<sup>2</sup> Σύμφωνα με τα φυλλάδια που δόθηκαν στο “Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας” και σύμφωνα με το «ΤΕΕ, Αθήνα, 9-10 Ιουνίου, 2005» η Ελλάδα βρίσκεται στην πέμπτη θέση σε παγκόσμια κλίμακα. Εντούτοις σύμφωνα με τον κ. Καραμπακάκη η χώρα μας βρίσκεται στην έκτη θέση της παγκόσμιας κλίμακας.

<sup>3</sup> Σήμερα οι κυριότερες χρήσεις του ελληνικού λιγνίτη είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η παραγωγή αζωτούχων λιπασμάτων, που είναι απαραίτητα για τη γεωργία (Νικολάου, Μ., 2005)



Σχ. 1.2: Κατάταξη Ευρωπαϊκών χωρών με βάση την παραγωγή λιγνίτη (πηγή: ΤΕΕ, Αθήνα, 9-10 Ιουνίου, 2005)

Σήμερα, τα επιβεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα λιγνίτη στην Ελλάδα υπολογίζονται σε περίπου  $5 \cdot 10^9$  tn.<sup>4</sup> Όμως δεν είναι όλα τα κοιτάσματα του λιγνίτη κατάλληλα για ενεργειακή εκμετάλλευση (για τεχνικο- οικονομικούς λόγους).

Τα κοιτάσματα λιγνίτη που είναι ενεργειακά εκμεταλλεύσιμα και δεν έχουν εξορυχτεί ακόμα ανέρχονται σήμερα σε περίπου  $3,1 \cdot 10^9$  tn<sup>5</sup> (αυτοί οι τόνοι λιγνίτη ισοδυναμούν με  $450 \cdot 10^6$  tn πετρελαίου). Από αυτούς τους  $3,1 \cdot 10^9$  tn λιγνίτη ,που αποτελούν το σημερινό εκμεταλλεύσιμο απόθεμα λιγνίτη της Ελλάδας, οι  $1,8 \cdot 10^9$  tn<sup>6</sup> βρίσκονται στις περιοχές Πτολεμαΐδας, Αμυνταίου και Φλώρινας , οι  $0,9 \cdot 10^9$  tn βρίσκονται στην περιοχή της Δράμας, οι  $169 \cdot 10^6$  tn βρίσκονται στην περιοχή της Ελασσόνας και οι  $223 \cdot 10^6$  tn βρίσκονται στην περιοχή της Μεγαλόπολης (στην Πελοπόννησο) (Εικ. 1.2 και Εικ. 1.3).

Τα παραπάνω δεδομένα συνοψίζονται στον πίνακα 1.3:

<sup>4</sup> Σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα της ΔΕΗ τα επιβεβαιωμένα αποθέματα λιγνίτη της χώρας μας είναι  $5 \cdot 10^9$  tn. Ωστόσο σύμφωνα με τις μελέτες που μελετήθηκαν στα γραφεία της ΔΕΗ στη Ροσινιόλ τα επιβεβαιωμένα αποθέματα λιγνίτη της Ελλάδας είναι  $4,5 \cdot 10^9$  tn. Η απόκλιση είναι σχετικά μικρή καθώς 1)τα νούμερα δεν είναι απόλυτα (έγινε αναφορά σε «περίπου» 5δισ τόνους) και 2) οι έρευνες για εντοπισμό κοιτασμάτων λιγνίτη συνεχίζονται. Επιπρόσθετα σύμφωνα με το ΙΓΜΕ το 2005 τα βεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα λιγνίτη της Ελλάδας ανέρχονταν σε  $6,7 \cdot 10^9$  tn.

<sup>5</sup> Σύμφωνα με την ιστοσελίδα της ΔΕΗ τα ενεργειακά εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη της χώρας μας είναι  $3,2 \cdot 10^9$  tn. Σύμφωνα με το βιβλίο του Bruce G. Miller “Coal Energy Systems” (2005) τα αποθέματα λιγνίτη της χώρας μας είναι  $3,168 \cdot 10^9$  tn. Σύμφωνα με το ΙΓΜΕ το 2005 τα ενεργειακά εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη της Ελλάδας εκτιμούνταν σε  $3,3 \cdot 10^9$  tn. Ενώ σύμφωνα με το BP Statistical Review of World Energy June 2010 (που αποτελεί και το πιο πρόσφατα ενημερωμένο υλικό σε σχέση με τα προηγούμενα) «Τα επιβεβαιωμένα αποθέματα λιγνίτη της χώρας υπολογίστηκαν στο τέλος του 2009 σε  $3,9 \cdot 10^9$  tonnes (δηλαδή 0,5% των συνολικών παγκόσμιων αποθεμάτων) με εκτιμώμενη διάρκεια ζωής περίπου 62 χρόνια. Η παραγωγή λιγνίτη στην Ελλάδα το 2009 έφτασε τους 8100000 tonnes»

## Επιβεβαιωμένα ενεργειακά εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη στην Ελλάδα

Περιοχή	tn λιγνίτη
Πτολεμαΐδας, Αμυνταίου, Φλώρινας	1.800.000.000 <sup>7</sup>
Δράμας <sup>8</sup>	900.000.000
Ελασσόνας <sup>9</sup>	169.000.000
Μεγαλόπολης	223.000.000 <sup>10</sup>
<b>Σύνολο</b>	<b>3.092.000.000</b>

Πίνακας 1.3: Επιβεβαιωμένα ενεργειακά εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη στην Ελλάδα (πηγή: ιστοσελίδα της ΔΕΗ)

Η ποσότητα λιγνίτη που έχει εξορυχτεί μέχρι σήμερα στη χώρα μας ανέρχεται στους  $1,3 \cdot 10^9$  tn. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί στο 29% περίπου των συνολικών ενεργειακά εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη της Ελλάδας.

Δηλαδή,  $1,3 \cdot 10^9$  tn λιγνίτη που εξορύχτηκαν από το έδαφος  
 $3,1 \cdot 10^9$  tn λιγνίτη που υπάρχει η δυνατότητα να εξορυχτούν στο μέλλον

Άθροισμα:  $4,4 \cdot 10^9$  tn λιγνίτη που υπήρχε στην Ελλάδα (πριν αρχίσει η εξόρυξή του) και ήταν ενεργειακά εκμεταλλεύσιμος<sup>11</sup>

Άρα

$1,3 \cdot 10^9$  tn λιγνίτη έχουν εξορυχτεί από τους  $4,4 \cdot 10^9$  tn εκμεταλλεύσιμου λιγνίτη της χώρας  
 $x$   $100$

Επομένως  $x = 29 \rightarrow$  Έχει εξορυχτεί το 29% περίπου των συνολικών ενεργειακά εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη της Ελλάδας

Δηλαδή, υπάρχει η δυνατότητα εκμετάλλευσης του υπόλοιπου 71% αυτών των αποθεμάτων για την παραγωγή ενέργειας. Το ποσοστό αυτό που αντιστοιχεί φυσικά στην ποσότητα των  $3,1 \cdot 10^9$  tn λιγνίτη επαρκεί για τα επόμενα περίπου 40 χρόνια<sup>12</sup>.

<sup>7</sup> Σύμφωνα με το ΤΕΕ, Αθήνα, 9-10 Ιουνίου, 2005 τα επιβεβαιωμένα ενεργειακά εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη της περιοχής Πτολεμαΐδας, Αμυνταίου, Φλώρινας είναι  $1876 \cdot 10^6$  tn

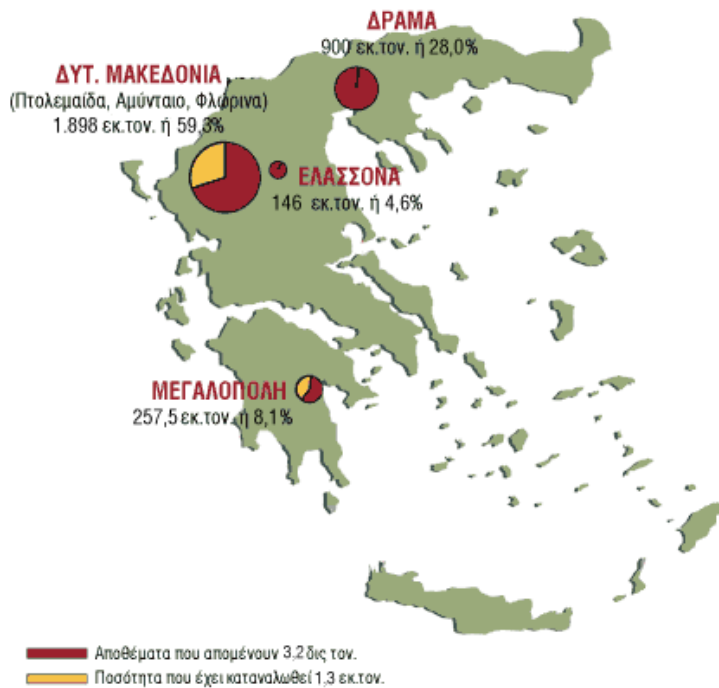
<sup>8</sup> Η ΔΕΗ δεν αναπτύσσει ακόμα λιγνιτική δραστηριότητα σε αυτά τα αποθέματα, καθώς έχει αποκτήσει μόνο το δικαίωμα έρευνας (δεν έχει το δικαίωμα εκμετάλλευσης αυτών)

<sup>9</sup> Η ΔΕΗ δεν αναπτύσσει ακόμα λιγνιτική δραστηριότητα σε αυτά τα αποθέματα, καθώς έχει αποκτήσει μόνο το δικαίωμα έρευνας (δεν έχει το δικαίωμα εκμετάλλευσης αυτών)

<sup>10</sup> Σύμφωνα με το ΤΕΕ, Αθήνα, 9-10 Ιουνίου, 2005 τα επιβεβαιωμένα ενεργειακά εκμεταλλεύσιμα αποθέματα λιγνίτη της περιοχής της Μεγαλόπολης είναι  $251 \cdot 10^6$  tn

<sup>11</sup> Γιατί ο συνολικός λιγνίτης που υπήρχε στη χώρα μας φυσικά ήταν  $5 \cdot 10^9$  tn  $+ 1,3 \cdot 10^9$  tn  $= 6,3 \cdot 10^9$  tn

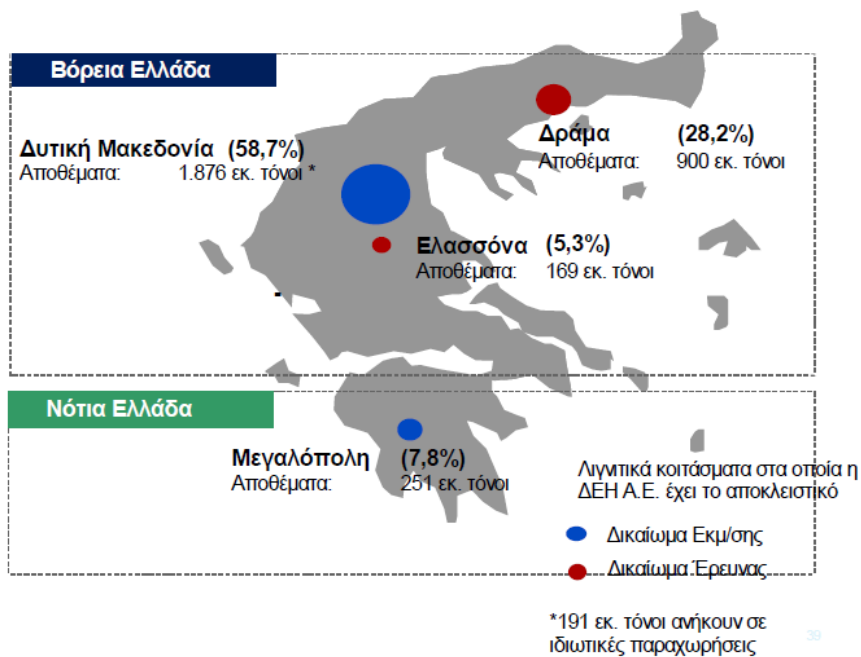
<sup>12</sup> Σύμφωνα με την παρουσίαση την οποία έκανε ο κ. Καραμπακάκης στην Πτολεμαΐδα επαρκούν για τα επόμενα 40 χρόνια. Εντούτοις, στην επίσημη ιστοσελίδα της ΔΕΗ αναφέρει: «Με βάση τα συνολικά αποθέματα και τον προγραμματιζόμενο ρυθμό κατανάλωσης στο μέλλον, υπολογίζεται ότι στην Ελλάδα οι υπάρχουσες ποσότητες λιγνίτη επαρκούν για τα επόμενα 45 χρόνια». Επιπλέον σύμφωνα με το BP Statistical Review of World Energy June 2010 η εκτιμώμενη διάρκεια ζωής των λιγνιτικών αποθεμάτων είναι περίπου 62 χρόνια.



Εικ. 1.2: Γεωγραφική Κατανομή Αποθεμάτων Λιγνίτη (πηγή: ιστοσελίδα της ΔΕΗ)



**ΧΑΡΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΙΜΩΝ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ**



Εικ. 1.3: Κατανομή εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη στον Ελληνικό χώρο (πηγή: ΤΕΕ, Αθήνα, 9-10 Ιουνίου, 2005)

## 1.5 ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ ΛΙΓΝΙΤΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (ΣΤΟΙΧΕΙΑ 2010)

Οι πίνακες που ακολουθούν προέρχονται από απολογιστικά στοιχεία της Διεύθυνσης Ορυχείων (γραφεία Δ.Ε.Η. στη Ροσινιόλ)

### ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΙΜΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΑΠΟ 1.1.2010

Ορυχείο	Λιγνίτης (Mt)	Εκσκαφές (MFm <sup>3</sup> )	Σχέση εκμετάλλευσης (m <sup>3</sup> /t)	Μέση Τ.ε.ξ. (%)	Μέση υγρασία (%)	Μέση Κ.Θ.Ι. (kcal/kg)
<b>ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ</b>	<b>1176,2</b>	<b>8148,5</b>	<b>6,1</b>	<b>30,1</b>	<b>53,8</b>	<b>1392</b>
Κύριο Πεδίο	179,1	865,0	4,0	29,3	56,5	1278
Μαυροπηγή	174,1	831,0	3,9	29,2	56,6	1280
Αν. Επ. Κομάνου	5,0	34,0	6,0	31,5	53,1	1215
<b>Νότιο Πεδίο</b>	<b>407,9</b>	<b>2910,0</b>	<b>6,3</b>	<b>28,4</b>	<b>55,7</b>	<b>1299</b>
<b>ΝΔ Πεδίο (Υψηλάντη)</b>	<b>339,0</b>	<b>2127,5</b>	<b>5,4</b>	<b>27,7</b>	<b>55,6</b>	<b>1406</b>
Κυρίως ορυχείο	324,0	2050,5	5,5	27,7	55,5	1410
Οικ. Κομάνου	15,0	77,0	4,3	27,8	56,8	1330
<b>Αμύνταιο</b>	<b>105,0</b>	<b>757,0</b>	<b>6,4</b>	<b>38,1</b>	<b>52,7</b>	<b>1324</b>
Αμύνταιο+Ανάργυροι	77,9	582,3	6,6	38,4	51,4	1350
Λακκιά	27,1	174,7	5,6	37,2	56,5	1250
<b>ΦΛΩΡΙΝΑ</b>	<b>145,2</b>	<b>1489,0</b>	<b>9,4</b>	<b>35,5</b>	<b>42,1</b>	<b>1810</b>
Λόφοι-Μελίτη	43,0	514,0	11,2	30,8	46,9	1785
Βεύη (ΔΕΗ)	60,0	598,2	9,2	40,0	38,0	1870
Κλειδί	42,2	376,8	8,1	34,1	43,0	1750
<b>ΠΕΛΟΠΟΝΗΣΟΣ(ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ)</b>	<b>227,5</b>	<b>856,0</b>	<b>2,9</b>	<b>38,6</b>	<b>59,1</b>	<b>1044</b>
Χωρέμι	131,5	361,0	1,9	38,6	59,4	1033
Μαραθούσα	74,0	424,0	4,9	38,4	57,3	1120
Κυπαρίσια	22,0	71,0	2,4	39,5	63,5	851
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>1403,7</b>	<b>9004,5</b>	<b>5,6</b>	<b>31,5</b>	<b>54,7</b>	<b>1336</b>

**ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ  
ΜΕ ΤΗΝ 1/1/2010**

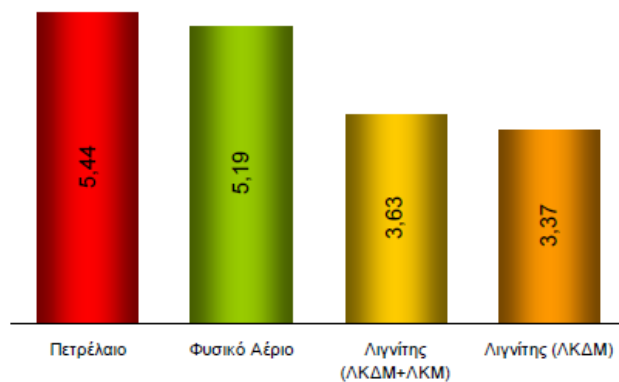
Πεδίο	Συνολικές εκσκαφές (εκ. M <sup>3</sup> )	Απολήψ. λιγνίτης (εκ. T)	Μέση σχέση εκμ/σης (m <sup>3</sup> /t)	Μέση ΚΘΔ (kcal/kg)
<b>Πτολεμαΐδα-ΔΕΗ</b>				
Μαυροπηγή	831	174,00	3,94	1280
ΝΔ Πεδίο (τομείς 7,8&9)	1775	270	5,73	1434
Πεδίο Οικισμού Κομάνου	77	15	4,3	1330
Υπόλοιπο Τομέα 6 <sup>Α</sup> 1	140	23	5,25	1265
Βορειοδυτικά Πρανή	91	20	3,7	1298
Βυθισμένη περιοχή	45	11,00	3	1320
Νότιο Πεδίο	2910	408,00	6,3	1299
Κόμανος – ΑΕΚ	34	5,00	6	1239
<b>ΣΥΝΟΛΟ Πτολεμαΐδα-ΔΕΗ</b>	<b>5903</b>	<b>926,00</b>	<b>5,54</b>	<b>1335</b>
<b>Αμύνταιο-ΔΕΗ</b>				
<b>Αμύνταιο-Λακκιά</b>	<b>757</b>	<b>105,00</b>	<b>6,4</b>	<b>1324</b>
<b>Φλώρινα-ΔΕΗ</b>				
Κλειδί	376,8	42,2	8,1	1750
Βεύη (ΔΕΗ) - Συνεκμετάλλευση	598,2	60	9,2	1870
Λόφοι-Μελίτη	514	43	11,2	1785
<b>ΣΥΝΟΛΟ Φλώρινα-ΔΕΗ</b>	<b>1489</b>	<b>145,2</b>	<b>9,4</b>	<b>1810</b>
<b>Λοιπά κοιτάσματα-ΔΕΗ</b>				
Κομηνά I-II + Μεσόβουνο	722	95,37	6,83	1581
Προάστιο	2602	235,61	10,21	1685
Κομηνά III	1545	48,00	31,43	1597
Άγιος Χριστόφορος	544	50,00	10,04	1349
Ανατολικό	1780	104,00	16,35	2105
<b>ΣΥΝΟΛΟ Λοιπά κοιτάσματα- ΔΕΗ</b>	<b>7193</b>	<b>532,98</b>	<b>12,66</b>	<b>1.709</b>
<b>Πιθανά αποθέματα</b>				
Επέκταση Σαριγκιόλ	1102	144,2	6,83	1299
Τομέας Κ	450	50	8,2	1264
<b>ΣΥΝΟΛΟ Πιθανά αποθέματα</b>	<b>1552</b>	<b>194,2</b>	<b>7,16</b>	<b>1284</b>
<b>Φλώρινα-Ιδιώτες</b>				
Βεύη (τ Βαρβούτη- Συνεκμετάλλευση)	880	90	9	2300
Αγλάδα (Ρόζα)	450	62	6,5	1750
<b>ΣΥΝΟΛΟ Φλώρινα-Ιδιώτες</b>	<b>1330</b>	<b>152</b>	<b>7,98</b>	<b>2076</b>

## 1.6 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ

Σε σύγκριση με άλλα καύσιμα (Σχ. 1.3), τα κύρια πλεονεκτήματα του λιγνίτη ως στρατηγικής σημασίας καύσιμο για την ΔΕΗ Α.Ε. και τη χώρα είναι τα ακόλουθα:

- 1) Χαμηλό κόστος εξόρυξης – Ανταγωνιστικότητα Λιγνιτικής kWh
- 2) Ασφάλεια τροφοδοσίας
- 3) Σταθερότητα τιμών έναντι των έντονων διακυμάνσεων των ανταγωνιστικών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο)
- 4) Απασχόληση – Περιφερειακή ανάπτυξη

(<http://www.dei.gr/Default.aspx?id=890&nt=19> ,αναγνώσθηκε στις 12/06/2011)



Σχ. 1.3 Κόστος kWh ανά τύπο καυσίμου (€ /100 kWh) (Τιμές 2003) (πηγή: ΤΕΕ, Αθήνα, 9-10 Ιουνίου, 2005)

## 1.7 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ

Η πρώτη σοβαρή προσπάθεια για την εκμετάλλευση λιγνιτικών κοιτασμάτων στη χώρα μας άρχισε στο Αλιβέρι (Εύβοια) το 1873. Δυστυχώς μια φοβερή πλημμύρα το 1897 κατέστρεψε όλες τις επιφανειακές και υπόγειες εγκαταστάσεις εξόρυξης. Η εκμετάλλευση ξανάρχισε μετά τον πρώτο Παγκόσμιο πόλεμο. Το 1922 η ετήσια παραγωγή έφθασε τους 23.000 τόνους και διατηρήθηκε μέχρι το 1927. Το επόμενο έτος η εκμετάλλευση σταμάτησε για οικονομικούς λόγους.

Μετά το δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο η ανάγκη εξηλεκτισμού της χώρας οδήγησε στην απόφαση κατασκευής ατμοηλεκτρικού σταθμού στο Αλιβέρι, που θα λειτουργούσε αποκλειστικά με λιγνίτη.

Το 1951 ανέλαβε η ΔΕΗ την υπόγεια εκμετάλλευση των Ορυχείων στο Αλιβέρι, κατορθώνοντας να αυξήσει την παραγωγή σε  $750 \cdot 10^3$  tn/χρόνο και να τροφοδοτήσει μονάδες συνολικής ισχύος 230 MW. Στις αρχές της δεκαετίας του 1980 σταμάτησε η λειτουργία του λιγνιτωρυχείου Αλιβερίου.

Οι πρώτες συστηματικές έρευνες για την εντόπιση και αξιολόγηση των λιγνιτών της ευρύτερης περιοχής Πτολεμαΐδας άρχισαν μετά το 1938. Το 1955 συστάθηκε η εταιρία ΛΙΠΤΟΛ που είχε ως αντικείμενο την εκμετάλλευση του λιγνίτη και τη χρησιμοποίησή του για την παραγωγή μπρικετών, αζωτούχων λιπασμάτων, ημικώκ και ηλεκτρικής ενέργειας. Το 1959 το 90% των μετοχών της ΛΙΠΤΟΛ περιήλθαν στη ΔΕΗ. Το 1975 συγχωνεύθηκε η ΛΙΠΤΟΛ στη ΔΕΗ. Η παραγωγή λιγνίτη που ήταν το 1959  $1,3 \cdot 10^6$  tn, αυξήθηκε το 1975 σε  $11,7 \cdot 10^6$  tn, το 1985 σε  $27,3 \cdot 10^6$  tn και το 2006 σε  $49 \cdot 10^6$  tn (περιλαμβάνεται και το ορυχείο Φλώρινας).

Το λιγνιτικό κοιτάσμα Μεγαλόπολης μελετήθηκε επιστημονικά για πρώτη φορά το 1957 και τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά. Το 1969 άρχισε από τη ΔΕΗ η εκμετάλλευση του λιγνίτη. Το γεγονός αυτό ήταν μία ιδιαίτερη περίπτωση σε παγκόσμιο επίπεδο, επειδή για πρώτη φορά τόσο φτωχός λιγνίτης εξορύσσεται και χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το λιγνιτωρυχείο Μεγαλόπολης ξεκίνησε με μία ετήσια παραγωγή  $1 \cdot 10^6$  tn και έφθασε το 2006 τους  $13,5 \cdot 10^6$  tn.

Σήμερα η ΔΕΗ παράγει συνολικά περίπου 63000000tn λιγνίτη σε ετήσια βάση. Η εντυπωσιακή ανάπτυξη των Λιγνιτωρυχείων της ΔΕΗ επιτρέπει στη χώρα μας να κατέχει τη δεύτερη θέση στην παραγωγή λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση, την πέμπτη θέση στην Ευρώπη και την έκτη στον Κόσμο.

(<http://www.dei.gr/Default.aspx?id=896&nt=18&lang=1>, αναγνώσθηκε στις 12/06/2011)



## 1.8 ΤΡΟΠΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ

Κατά τη διάρκεια του Νεογενούς, αλλά και του Τεταρτογενούς γενικότερα, ο ελλαδικός χώρος χαρακτηριζόταν από έντονη νεοτεκτονική δραστηριότητα, η οποία είχε ως αποτέλεσμα να αναπτυχθεί ένα μεγάλος αριθμός κύριων και δευτερευόντων ρηγμάτων, οδηγώντας στο σχηματισμό απομονωμένων ενδοηπειρωτικών ή παράκτιων λεκανών. Απ' αυτές οι ηπειρωτικές αποτελούν το 70% περίπου των νεογενών λιγνιτοφόρων λεκανών, ενώ οι παράκτιες αποτελούν αντίστοιχα το υπόλοιπο 30%.

Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα παράκτιων σχηματισμών στη χώρα μας παρατηρούνται τόσο κατά το Λιθανθρακοπέρμιο, όσο και κατά το Τριτογενές-Τεταρτογενές. Οι σχηματισμοί Λιθανθρακοπερμικής ηλικίας συνιστούν μικρές εμφανίσεις χωρίς κανένα οικονομικό ενδιαφέρον και περιορίζονται σε τρία σημεία, τα Καρδάμυλα της Χίου, την Κεντρική Εύβοια και τη Μονεμβασιά, ενώ μια τέταρτη, που εντοπίστηκε στην Ασαία Αρκαδίας, αναφέρεται στη βιβλιογραφία με το τοπωνύμιο "Καντρέβα". Πρόκειται για μικρών διαστάσεων φακοειδή σώματα πάχους μερικών εκατοστών μέχρι 1,20 m και μήκους λίγων μέτρων.

Ωστόσο, τα σημαντικότερα ελληνικά κοιτάσματα σχηματίστηκαν σε ηπειρωτικές λεκάνες που δεν είχαν καμιά επικοινωνία με τη θάλασσα. Στις λεκάνες αυτές, που βρίσκονται στο εσωτερικό της χέρσου, σχηματίστηκαν τα μεγαλύτερα κοιτάσματα της χώρας, όπως είναι αυτά της Πτολεμαΐδας, Φλώρινας, Μεγαλόπολης κ.ά., χωρίς να έχουν ακόμη εξαντληθεί οι έρευνες τόσο σ' αυτές όσο και σε άλλες ηπειρωτικές λεκάνες, όπως π.χ. της Δράμας, όπου ανακαλύφθηκαν πρόσφατα τεράστια αποθέματα λιγνίτη.

Γεωχρονολογικά, οι κύριες φάσεις σχηματισμού ορυκτών ανθράκων (ενδοηπειρωτικών λεκανών) συμπίπτουν με το Νεογενές (Μειόκαινο-Πλειόκαινο), στο οποίο ανήκουν το 77% των γνωστών λιγνιτικών κοιτασμάτων (με σημαντικότερα αυτά της Πτολεμαΐδας, Κοζάνης, Αλιβερίου κ.ά.) και κατά δεύτερο λόγο (14%) με το Τεταρτογενές (τα σημαντικότερα αυτών είναι τα τυρφοειδούς τύπου λιγνίτη κοιτάσματα της Μεγαλόπολης και της Δράμας, η τύρφη των Φιλιππων και της Έδεσσας). Αυτές οι λιγνιτικές αποθέσεις είναι πολύ μεγάλης οικονομικής σημασίας, καθώς παρέχουν τον κύριο όγκο πρώτης ύλης για ηλεκτροπαραγωγή (Τα παραπάνω δεδομένα έχουν παρθεί από τη διδακτορική διατριβή: Οικονομόπουλος, Ι., 2010.)

## 1.9 ΟΡΥΧΕΙΑ ΒΔ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Το μεγαλύτερο λιγνιτικό κοιτάσμα της Ελλάδας βρίσκεται στην λεκάνη που εκτείνεται από τη Φλώρινα μέχρι την Πτολεμαΐδα. Η περιοχή αυτή ονομάζεται Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας (Λ.Κ.Δ.Μ.) και περιλαμβάνει τα ακόλουθα ορυχεία:

- 1) Ορυχείο Κύριου Πεδίου: Το ορυχείο αυτό περιλαμβάνει τις εκμεταλλεύσεις των κοιτασμάτων Βόρειου Πεδίου, Κομάνου και Μαυροπηγής και έχει ετήσια παραγωγή λιγνίτη 6-8000000tn. Το ορυχείο αυτό καλύπτει τις ανάγκες του ΑΗΣ Πτολεμαΐδας και του Βιομηχανικού Συγκροτήματος της ΛΙΠΤΟΛ.
- 2) Ορυχείο Αχλάδας (Φλώρινας): Το ορυχείο αυτό έγινε το Νοέμβριο του 2001 στο μικρό κοιτάσμα Αχλάδας που βρίσκεται στον Νομό Φλώρινας και έχει ετήσια παραγωγή ξυλίτη 1000000tn. Το ορυχείο αυτό ,μαζί με τα ιδιωτικά λιγνιτωρυχεία της λεκάνης Φλώρινας, καλύπτει τις ανάγκες του ΑΗΣ Μελίτης Αχλάδας.
- 3) Ορυχείο Καρδιάς (Ορυχείο Δημητρίου Υψηλάντη): Το ορυχείο αυτό περιλαμβάνει την εκμετάλλευση του κοιτάσματος του Τομέα 6 και έχει ετήσια παραγωγή λιγνίτη 15000000tn. Το ορυχείο αυτό καλύπτει τις ανάγκες του ΑΗΣ Καρδιάς.
- 4) Ορυχείο Νότιου Πεδίου: Το ορυχείο αυτό περιλαμβάνει την εκμετάλλευση του κοιτάσματος του Νότιου Πεδίου και έχει ετήσια παραγωγή λιγνίτη 18-22000000tn. Το ορυχείο αυτό καλύπτει τις ανάγκες των 5 μονάδων του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου.
- 5) Ορυχείο Αμυνταίου: Το ορυχείο αυτό περιλαμβάνει την εκμετάλλευση του κοιτάσματος του Αμυνταίου και των Αναργύρων και έχει ετήσια παραγωγή λιγνίτη 8-9000000tn. Το ορυχείο αυτό καλύπτει τις ανάγκες του ΑΗΣ Αμυνταίου Φιλώτα.

## 1.10 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ ΒΔ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Η τεκτονική τάφρος της ΒΔ Μακεδονίας είναι μία επιμήκης τάφρος που εκτείνεται πέρα από τα Ελληνικά σύνορα προς βορρά, ξεκινώντας από το Μοναστήρι (Βίτολα) της Πρώην Γιουγκοσλαβικής Δημοκρατίας της Μακεδονίας (Π.Γ.Δ.Μ.) και περιλαμβάνοντας τις πόλεις Φλώρινα, Αμύνταιο και Πτολεμαΐδα φτάνει μέχρι την Κοζάνη στο νότο. Στο σύνολό της η τεκτονική τάφρος έχει μήκος μεγαλύτερο των 150 km, από το βορειότερο τμήμα της στην Π.Γ.Δ.Μ. μέχρι τις λοφοσειρές της Κοζάνης, και μέσο πλάτος περίπου 15 km. Το μέσο απόλυτο υψόμετρο της είναι +600 m και η διεύθυνσή της ΒΒΑ–ΝΝΔ, παράλληλη προς τον ορογραφικό άξονα των Ελληνίδων οροσειρών.



Εικ. 1.4: Μακέτα Λιγνιτοφόρου Λεκάνης Πτολεμαΐδας (πηγή: προσωπική φωτογραφία από τον εκθεσιακό χώρο του Λ.Κ.Δ.Μ.)

Προς τα δυτικά η λεκάνη ορίζεται από τα ορεινά συγκροτήματα του Βέρνον-Βαρνούντα (με υψηλότερη κορυφή το Βίτσι, +2128 m) και του Ασκίου (Σινιάτσικο, +2111 m). Στα ανατολικά υψώνονται το ορεινό συγκρότημα του Βόρα (Καιμάκτσαλαν, +2524 m) και το Βέρμιο (+2027 m). Μεταξύ του Βόρα και του Βερμίου αναπτύσσεται σε υψόμετρο +600 m, η λίμνη της Βεγορίτιδας ως ένα σχεδόν ανεξάρτητο τεκτονικό βύθισμα, περίπου κάθετο προς τη διεύθυνση της μεγάλης επιμήκους τάφρου. Προς νότο η λεκάνη κλείνει από τις λοφοσειρές Δρέπανου – Κοζάνης, που αναπτύσσονται μεταξύ Βερμίου και Ασκίου.

Η τεκτονική τάφρος στο σύνολο της δεν εμφανίζεται ενιαία. Εξάρματα και λοφοσειρές τη χωρίζουν σε επιμέρους γεωλογικές λεκάνες. Το πιο χαρακτηριστικό εξάρμα είναι του “Κλειδιού - Ξυνού Νερού - Αετού”, το οποίο χωρίζει το βόρειο τμήμα, τη “λεκάνη Φλώρινας” η οποία είναι ανοικτή προς βορά, με το νότιο τμήμα που ονομάζεται “λεκάνη Αμυνταίου – Πτολεμαΐδας”. Το ύψωμα Κλειδιού - Ξυνού Νερού - Αετού έχει μέγιστο υψόμετρο +900 m.

Οι τέσσερις λίμνες, Βεγορίτιδα, Πετρών, Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη, οι οποίες εμφανίζονται στην τάφρο, αναπτύσσονται σε συμμετρική διάταξη ως αποτέλεσμα του νεότερου τεκτονισμού (Παυλίδης, 1985). (Οικονομόπουλος 2010. Ορυκτολογική, Ανθρακοπετρογραφική και Παλαιοβοτανική έρευνα του Λιγνιτικού Κοιτάσματος Αχλάδας Ν. Φλωρίνης. Διδ. Διατρ. 280 σελ.)

## 1.11 ΓΕΝΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΒΔ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Πριν από εκατομμύρια χρόνια η γεωγραφική περιοχή που σήμερα οριοθετείται από τις πόλεις Μοναστήρι, Φλώρινα, Αμύνταιο, Πτολεμαΐδα, Κοζάνη και Σερβίες, καλυπτόταν από αβαθείς λίμνες και έλη. Σε διάφορα σημεία αυτής της τεράστιας υδάτινης αβαθούς λεκάνης οι κλιματολογικές συνθήκες επέτρεψαν την ανάπτυξη φυτών που για να αναπτυχθούν χρειάζονται τέτοια ελώδη περιβάλλοντα. Τέτοια φυτά είναι τα καλάμια και τα βρύα, τα οποία λόγω τοπικών κλιματικών συνθηκών (μικροκλίμα) και λόγω ύπαρξης στάσιμων νερών μεγάλωσαν και κάλυψαν αχανείς εκτάσεις. Με την πάροδο του χρόνου μεγάλες ποσότητες από αυτά τα φυτά συγκεντρώθηκαν στον πυθμένα των λιμνών και καλύφθηκαν από γαιώδη υλικά (ιζήματα). Έτσι μετά από την πάροδο ενός μεγάλου χρονικού διαστήματος και με την ταυτόχρονη δράση της πίεσης των γαιωδών υλικών, που κάλυψαν την βλάστηση, και της επίδρασης διαφόρων μικροοργανισμών οι οργανικές ύλες των φυτών μετατράπηκαν σε λιγνίτη.

Η πολλαπλή επανάληψη του παραπάνω φαινομένου είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία λιγνιτικών κοιτασμάτων μορφής Zebra, δηλαδή την δημιουργία των γνωστών σε εμάς σήμερα λιγνιτικών κοιτασμάτων της περιοχής Πτολεμαΐδα - Αμύνταιο. Η μορφή αυτή λιγνιτικών κοιτασμάτων ονομάζεται «μορφή Zebra» επειδή υπάρχουν συνεχείς εναλλαγές στρωμάτων λιγνίτη και ανόργανων γαιωδών υλικών (το λιγνιτικό κοίτασμα δεν είναι ενιαίο). Τα λεπτά στρώματα των ανόργανων γαιωδών υλικών που παρεμβάλλονται στο εσωτερικό του κοιτάσματος ονομάζονται ενδιάμεσα ή στείρα. Ωστόσο, τα ανόργανα γαιώδη υλικά τα οποία έχουν επικαθίσει με την πάροδο του χρόνου πάνω από το νεώτερο στρώμα του λιγνίτη ονομάζεται «υπερκείμενα υλικά». Το πάχος των υπερκείμενων υλικών στην περιοχή της Πτολεμαΐδας κυμαίνεται από 12 έως 230 μέτρα.<sup>13</sup> Τα υπερκείμενα αυτά ανόργανα γαιώδη υλικά είναι συνήθως άμμος, αμμοχάλικας, μαλακός ασβεστόλιθος και άργιλος. Τα απολήψιμα στρώματα λιγνίτη, είναι τα στρώματα του λιγνίτη που στέλνονται στους ΑΗΣ ως καύσιμη ύλη. Το πάχος των απολήψιμων στρωμάτων λιγνίτη της περιοχής είναι περίπου 2 μέτρα και ο αριθμός τους κυμαίνεται από 20 έως 30. (<http://www.dei.gr/Default.aspx?id=899&nt=18&lang=1>, αναγνώσθηκε στις 12/06/2011)

---

<sup>13</sup> Το μέσο πάχος των υπερκείμενων στρωμάτων σύμφωνα με τον κ. Καραμπακάκη είναι 100m

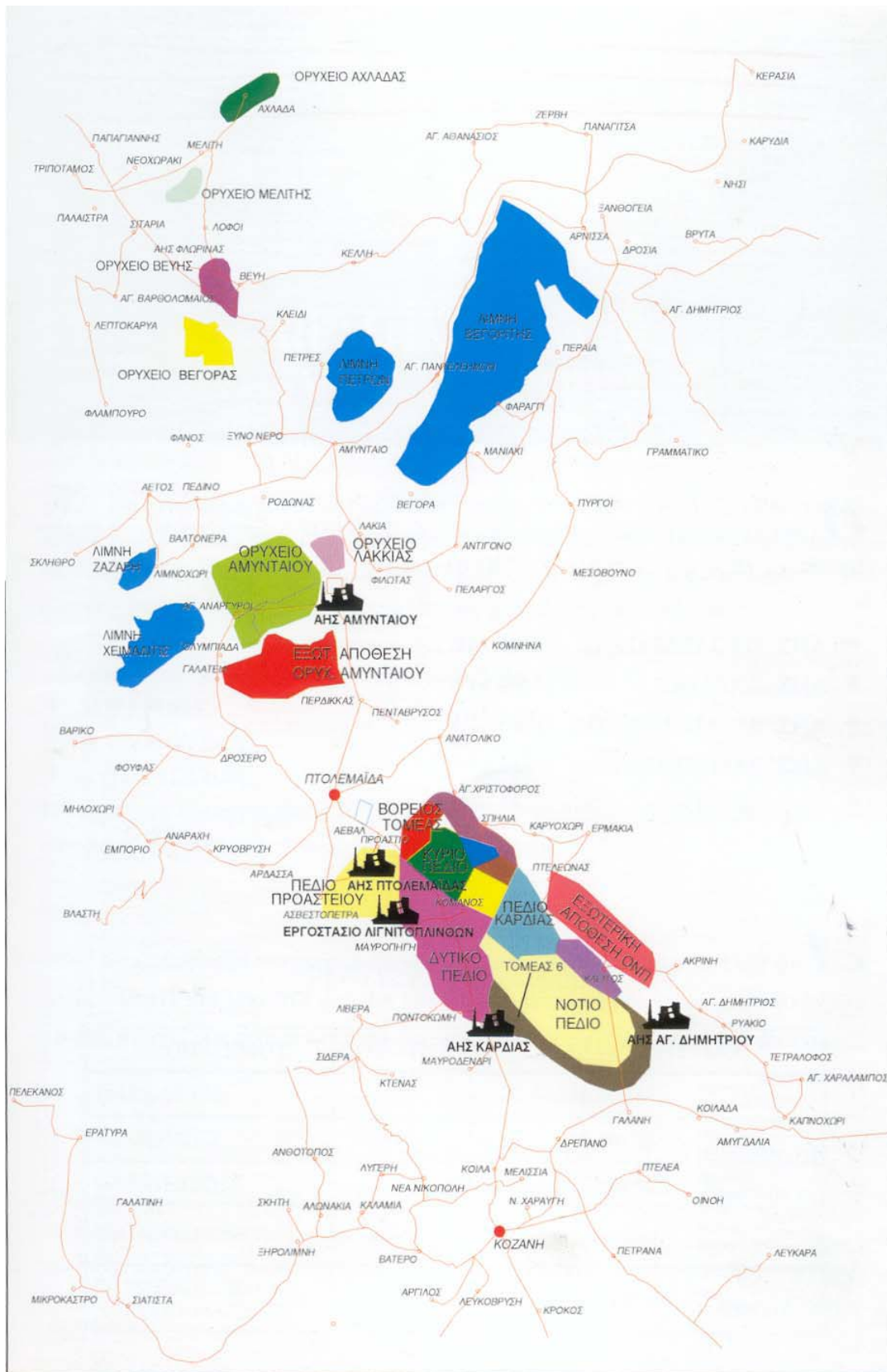
Τέλος ο λιγνίτης της περιοχής της Πτολεμαΐδας έχει θερμαντική ικανότητα 1261- 1615kcal/kg ενώ του Αμυνταίου έχει μόλις 975- 1380kcal/kg. Επομένως καθίσταται σαφές ότι ο λιγνίτης της χώρας μας είναι γενικά χαμηλής ποιότητας, όμως το θετικό του είναι ότι έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε καύσιμο θείο<sup>14</sup>. (<http://www.dei.gr/Default.aspx?id=898&nt=18&lang=1> ,αναγνώσθηκε στις 12/06/2011)

	Γαιώδης λιγνίτης		Ξυλίτης Κομνηνών
	Ποιότητα Α	Ποιότητα ΑΗΣ	
<b>Α. Δείγμα ως έχει</b>			
Υγρασία %	60,6	56,9	41,3
Τέφρα +CO <sub>2</sub>	6,9 + 3,3	12,4 + 5,7	18,2
Μον. Άνθρακα	13,2	11,9	16,1
Πτητικά	13,0	12,8	24,4
Α.Θ.Δ. (Kcal/kg)	1.932''	1.791	2.376
Κ.Θ.Δ.(Kcal/kg)	1.492''	1.375	2.055
<b>Β. Επί Ξηρού δείγματος</b>			
Τέφρα +CO <sub>2</sub>	17,6 + 3,9	28,7 + 6,4	30,7
Μον. Άνθρακα	33,4	27,6	27,7
Πτητικά	33,1	29,8	41,6
Α.Θ.Δ. (Kcal/kg)	4.904	4.155	4.130
Κ.Θ.Δ.(Kcal/kg)	4.697	3.984	3.963

Πίνακας 1.4: Ανάλυση μέσου δείγματος λιγνίτη Πτολεμαΐδας (πηγή: μελέτες που αναγνώσθηκαν στα γραφεία της ΔΕΗ στη Διεύθυνση Ορυχείων στη Ροσινιόλ)

Στο χάρτη του σχήματος 1.4, φαίνεται η κατανομή των εκμεταλλεύσιμων λιγνιτικών κοιτασμάτων στη Δ. Μακεδονία (Σχ. 1.4).

<sup>14</sup> Σύμφωνα με το ΤΕΕ, Αθήνα, 9-10 Ιουνίου, 2005 «Οι λιγνίτες των κοιτασμάτων Δυτικής Μακεδονίας και Μεγαλόπολης, που βρίσκονται υπό εκμετάλλευση ανήκουν στην κατηγορία των φτωχών στερεών καυσίμων. Η ποιότητά τους διαφοροποιείται όχι μόνο από ορυχείο σε ορυχείο αλλά και μεταξύ στρωμάτων του ίδιου ορυχείου. Η θερμιδική δύναμη του ελληνικού λιγνίτη κυμαίνεται μεταξύ 1.050-1.100 Kcal/Kg στα κοιτάσματα της Μεγαλόπολης, μεταξύ 1.800-2.300 Kcal/Kg στα κοιτάσματα της Φλώρινας, μεταξύ 1.300-1.400 Kcal/Kg στα κοιτάσματα της Πτολεμαΐδας (Κυρίου Πεδίου, Νότιου Πεδίου και Καρδιάς) και μεταξύ 1.050-1.300 Kcal/Kg στα κοιτάσματα του Αμυνταίου. Σημειώνεται ότι ο λιγνίτης που εξορύσσεται στο Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας όπου βρίσκονται τα μεγαλύτερα ορυχεία της εταιρείας, περιέχει χαμηλά ποσοστά θείου και υψηλά ποσοστά οξειδίων του ασβεστίου (φυσική αποθείωση), με αποτέλεσμα να είναι λιγότερο επιβαρυντικός για το περιβάλλον».



Σχ. 1.4: Χάρτης Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας (πηγή: ιστοσελίδα της ΔΕΗ)

## 1.12 ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΒΔ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Ο ελληνικός χώρος αποτελεί τμήμα του αλπικού συστήματος πτυχώσεων και είναι γεωδυναμικά ιδιαίτερα ενεργός σήμερα. Η δημιουργία και βαθμιαία εξέλιξη των Ελληνίδων οροσειρών άρχισε το Μεσοζωικό Αιώνα και συνεχίστηκε μέχρι το Μειόκαινο με διαδοχικές φάσεις πτυχώσεων, ενώ από την περίοδο του Μειόκαινου κι έπειτα διαμορφώθηκε μια νέα γεωτεκτονική κατάσταση, η οποία συνεχίζεται μέχρι σήμερα.

Οι αντιλήψεις για την εξέλιξη και διαμόρφωση των ορεινών όγκων του ελληνικού χώρου άρχισαν να διατυπώνονται από τις αρχές του περασμένου αιώνα και συγκεκριμενοποιήθηκαν κατά τις τελευταίες δεκαετίες με τα γεωτεκτονικά σχήματα των Ελληνίδων οροσειρών που προτάθηκαν από διάφορους ερευνητές (Brunn, 1956, Aubuin et al., 1963, Smith and Moors, 1974, Jacobshagen et al., 1978, Mountrakis et al., 1983). Αποτέλεσμα των παραπάνω ερευνών ήταν ο διαχωρισμός του ελλαδικού χώρου σε 13 γεωτεκτονικές ζώνες (Σχ. 1.5).



Σχ. 1.5: Γεωτεκτονικό μοντέλο των Ελληνίδων ζωνών (Jacobshagen , V., 1986).

Η περιοχή που μελετάται εντοπίζεται στον ευρύτερο χώρο της Πελαγονικής Ζώνης, η οποία ορίστηκε αρχικά από τον Kossmat (1924) με τον όρο “Πελαγονική



Μάζα και το κάλυμμά της”, ενώ στη συνέχεια ονομάστηκε “Πελαγονική Ζώνη” από τους Brunh (1956) και Aubuin (1957).

Η Πελαγονική Ζώνη εκτείνεται ως μια επιμήκης ζώνη ΒΒΔ–ΝΝΑ διεύθυνσης, που αρχίζει από την Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας (Π.Γ.Δ.Μ.) και περιλαμβάνοντας τα διαμερίσματα της Μακεδονίας και της Θεσσαλίας φτάνει μέχρι τη βόρεια Εύβοια και τα νησιά Σκιάθο και Σκόπελο, τμήματα των οποίων ανήκουν στη ζώνη αυτή (Παυλίδης, 1985).

Η Πελαγονική Ζώνη συνίσταται από το παλαιοζωικό κρυσταλλοσχιτώδες υπόβαθρο, το μεσοζωικό ανθρακικό κάλυμμα και οφιολίθους (Brunh, 1956). Ο Μουντράκης (1982, 1984) κατέληξε στο συμπέρασμα, ότι τα μεταμορφωμένα πετρώματα της ενότητας του Βόρα και το μεσοζωικό τους κάλυμμα σχηματίζουν μια μεγαδομή, ο άξονας της οποίας κλίνει ελαφρώς προς ΝΑ, ενώ τα μεταμορφωμένα πετρώματα της ενότητας του Βέρνου σχηματίζουν “thrust sheets”, οι οποίες παρουσιάζουν δυτική διεύθυνση. Στην Πελαγονική Ζώνη διακρίνονται πέντε φάσεις πτύχωσης από τις οποίες οι δύο νεότερες έλαβαν χώρα κατά την περίοδο του Τριτογενούς (Ανώτερο Ηώκαινο - Κατώτερο Μειόκαινο) και είναι υπεύθυνες για την προαναφερθείσα μεγαδομή της περιοχής. Επιπλέον ορισμένα από τα μεγάλα μήκους ρήγματα της περιοχής, τα οποία καταδεικνύουν σαφή νεοτεκτονική δραστηριότητα στα περιθώρια της νεογενούς λεκάνης, δημιουργήθηκαν αρχικώς κατά τη διάρκεια των φάσεων της τριτογενούς πτύχωσης και επαναδραστηριοποιήθηκαν σε νεοτεκτονικούς χρόνους (Pavlidis and Mountrakis, 1987). Μετά το πέρας του αλπικού ορογενετικού κύκλου και κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Μειόκαινου, στην περιοχή της ΒΔ Μακεδονίας -όπως και σε ολόκληρο τον ελλαδικό χώρο- αρχίζει ένας έντονος ρηματογόνο τεκτονισμός, κατά τη διάρκεια του οποίου η συνδυασμένη δράση εφελκυστικών τάσεων με διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ και μεγάλου βάθους επιμήκων ρηγμάτων κύριας διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία της τεκτονικής τάφρου Φλώρινας – Πτολεμαΐδας – Αμυνταίου – Κοζάνης – Σερβίων και νοτιότερα της λεκάνης Σαραντάπορου. Η τάφρος συνεχίζει να εκτείνεται προς βορά πέρα από τα ελληνικά σύνορα και μέσα στην Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας (Π.Γ.Δ.Μ.) (Metaxas et al., 2007).

Κατά το Ανώτερο Πλειόκαινο και το Τεταρτογενές η δράση ΒΑ-ΝΔ και ΑΒΑ-ΔΝΔ έως Α-Δ διευθυνόμενων κανονικών ρηγμάτων είχε ως αποτέλεσμα το “σπάσιμο” του αρχικού βυθίσματος σε διαδοχικές, μικρότερου μεγέθους υπολεκάνες. Σχηματίστηκαν έτσι οι λεκάνες Φλώρινας, Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας, Κοζάνης-Σερβίων και Σαραντάπορου (Anastopoulos and Koukoulas, 1972, Pavlidis and Mountrakis, 1987, Doutsos and Koukouvelas, 1998, Koukoulas et al., 2000, Doutsos and

Kokkalas, 2001), οι οποίες κατά περιόδους είτε λειτουργούν ως αυτόνομες λεκάνες είτε επικοινωνούν μεταξύ τους, έχοντας έτσι μια κοινή γεωλογική εξέλιξη. Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις κατά την περίοδο του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς εμφανίζονται οι ίδιοι ή ομόλογοι σχηματισμοί κατά μήκος της τάφρου (Metaxas et al., 2007).

### **1.13 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΒΔ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

Τα επιφανειακά λιγνιτωρυχεία της περιοχής Πτολεμαΐδας καλύπτουν μεγάλο μέρος ενός λεκανοπεδίου που δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια της αλπικής πύκνωσης στο μέσο της τριτογενούς περιόδου. Σε αυτό το ταφροειδές βύθισμα που αποτελείται από μια σειρά υπολεκανών αποτέθηκαν διάφορα ιζήματα, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούσαν στην πάροδο του γεωλογικού χρόνου. Στο κατώτερο πλειόκαινο οι συνθήκες ευνόησαν την απόθεση ξυλιτικών κοιτασμάτων. Τα λιγνιτικά κοιτάσματα σχηματίστηκαν αργότερα, σε μια περίοδο που στο βύθισμα της λεκάνης Πτολεμαΐδας επικρατούσαν συνθήκες αβαθούς λιμνοθάλασσας. Ακολούθησε περίοδος απόσυρσης των υδάτων, οπότε και αποτέθηκαν ποτάμιοι και χερσαίοι ψαμμιτογενείς σχηματισμοί. Στους σύγχρονους χρόνους (τεταρτογενές), το έντονο ανάγλυφο της περιοχής, το κλίμα, το οποίο χαρακτηρίζεται από τις ραγδαίες βροχές και την ξηρή και θερμή καλοκαιρινή περίοδο, και η ιδιαίτερα έντονη ανθρωπογενής δραστηριότητα που χρονολογείται από την παλαιολιθική εποχή, είχαν ως αποτέλεσμα τη σοβαρή υποβάθμιση και σε μεγάλο βαθμό την καταστροφή των εδαφικών πόρων της περιοχής (Ζαραφίδης, Δ., 2005).

Αναλυτικότερα, η στρωματογραφία της ευρύτερης περιοχής αποτελείται από τους σχηματισμούς υποβάθρου και τους ιζηματογενείς σχηματισμούς.

### **1.13.1 Σχηματισμοί υποβάθρου**

Το παλαιοζωικό υπόβαθρο δεν εμφανίζεται ομοιογενές, αλλά αποτελείται από: την ανατολική ενότητα του Βόρα και τη δυτική ενότητα του Βέρνου (Mountrakis, 1982).

Η ενότητα του Βόρα αποτελείται από γνεύσιους και αμφιβολίτες στη βάση, μεταβαίνοντας προς τα επάνω σε μαρμαρυγιακούς, αμφιβολιτικούς και σερικιτικούς σχιστολίθους (Pavlides and Mountrakis, 1987).

Η ενότητα του Βέρνου περιλαμβάνει μια σειρά από μεταμορφωμένα πετρώματα, τα οποία είναι όμοια και με ανάλογη ακολουθία όπως του Βόρα, δηλαδή ορθογνεύσιοι, αμφιβολίτες, δύο τύποι μαρμαρυγιακών σχιστολίθων, αμφιβολιτικοί σχιστολίθοι και χαλαζίτες.

Επιπλέον, σημειώνεται ότι ογκώδεις γρανιτικές μάζες Λιθανθρακοφόρου ηλικίας (Mountrakis, 1984) έχουν διεισδύσει μέσα στα μεταμορφωμένα πετρώματα των ενοτήτων του Βόρα και του Βέρνου, εμφανίσεις των οποίων εντοπίζονται στα δυτικά περιθώρια της λεκάνης της Φλώρινας.

Το μεσοζωικό (τριαδικό-ιουρασικό) κάλυμμα εμφανίζεται ως μια νηριτική ανθρακική ακολουθία με πάχος ~700 m, η οποία αποτελείται από κρυσταλλικούς ασβεστολίθους, μάρμαρα και δολομιτικά μάρμαρα. Οι οφιόλιθοι ήταν αρχικώς τοποθετημένοι στα ανατολικά τμήματα της Πελαγονικής Ζώνης (ζώνη Βαρδάρη) και στη συνέχεια επωθήθηκαν πάνω στο ανθρακικό κάλυμμα κατά τη διάρκεια της τεκτονικής δραστηριότητας την περίοδο του Ανώτερου Ιουρασικού-Κατώτερου Κρητιδικού.

### **1.13.2 Ιζηματογενείς σχηματισμοί**

Τα νεογενή ιζήματα<sup>15</sup> επικάθονται ασύμφωνα πάνω στα μεσοζωικά πετρώματα του υποβάθρου και χωρίζονται σε δυο διακριτούς ορίζοντες που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την ηλικία, τη σύσταση και τον τύπο λιγνιτοφορίας που φιλοξενούν (Pavlides and Mountrakis, 1987):

---

<sup>15</sup> Οι τριτογενείς σχηματισμοί στην ευρύτερη περιοχή ανήκουν κατ' αποκλειστικότητα στο Νεογενές, δεδομένου ότι κατά το Παλαιογενές η Πελαγονική Ζώνη υπέστη ανάδυση και έντονη διάβρωση με αποτέλεσμα να εκλείπουν ιζήματα από την περίοδο αυτή (Αναστόπουλος και Μπροσούλης, 1973, Αντωνιάδης, 1986).

- Στην κατώτερη νεογενή σειρά (Σχ. 1.6 και 1.7) που αποτελείται από ιζήματα του κατώτερου νεογενούς, δηλαδή χερσαίες, ποτάμιες, χειμάρρειες, λιμναίες και ελώδεις αποθέσεις, που αποτέθηκαν κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Μειοκαίνου- Κατώτερου Πλειοκαίνου<sup>16</sup>. Η σειρά αυτή φιλοξενεί λιγνιτοφορία τύπου ξυλίτη (Κούκουζας κ.α., 1979, Metaxas et al., 2007) και περιλαμβάνει τα κοιτάσματα Αχλάδας, Βεύης και **Κλειδιού**<sup>17</sup> στη λεκάνη της Φλώρινας, τα κοιτάσματα Βεγόρας και Κομνηνών στη λεκάνη της Πτολεμαΐδας, όπως επίσης και τα κοιτάσματα Λάβας και Προσηλίου στη λεκάνη Σερβίων. Το πάχος της λιγνιτοφόρας αυτής σειράς μειώνεται προοδευτικά προς τα δυτικά μέχρι πλήρους αποσφήνωσης, ενώ επανεμφανίζεται στο νότιο τμήμα της ευρύτερης λεκάνης (Steenbrink et al., 2000, Metaxas et al., 2007)<sup>18</sup>.
- Στην ανώτερη νεογενή σειρά (Σχ. 1.6 και 1.7), στην οποία εμφανίζεται λιγνιτοφορία τύπου γαιώδους λιγνίτη, ανήκουν τα γνωστά μεγάλα λιγνιτικά κοιτάσματα των λεκανών Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου και Κοζάνης-Σερβίων όπως είναι του **Νοτίου Πεδίου** (Anastopoulos and Koukouzas, 1972, Kalaitzidis et al., 1998, Antoniadis et al., 2005) και του **Αμυνταίου** (Koukouzas et al., 1979, Mavridou et al., 2003). Το μέγιστο πάχος της συγκεκριμένης σειράς παρατηρείται στο κεντρικό και δυτικό τμήμα της λεκάνης Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου (απόθεση Προαστίου) με πάχος ~500 m. Η σειρά αυτή συνίστανται από εναλλαγές μαργών, αργίλων, άμμων, μαργαϊκών ασβεστολίθων και γεώδους λιγνίτη<sup>19</sup> και αποτέθηκε κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Πλειόκαινου<sup>20</sup> κατά την οποία επικρατούσαν λιμναία- ελώδη συστήματα<sup>21</sup>.

<sup>16</sup> Κατά τους Κούκουζα κ.α. (1979) η ηλικία του συγκεκριμένου σχηματισμού είναι Μειοκαινική-Πλειοκαινική, ενώ άλλοι ερευνητές (Αντωνιάδης, 1986, Steenbrink et al., 2000) προσδιόρισαν βάσει απολιθωμάτων, ότι αυτός αποτέθηκε κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Μειοκαίνου.

<sup>17</sup> Το κλειδί είναι υπό μελέτη λιγνιτικό κοιτάσμα στην παρούσα εργασία.

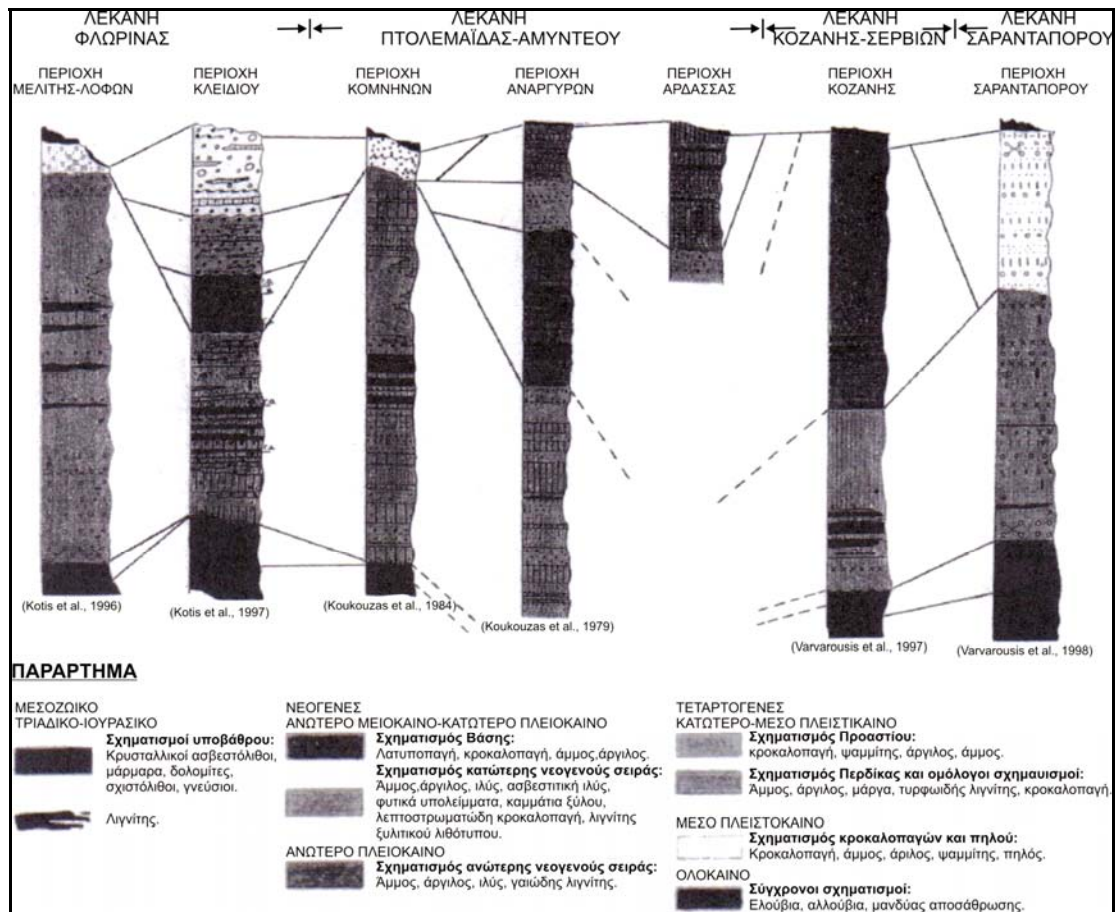
<sup>18</sup> Δεδομένου, ότι ο συγκεκριμένος σχηματισμός επικάθεται ασύμφωνα πάνω στην ακανόνιστη επιφάνεια του ανώτερου στρώματος του υποβάθρου και την εξομαλύνει, το πάχος αυτού μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή και ορισμένες φορές μπορεί να ποικίλει από λίγα μέτρα μέχρι και πολλές εκατοντάδες μέτρα (Metaxas et al., 2007).

<sup>19</sup> Τα χρώματα, τα οποία κυριαρχούν, είναι το ανοικτό γκρι και το γκριζοπράσινο.

<sup>20</sup> Οι Αναστόπουλος και Κούκουζας (1972) και Ιοακίμ (1985) αποδίδουν την ηλικία του λιγνιτοφόρου αυτού σχηματισμού στο όριο μεταξύ Κατώτερου και Ανώτερου Πλειοκαίνου, ενώ νεότεροι μελετητές (Kaouras, 1989, Van Vugt et al., 1998, Steenbrink., 1999) συμπεραίνουν ότι αποτέθηκε κατά το Κάτω Πλειόκαινο μεταξύ 5,23 και 3,94 Ma πριν από σήμερα.

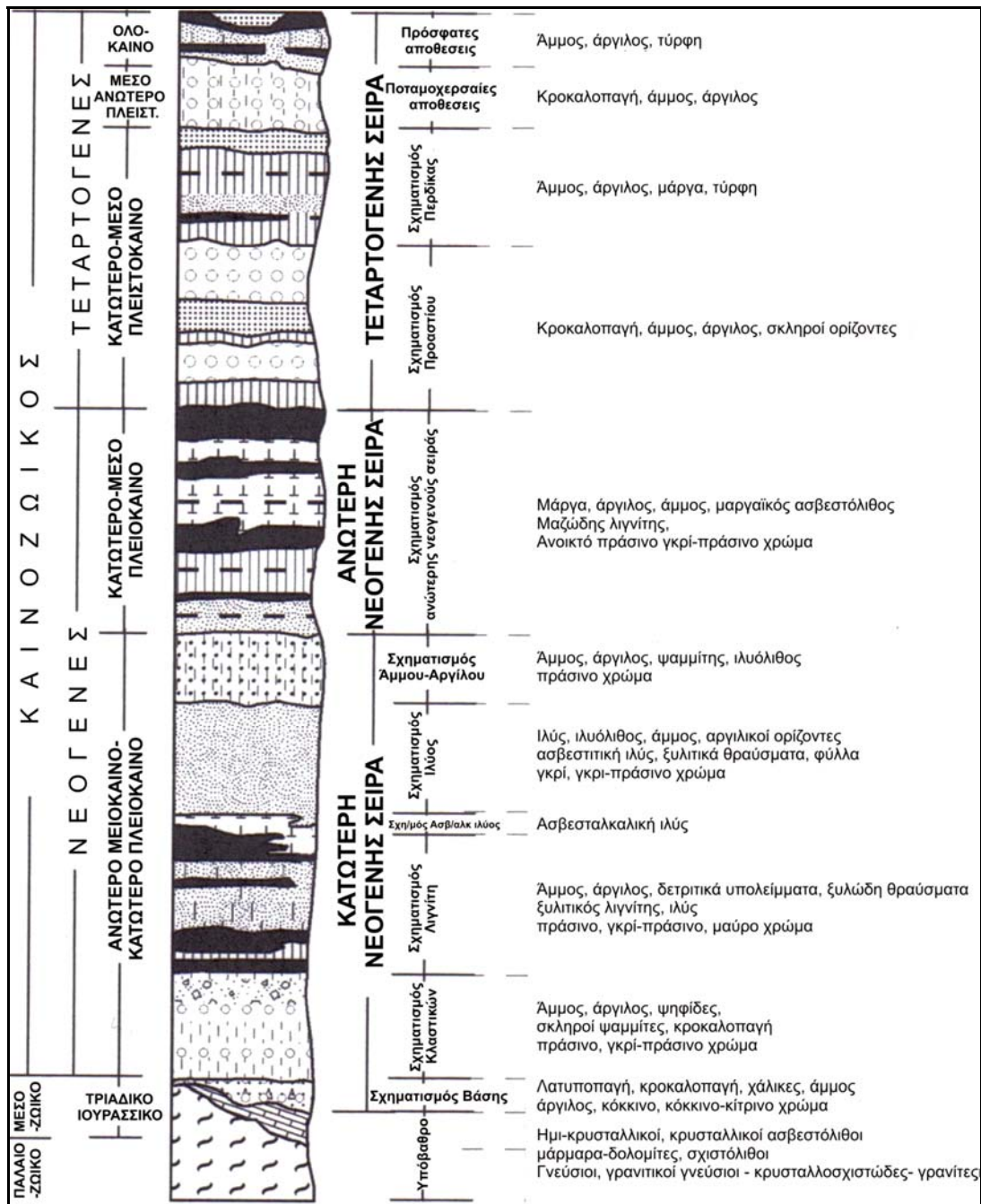
<sup>21</sup> Εξαιτίας των τεκτονικών δραστηριοτήτων και των παλαιογεωγραφικών συνθηκών που κυριάρχησαν κατά την περίοδο αυτή, το σύστημα της ανώτερης νεογενούς σειράς επικράτησε

Η μετάβαση από τον υποκείμενο σχηματισμό της κατώτερης νεογενούς σειράς στον υπερκείμενο της ανώτερης νεογενούς σειράς είναι κανονικού χαρακτήρα.



Σχ. 1.6: Στρωματογραφικός συσχετισμός των λιγνιτοφόρων λεκανών Φλώρινας, Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου, Κοζάνης και Σαραντάπορου (κατά Metaxas et al., 2007).

σε ολόκληρη τη λεκάνη Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου (με εξαίρεση το ΑΒΑ τμήμα), στην λεκάνη Κοζάνης-Σερβίων, καθώς και στα ΝΑ τμήματα της λεκάνης της Φλώρινας (Metaxas et al., 2007).



Σχ. 1.7: Γενικευμένη λιθοστρωματογραφική στήλη των λιγνιτοφόρων λεκανών Φλώρινας, Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου, Κοζάνης και Σαραντάπορου (Metaxas et al., 2007).

#### Απόθεση τεταρτογενούς σειράς:

Μετά την απόθεση των νεογενών σχηματισμών και κατά την περίοδο Κατώτερου-Μέσου Πλειστοκαίνου (Βιλαφράγκιο) ξεκινάει η απόθεση του “Σχηματισμού Προαστίου” (Σχ. 1.6 και 1.7), η οποία συνίσταται από ποτάμιες και ποταμοχειμάρρειες αποθέσεις, οι οποίες συνίστανται από κροκαλοπαγή, αναμειγμένα με καλά αποστρογγυλεμένα θραύσματα ποικίλου μεγέθους, με κατά θέσεις εναλλαγές αργίλων και άμμων. Ο “Σχηματισμός Προαστίου” περιορίζεται

κυρίως στη λεκάνη Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου και στα ΝΑ τμήματα της λεκάνης της Φλώρινας (περιοχή **Κλειδί**), ενώ η μεγαλύτερη εμφάνισή του τόσο σε όγκο, όσο και επιφανειακά παρατηρείται στην περιοχή Προάστιο, απ' όπου και πήρε το όνομά του. Ο συγκεκριμένος σχηματισμός, όπως όλες οι τεταρτογενείς αποθέσεις, κάθεται ασύμφωνα πάνω στα πλειοκαινικά στρώματα λόγω τεκτονισμού του Ανώτερου Πλειοκαίνου-Κατώτερου Πλειστοκαίνου με μέγιστο πάχος να φτάνει τα 150m (Παυλίδης, 1985).

Μετά το τέλος της απόθεσης του “Σχηματισμού Προαστίου” παρατηρείται ένας έντονος ρηγματογόνος τεκτονισμός με κύριες διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ και Α-Δ, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν νέες, μικρότερου μεγέθους ιζηματογενείς λεκάνες, μέσα στις προϋπάρχουσες, όπως για παράδειγμα οι λεκάνες Αδράσσας-Βεγορίτιδας και Αναργύρων-Πετρών.

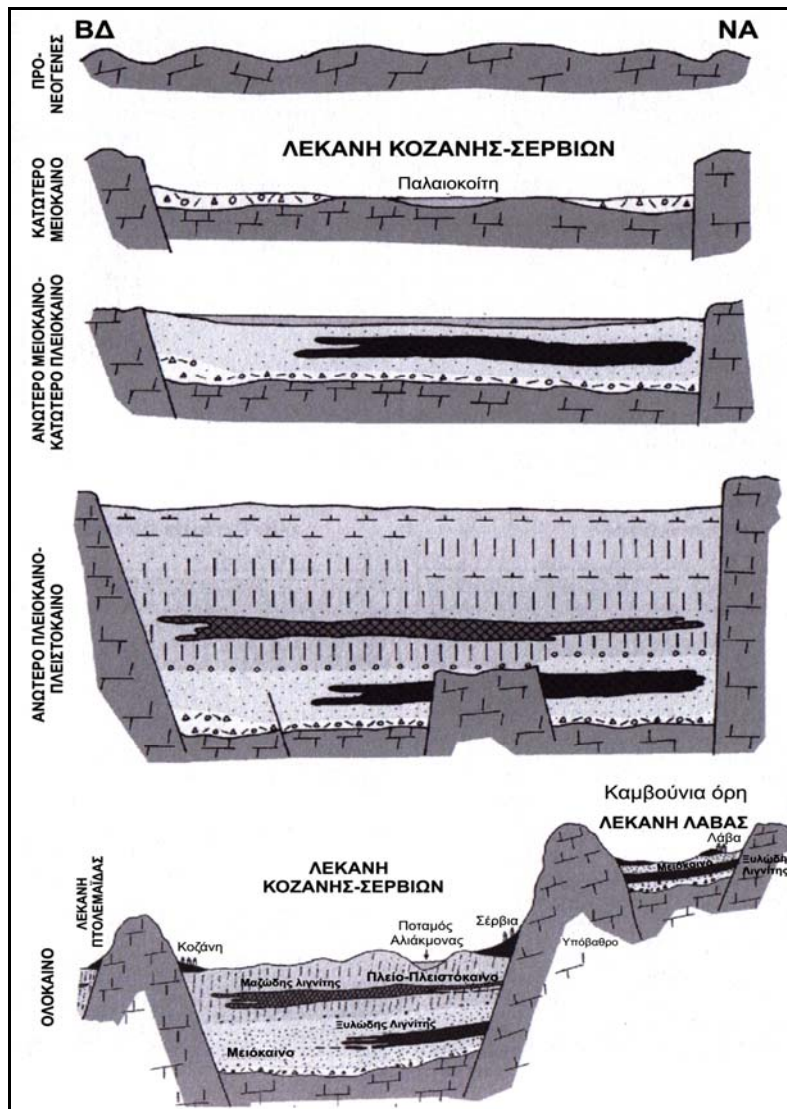
Στη συνέχεια κυρίως στις νέες λεκάνες που σχηματίστηκαν παρατηρείται η απόθεση του “Σχηματισμού Περδίκας” (Σχ. 1.6 και 1.7), ο οποίος συνίσταται από ποτάμιες, ποταμοχειμάρρειες και λιμναίες-ελώδεις αποθέσεις, οι οποίες συνίστανται από άμμους, αργίλους, μάργες και λιγνιτικά στρώματα. Στον ίδιο σχηματισμό περιλαμβάνεται και μια νέα φάση λιγνιτογένεσης με μικρού πάχους λιγνιτοφόρα στρώματα και μεγάλου πάχους ενδιάμεσες ανόργανες ενστρώσεις.

Κατά τη διάρκεια του Μέσου Πλειστοκαίνου παρατηρείται η απόθεση ενός “χερσαίου, ποταμοχειμάρρειου σχηματισμού” (Σχ. 1.7), ο οποίος συνίσταται από κροκαλοπαγή, στρώσεις κόκκινων ιζημάτων, αργίλους και άμμους, ενώ κατά θέσεις παρατηρούνται εμφανίσεις σκληρών οριζόντων. Ο συγκεκριμένος σχηματισμός εμφανίζεται στα ΝΑ τμήματα της λεκάνης της Φλώρινας (**Κλειδί**), στα ΝΑ περιθώρια της λεκάνης της Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου, γύρω από τη λεκάνη Κοζάνης-Σερβίων και στη λεκάνη Σαραντάπορου, όπου παρατηρείται το μέγιστο πάχος του. Την ακολουθία κλείνουν μικρού πάχους χερσαίες αποθέσεις όπως ελουβιακός μανδύας, αλλουβιακές αποθέσεις, αλλουβιακά ριπίδια και κώννοι κορημάτων (Metaxas et al., 2007).

Τέλος κατά τη διάρκεια του Ολοκαίνου παρατηρείται απόθεση τύρφης στις λίμνες Χειμαδίτιδα, Ζάζαρι και Βεγορίτιδα.

Στο σχήμα 1.8 δίνεται η παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης Κοζάνης-Σερβίων κατά τη διάρκεια διαφορετικών γεωλογικών περιόδων. Η παλαιογεωγραφική εξέλιξη για όλη την έκταση της τεκτονικής τάφρου είναι παρόμοια (Metaxas et al., 2007).





Σχ. 1.8: Σχηματική αναπαράσταση της εξέλιξης της λεκάνης Κοζάνης-Σερβίων από το κατώτερο Μειόκαινο έως σήμερα (Metaxas et al., 2007).

Συνοψίζοντας, σχετικά με τις εμφανίσεις των γαιανθράκων στον ελλαδικό χώρο, οι πιο σημαντικές λιγνιτικές αποθέσεις εντοπίζονται στην τεκτονική τάφρο Μοναστηρίου (Βίτολα)-Σερβίων, είναι ηλικίας Μειοκαίνου, Κατώτερου και Ανώτερου Πλειοκαίνου και σχηματίστηκαν σε ελώδη, λιμναία και ποταμολιμναία περιβάλλοντα ιζηματογένεσης. Στη συγκεκριμένη τεκτονική τάφρο και κυρίως στη νεογενή λεκάνη Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου αναγνωρίστηκαν (4) φάσεις λιγνιτογένεσης, οι οποίες προσδιορίστηκαν ως εξής:

1. Ανώτερο Μειόκαινο – Κατώτερο Πλειόκαινο (λιγνίτης “τύπου ξυλίτη”)
2. Κατώτερο – Ανώτερο Πλειόκαινο (λιγνίτης γαιώδους τύπου)
3. Πλειστοκόκαινο (λιγνίτης – τυρφοειδής λιγνίτης)
4. Ολόκαινο (τύρφη)

(Στοιχεία από: Οικονομόπουλος, Ι., 2010. *Διδακτορική Διατριβή*)



## 1.14 ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΒΔ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Από τεκτονική άποψη τόσο οι προ-νεογενείς σχηματισμοί, όσο και τα νεογενή-τεταρτογενή ιζήματα διατέμνονται από πλήθος επιμήκων κανονικών ρηγμάτων.

Στις λεκάνες Φλώρινας και Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου, καθώς και στα περιθώρια αυτών εμφανίζονται δύο κύρια συστήματα ρηγμάτων ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, τα περισσότερα από τα οποία παρουσιάζουν καθαρή “dip-slip” κίνηση. Τα μεγάλοι μήκους κανονικά ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διευθύνσεως κυριαρχούν στην περιοχή και ελέγχουν τη δομή και τη γεωμορφολογία των λεκανών, ενώ αυτά με ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση καλύπτονται από ιζήματα (Pavlides and Mountrakis, 1987). Ορισμένα από τα μεγαλύτερα ρήγματα της περιοχής είναι:

- Πετρών-Νυμφαίου, το οποίο έχει διεύθυνση Β30°Α, κλίνει ΝΑ και παρουσιάζει μήκος μεγαλύτερο των 30 km.
- Το κύριο ρήγμα της Βεγορίτιδας, το οποίο έχει διεύθυνση Β40°Α, κλίνει ΝΑ, διασχίζει τα χωριά Αγ. Σπυριδών, Αγ. Παντελεήμων και Βεγόρα και παρουσιάζει μήκος περίπου 20 km.
- Το ρήγμα Χειμαδίτιδας-Αναργύρων, το οποίο έχει διεύθυνση Β30°Α, κλίνει ΝΑ και παρουσιάζει μήκος μεγαλύτερο των 10 km.
- Η ομάδα των παράλληλων κανονικών ρηγμάτων ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης της κοιλάδας Βερμίου-Κομνηνών και Πτολεμαΐδας-Προσηλίου, η οποία εκτείνεται σε μήκος μεγαλύτερο των 50 km.

Τα ρήγματα, τα οποία επηρεάζουν τα νεογενή-τεταρτογενή ιζήματα των λεκανών, είτε συμπίπτουν είτε έχουν παρόμοιες διευθύνσεις με αυτά, τα οποία επηρέασαν τα προ-νεογενή πετρώματα του υποβάθρου και κυρίως τους μεσοζωικούς ασβεστόλιθους των περιθωρίων των εν λόγω λεκανών, καθώς ορισμένα από τα κανονικά ρήγματα του υποβάθρου συνεχίζουν στα υπερκείμενα ιζήματα. Τα ρήγματα αυτά αρχικώς δημιουργήθηκαν σε προ-νεογενή περίοδο (Mountrakis, 1982, 1984) και πιθανά επαναδραστηριοποιήθηκαν λόγω νεοτεκτονικής παραμόρφωσης με αποτέλεσμα τα νεοτεκτονικά ρήγματα, που εμφανίζονται στα ιζήματα των λεκανών, να ακολουθούν τις προϋπάρχουσες δομές (Pavlides and Mountrakis, 1987). (Οικονομόπουλος 2010. Ορυκτολογική, Ανθρακοπετρογραφική και Παλαιοβοτανική έρευνα του Λιγνιτικού Κοιτάσματος Αχλάδας Ν. Φλωρίνης. *Διδ. Διατρ.* 280 σελ.)

## 1.15 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΡΥΧΕΙΟΥ ΝΟΤΙΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Το Νότιο Πεδίο είναι το μεγαλύτερο πεδίο του Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας<sup>22</sup> και βρίσκεται στο νοτιότερο τμήμα της λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδας. Καταλαμβάνοντας έκταση περίπου 64 km<sup>2</sup> εκτείνεται γεωγραφικά σε μία περιοχή που περικλείεται από τα χωριά Χαραυγή, Πελεών, Εξοχή, Ακρινή και Κλείτος.

Η λειτουργία του Νότιου Πεδίου ξεκίνησε το 1979 και προβλέπεται να ολοκληρωθεί μέχρι το έτος 2044. Η επιφάνεια εκσκαφής αγγίζει τα 8 km<sup>2</sup>. Σήμερα στο ορυχείο του Νότιου Πεδίου βρίσκονται εγκατεστημένοι δέκα καδοφόροι εκσκαφείς, έξι αποθέτες και περίπου ενενήντα έξι χιλιόμετρα μήκους ταινιοδρόμων, προκειμένου να επιτευχθεί η τροφοδότηση του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου με λιγνίτη.

Η συνολική ποσότητα του λιγνίτη που έχει παραχθεί από το 1979 ,που άρχισε η εκσκαφή στο ορυχείο αυτό, μέχρι σήμερα υπολογίζεται σε 330000000 tn, με ετήσια παραγωγή που ανέρχεται από 20\*10<sup>6</sup> tn έως 25\*10<sup>6</sup> tn λιγνίτη, ενώ ο συνολικός όγκος στερεών (λιγνίτη και στείρων μαζί) που έχει εκσκαφτεί από το 1979 μέχρι σήμερα υπολογίζεται σε 1,6\*10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> ,με ετήσιες εκσκαφές που ανέρχονται από 110\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> έως 120\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> στερεών.

Οι αντλήσεις νερών στο ορυχείο του Νότιου Πεδίου είναι 16\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/έτος.

Το μέγιστο βάθος εκσκαφής του ορυχείου του Νότιου Πεδίου αγγίζει τα 200m.

Ο αριθμός των εργαζομένων που δουλεύουν στο ορυχείο του Νότιου Πεδίου είναι 1600 άτομα.

### Συνοψίζοντας:

10 καδοφόρους εκσκαφείς

6 αποθέτες

96 χιλιόμετρα μήκος ταινιοδρόμων

Ετήσια παραγωγή: 20\*10<sup>6</sup> tn -25\*10<sup>6</sup> tn

---

<sup>22</sup> Μάλιστα αποτελεί το μεγαλύτερο σήμερα λιγνιτωρυχείο στη Βαλκανική χερσόνησο σύμφωνα με την ιστοσελίδα [http://kozani.net/kozani.php?p\\_id=47&menu\\_id=23](http://kozani.net/kozani.php?p_id=47&menu_id=23)

Έναρξη λειτουργίας: 1979 Προβλεπόμενο πέρας: 2044  
Επιφάνεια δραστηριότητας: 64 τετρ. χλμ. Επιφάνεια εκσκαφής: 8 τετρ. χλμ.  
Παραγωγή λιγνίτη απ' αρχής: 330 εκατ. τόνοι  
Παραγωγή λιγνίτη ετήσια: 20 -22 εκατ. τόνοι  
Εκσκαφές απ' αρχής: 1600 εκατ. κυβικά μέτρα στερεά  
Εκσκαφές ετήσιες: 110 -120 εκατ. κυβικά μέτρα στερεά  
Αντλήσεις νερών: 16 εκατ. κυβικά μέτρα ανά έτος  
Μέγιστο βάθος εκσκαφής: 200 μέτρα  
Δύναμη προσωπικού: 1600 άτομα



Εικ. 1.5: Πανοραμική εικόνα του Νότιου Πεδίου (πηγή: προσωπικές φωτογραφίες από το παρατηρητήριο του Νότιου Πεδίου)

#### Στοιχεία λιγνίτη Νότιου Πεδίου:

Υγρασία: 55,0%

Πτητικά: 19,2%

Μόνιμος άνθρακας: 18,8%

Τέφρα: 7,0%

Θείο: 0,46%

Ανωτέρα θερμαντική ικανότητα: 2259 kcal/kg (Νικολάου, Μ., 2005)

Όσον αφορά στην **κοιτασματολογία** του ορυχείου του Νότιου Πεδίου, το κοίτασμα είναι έντονα τεκτονισμένο και ο λιγνίτης, ο οποίος παράγεται από το Νότιο Πεδίο έχει αρκετά υψηλή θερμαντική ικανότητα<sup>23</sup>. Το κύριο χαρακτηριστικό όμως του λιγνιτικού αυτού κοιτάσματος είναι η παρουσία σκληρών σχηματισμών εντός των υπερκειμένων σχηματισμών, σε ποσοστό 13% του συνολικού όγκου τους. Επειδή η εξόρυξή τους δεν είναι δυνατή με καδοφόρο εκσκαφέα, η απομάκρυνσή τους αποτελεί αντικείμενο ιδιαίτερης δραστηριότητας, η οποία περιλαμβάνει χρήση εκρηκτικών υλών και νηζελοκίνητου εξοπλισμού (χρησιμοποιούνται SHOVELS, φορτωτές, φορητά αυτοκίνητα, DUMPERS κ.τ.λ.). Οι σκληροί αυτοί σχηματισμοί, οι οποίοι αποτέθηκαν σε διαφορετικές γεωλογικές περιόδους, συνίστανται από κροκαλοπαγή, λατυποπαγή, ψαμμίτες και πηλίτες και αναπτύσσονται εντός τριών στρωματογραφικών ενοτήτων οι οποίες διακρίνονται χρωματικά στην ερυθρόφαιο σειρά ιζημάτων (ανώτερο τεταρτογενές), κιτρινόφαιο σειρά ιζημάτων (διλούβιο) και πρασινότεφρο σειρά ιζημάτων (ανώτερο πλειόκαινο).

#### **Ιστορικό** του Ορυχείου του Νότιου Πεδίου:

Το 1960 η ΛΙΠΤΟΛ ανέθεσε στο Γραφείο Dr. Ehlers την εκπόνηση λεπτομερούς κοιτασματολογικής μελέτης στην περιοχή νότια του εξάρματος του Κομάνου, όπου υπολογίσθηκαν αποθέματα ύψους 355.000.000 τόνων λιγνίτη. Την περίοδο 1966 - 1968 εκτελέσθηκαν ερευνητικές γεωτρήσεις στην περιοχή νότια του Ορυχείου Καρδιάς γνωστή και σαν Νότιο Πεδίο, όπου τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα της έρευνας οδήγησαν τη διοίκηση της τότε ΛΙΠΤΟΛ να προτείνει την εκτέλεση λεπτομερούς έρευνας, την οποία, μετά τη συγχώνευση της ΛΙΠΤΟΛ με τη ΔΕΗ, χρηματοδότησε η ΔΕΗ.

Την έρευνα διεξήγαγε το Ι.Γ.Ε.Υ με επικεφαλής τους Ι. Αναστόπουλο και Κ. Κούκουζα, οι οποίοι σε πρώτη φάση υπολόγισαν τα εξής αποθέματα.

- Απολήψιμα 343.000.000 τόνους
- Βέβαια 650.000.000 τόνους
- Δυνατά 800.000.000 τόνους

Οι ερευνητικές γεωτρήσεις στην περιοχή του Νοτίου πεδίου συνεχίσθηκαν την περίοδο 1973-1976 και το 1976 ανατέθηκε στον οίκο Dr. OTTO GOLD η εκπόνηση της μελέτης εκμετάλλευσης του Νοτίου Πεδίου, που παραδόθηκε το Μάιο 1978. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης τα συνολικά αποθέματα απολήψιμου λιγνίτη ανατολικά του ρέματος Σουλού υπολογίζονται σε  $1.050 \cdot 10^6$  tn και βρίσκονται σε σχέση εκμετάλλευσης 5,03: 1 FM3/TN.

Τέλος, τον Αύγουστο του 1979 άρχισε η διάνοιξη του Ορυχείου του Νοτίου Πεδίου.

---

<sup>23</sup> Έχει θερμαντική ικανότητα λίγο μεγαλύτερη από αυτήν του Πεδίου της Καρδιάς

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΑΡΓΙΛΙΚΑ ΟΡΥΚΤΑ**

Στην παρούσα εργασία γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στα αργιλικά ορυκτά, δεδομένου ότι τα ενδιάμεσα στείρα των λιγνιτικών οριζόντων αποτελούνται, κύρια, από αργιλικά ορυκτά.

## 2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Ο όρος "**αργιλος**" (clay) δεν είναι μονοσήμαντος. Είναι δυνατό να σημαίνει, είτε ένα κλάσμα ορισμένου μεγέθους κόκκων (αργιλικό κλάσμα), είτε ένα ιζηματογενές πέτρωμα, με ορισμένο ποσοστό αργιλικού κλάσματος.

Ως "**αργιλικό κλάσμα**" χαρακτηρίζεται, συνήθως, το υλικό, το οποίο αποτελείται από κόκκους με διάμετρο  $\delta < 2$   $\mu\text{m}$  και αυτός ο όρος είναι γενικότερα αποδεκτός, παρ' όλο που μερικές φορές χαρακτηρίζεται, έτσι, το κλάσμα με διάμετρο κόκκων  $\delta < 4$   $\mu\text{m}$ . Σε κάθε αργιλικό πέτρωμα, εκτός από το "**αργιλικό κλάσμα**", απαντούν και "**ιλύς**" και "**άμμος**" (Σχ. 2.1).

Ως "**ιλύς**", ορίζεται το υλικό με διάμετρο κόκκων  $\delta : 0.002-0.020$   $\text{mm}$ , σύμφωνα με το διεθνές σύστημα ταξινόμησης, ενώ σύμφωνα με το Αμερικάνικο σύστημα ταξινόμησης, ως ιλύς, ορίζεται το κλάσμα με διάμετρο κόκκων  $\delta : 0.002$   $\text{mm}-0.050$   $\text{mm}$ .

Ως "**άμμος**", ορίζεται το υλικό με διάμετρο κόκκων πάνω από 20  $\mu\text{m}$  (0.02  $\text{mm}$ ), ή πάνω από 53  $\mu\text{m}$  (0.053  $\text{mm}$ , Αμερικάνικο σύστημα ταξινόμησης).

Συνήθως, ακολουθείται το Αμερικάνικο σύστημα ταξινόμησης σύμφωνα με το οποίο ορίζονται:

**Αργιλος:** κλάσμα με διάμετρο κόκκων  $\delta < 2\mu\text{m}$ .

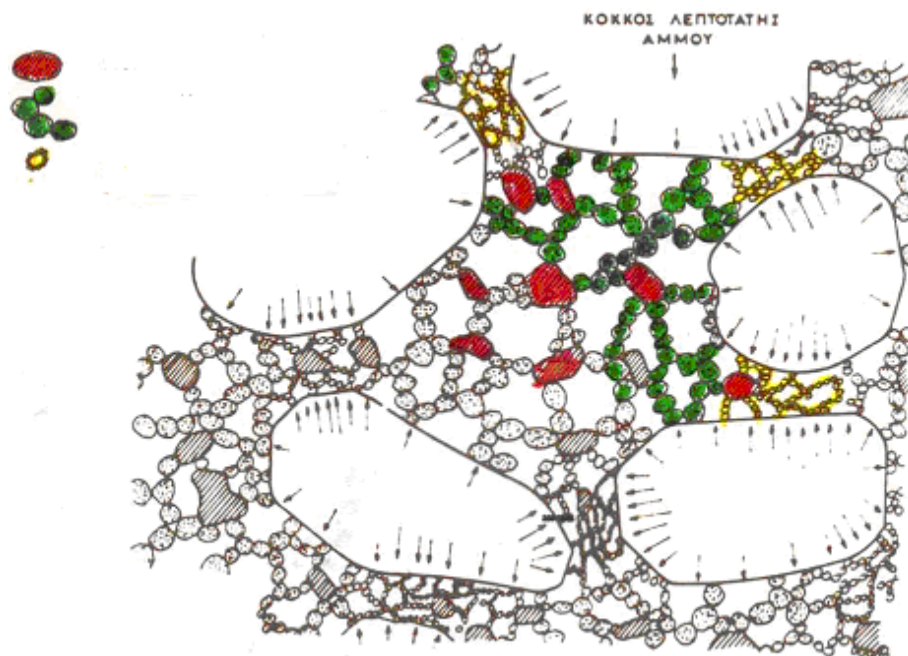
**Ιλύς:** κλάσμα με διάμετρο κόκκων  $\delta < 2-53\mu\text{m}$ .

**Άμμος:** κλάσμα με διάμετρο κόκκων  $\delta > 53\mu\text{m}$ .

Στη Γεωλογία γενικότερα, ως "**άργιλος**" χαρακτηρίζεται κάθε ιζηματογενές πέτρωμα με μεγάλα ποσοστά υλικού που έχουν διάμετρο κόκκων  $\delta < 2$   $\mu\text{m}$ , ενώ στην Κεραμική, "**άργιλοι**" λέγονται όλα τ' αργιλοχώματα που χρησιμοποιούνται, ως πρώτες ύλες, για κατασκευή κεραμικών προϊόντων και τα οποία έχουν, τουλάχιστον, δύο από τις ιδιότητες:

- α) μεγάλη πλαστικότητα
- β) μικρό μέγεθος κόκκων και
- γ) σκλήρυνση κατά το ψήσιμο.

Στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 2.1), δίδεται μία τομή αργιλικού πετρώματος, όπου διακρίνονται τα κύρια συστατικά του.



Σχ. 1. Ἀργιλικόν ἔδαφος κατὰ A. Casagrande (Μεγέθυνσις 10.000).

Σχ. 2.1.: Τομή αργιλικού πετρώματος, με “αργιλικό κλάσμα”, “ιλύ” και “άμμο”.

## 2.2. ΟΡΥΚΤΑ ΤΩΝ ΑΡΓΙΛΩΝ

Τα ορυκτά των αργίλων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

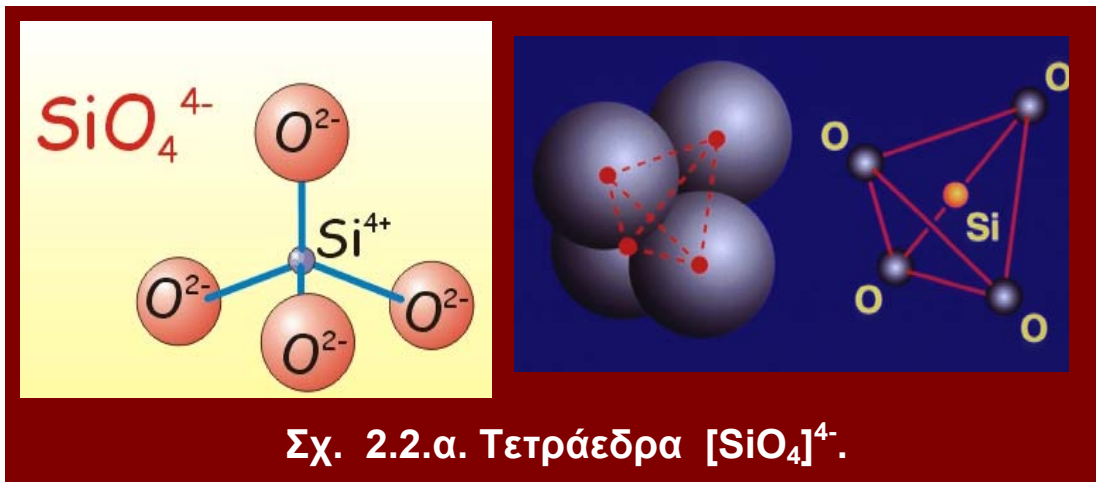
α) Τα **αργιλικά ορυκτά** (*clay minerals*) (κύρια: καολινίτης, ιλλίτης, μοντμοριλλονίτης, σαπρονίτης, εκτορίτης) και

β) Τα **μη αργιλικά ορυκτά** (*non clay minerals*), όπως π.χ. ο χαλαζίας, οι άστριοι, τα ανθρακικά ορυκτά (ασβεστίτης, δολομίτης), οξείδια και υδροξείδια του Fe, Ti, Mn, θειούχες ενώσεις, οργανικά υλικά

## 2.2.α Τα αργιλικά ορυκτά και η κρυσταλλική τους δομή

Τα αργιλικά ορυκτά υποδιαιρούνται στις παρακάτω ομάδες:

- Την ομάδα του *καολινίτη*, με αντιπροσωπευτικό ορυκτό τον καολινίτη  $[Al_2Si_2O_5(OH)_4]$  ή  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ .
- Την ομάδα του *ιλλίτη*, με κύριο ορυκτό τον ιλλίτη  $[K_yAl_4(Si_{8-y})O_{20}(OH)_4]$  ή  $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$ .
- Την ομάδα του *μοντμοριλλονίτη* ή των *σμεκτιτών*, με κύριο ορυκτό τον μοντμοριλλονίτη  $[Al_4Si_8O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O]$  ή  $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$ .



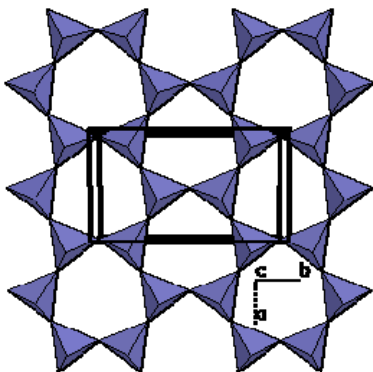
Σχ. 2.2.α. Τετράεδρα  $[SiO_4]^{4-}$ .

Σχ. 2.2.α: Τετράεδρο  $[SiO_4]^{4-}$

Τα ορυκτά και των τριών ομάδων χαρακτηρίζονται από παρόμοια χημική σύσταση και παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες.

Είναι υδρο-αργιλο-πυριτικά ορυκτά και ανήκουν στην κατηγορία των φυλλοπυριτικών, στα οποία βασική δομική μονάδα είναι το τετράεδρο  $[SiO_4]^{4-}$  (Σχ. 2.2.α).

Τετράεδρα  $[SiO_4]^{4-}$  ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν εξαμελείς δακτύλιους (Σχ. 2.2.β).

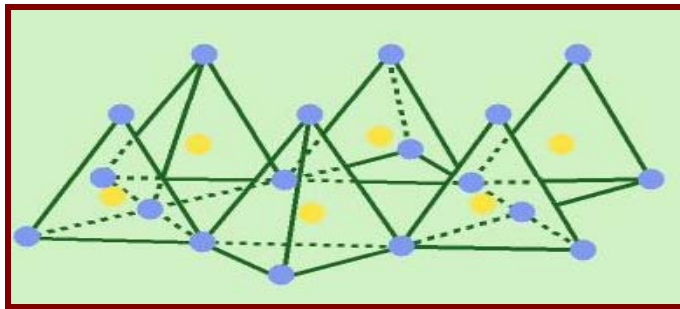


Σχ. 2.2. β: Εξαγωνική διάταξη τετραέδρων στο χώρο

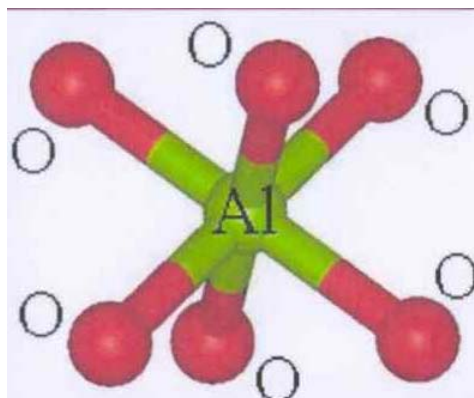


Στο σχήμα 2.2.γ φαίνεται η εξαγωνική διάταξη τετραέδρων στο χώρο. Με τη διάταξη αυτή δημιουργούνται οκταεδρικά κενά, το κέντρο των οποίων καταλαμβάνεται, συνήθως, από  $Al^{3+}$  (ή  $Mg^{2+}$  ή  $Fe^{2+}$ ), ενώ οι κορυφές τους καταλαμβάνονται από οξυγόνα ή υδροξύλια.

Έτσι, δημιουργούνται φύλλα τετραέδρων  $[SiO_4]^{4-}$  και φύλλα οκταέδρων  $Al^{3+}$ .



Σχ. 2.2.γ: Εξαγωνική διάταξη τετραέδρων στο χώρο



Σχ. 2.2.δ: Οκτάεδρα  $Al^{3+}$ .

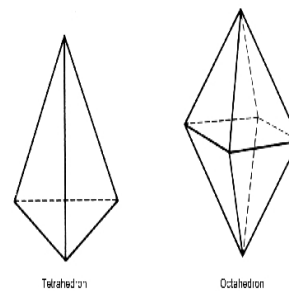
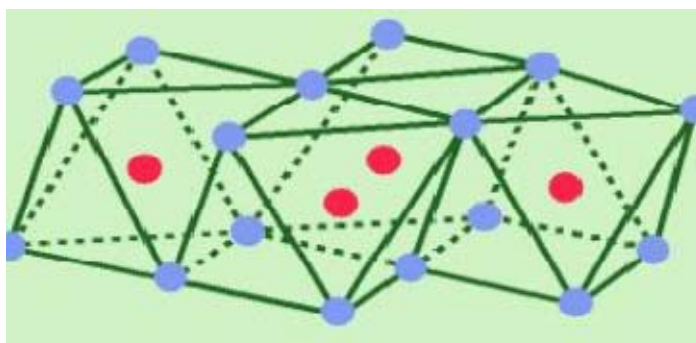


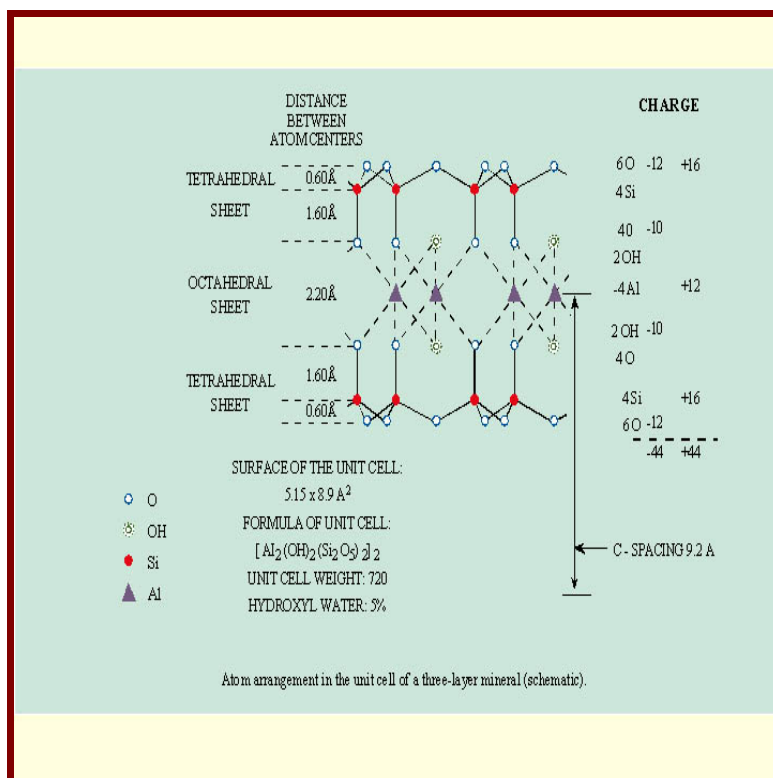
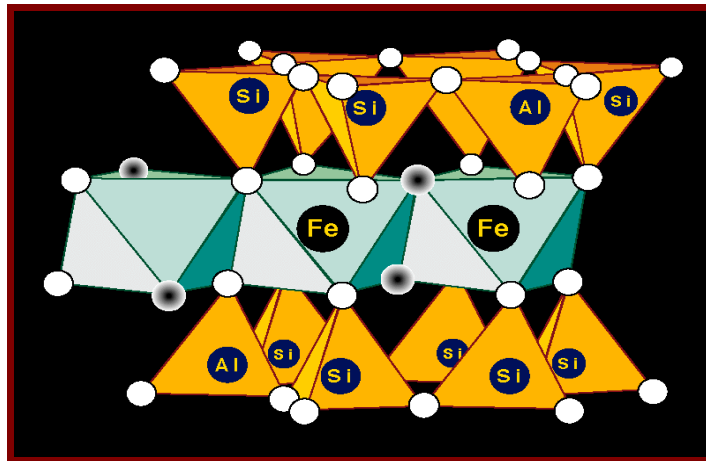
Fig. 6.4. Shape of silicon tetrahedron and aluminum octahedron (Kohnke, 1968)



Σχ. 2.2.ε: Εξαγωνική διάταξη οκταέδρων στο χώρο.

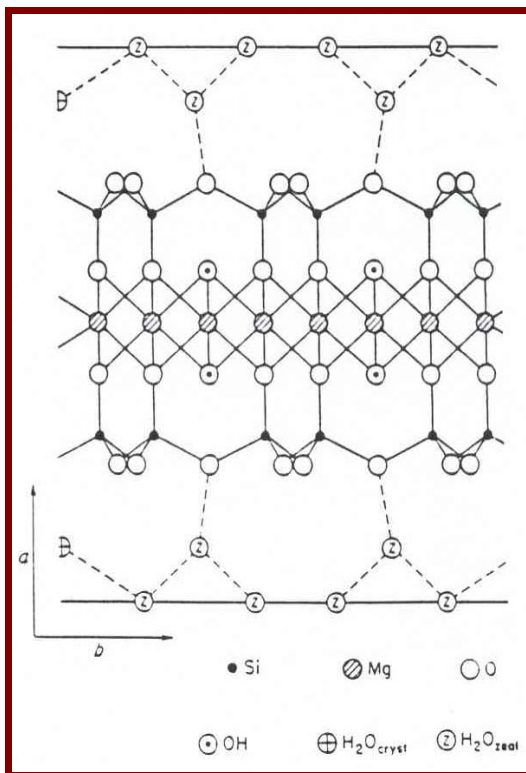
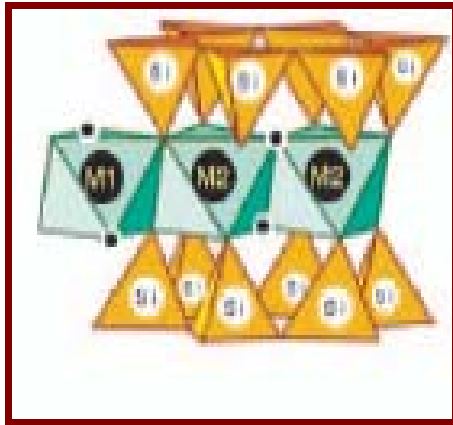
### 2.3. ΟΡΥΚΤΑ ΔΙΟΚΤΑΕΔΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΡΙΟΚΤΑΕΔΡΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ

Όταν οι οκταεδρικές θέσεις του πλέγματος των αργιλικών ορυκτών καταλαμβάνονται από δύο τρισθενή κατιόντα (ως επί το πλείστον  $Al^{3+}$ ), τότε καλύπτονται, μόνο, τα 2/3 αυτών των θέσεων με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ορυκτά διοκταεδρικής δομής (Σχ. 2. 3α).



Σχ. 2.3. α: Ορυκτά διοκταεδρικής δομής.

Αντίθετα, όταν οι οκταεδρικές θέσεις καταλαμβάνονται από τρία δισθενή κατιόντα ( $Mg^{2+}$  ή  $Fe^{2+}$  κ.λ.π.), τότε καλύπτονται όλες οι διαθέσιμες θέσεις με αποτέλεσμα τη δημιουργία ορυκτών *τριοκταεδρικής* δομής (σχ. 2. 3β).

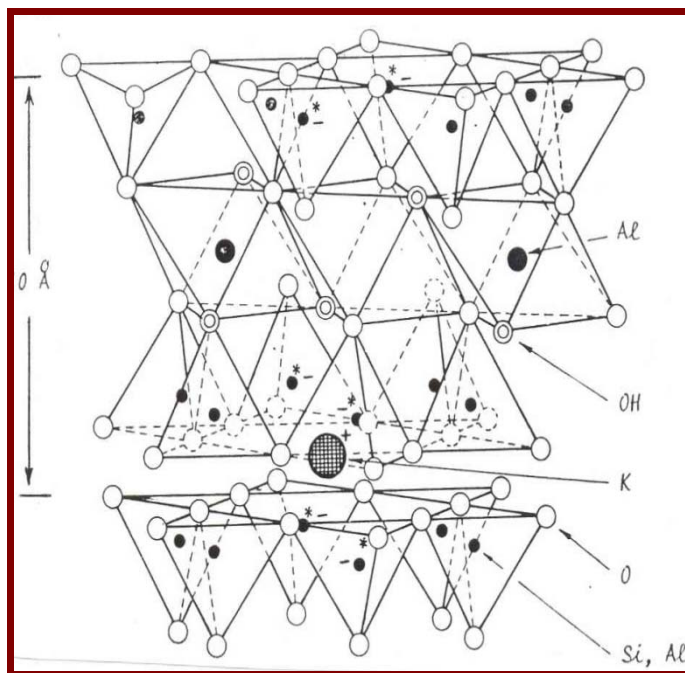


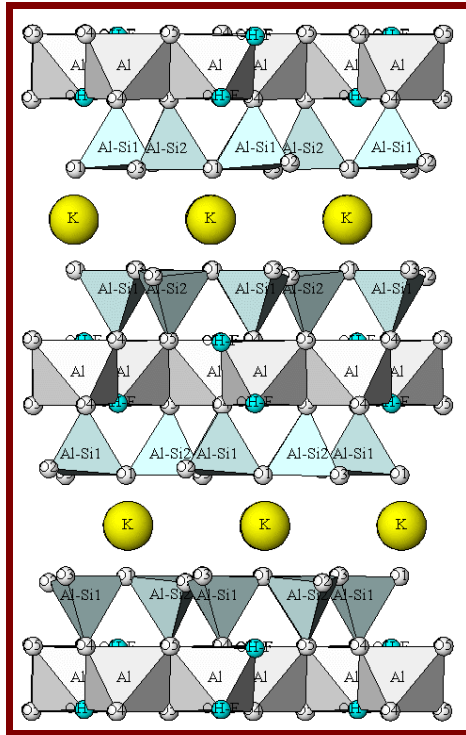
Σχ. 2.3. β: Ορυκτά τριοκταεδρικής δομής.

## 2.4. ΙΣΟΜΟΡΦΕΣ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

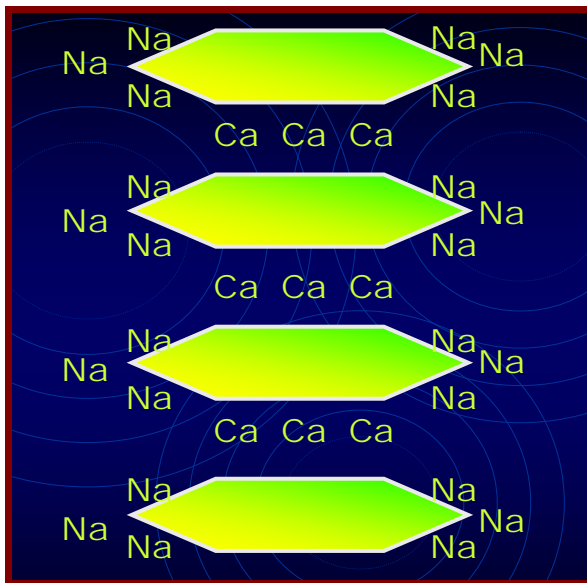
Το κρυσταλλικό πλέγμα των αργιλικών ορυκτών χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ηλεκτρικών φορτίων, κύρια *αρνητικών*, η δημιουργία των οποίων ερμηνεύεται ως εξής:

Στο πλέγμα των αργιλικών ορυκτών, συμβαίνουν ισόμορφες υποκαταστάσεις, τόσο του  $\text{Si}^{4+}$  των τετραεδρικών θέσεων, όσο και του  $\text{Al}^{3+}$  των οκταεδρικών θέσεων, από ιόντα μικρότερου σθένους ( $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  και  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ). Με τις υποκαταστάσεις αυτές δημιουργείται *περίσσεια αρνητικών φορτίων*, τα οποία εξουδετερώνονται, είτε με *δέσμευση* ορισμένων κατιόντων π.χ.  $\text{K}^+$ , όπως συμβαίνει στα ορυκτά της ομάδας του ιλλίτη-μοσχοβίτη (Σχ. 2.4α), είτε με *προσρόφηση*, κατιόντων υπό *ανταλλάξιμη μορφή*, π.χ.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ , τόσο από τις εσωτερικές, όσο και από τις εξωτερικές επιφάνειες του κρυστάλλου, όπως συμβαίνει (Σχ. 2.4.β) στα ορυκτά της ομάδας του μοντμοριλλονίτη.





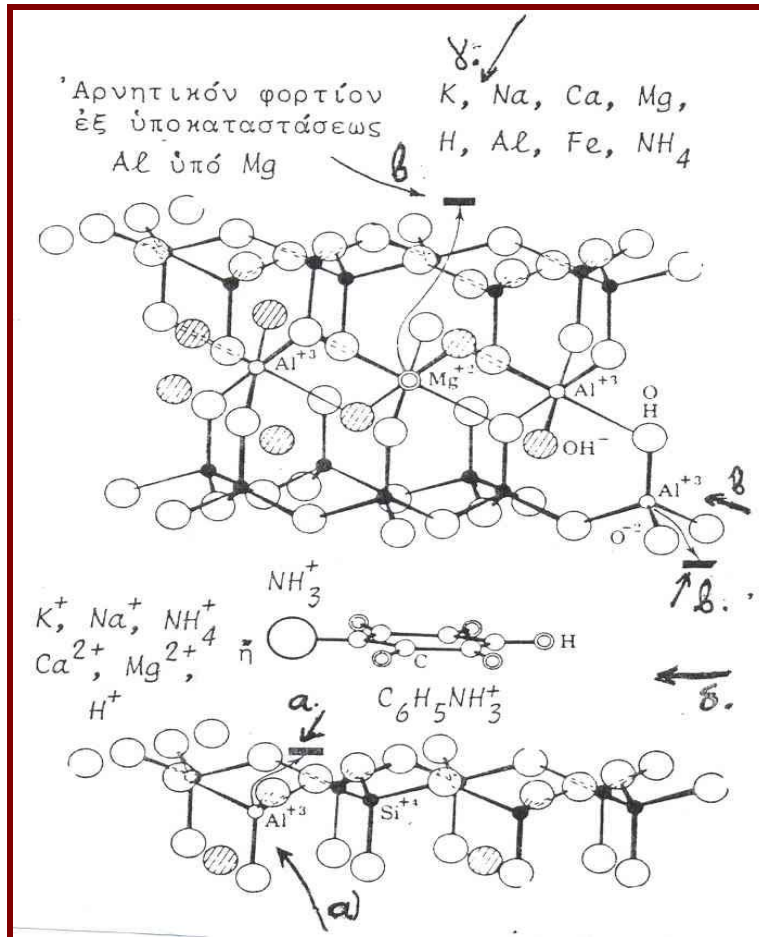
Σχ. 2.4α: Κρυσταλλική δομή ιλλίτη-μοσχοβίτη



Σχ. 2.4β: Προσρόφηση Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> στις εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες του κρυστάλλου

Η διαφορά *ιλλίτη-μοντμοριλλονίτη* έγκειται στο ότι, στον ιλλίτη η περίσσεια αρνητικών φορτίων που προκύπτει από υποκαταστάσεις Si από Al<sup>IV</sup> εξουδετερώνεται, με *δέσμευση* K<sup>+</sup>, στο διαστρωματικό του χώρο, ενώ στον μοντμοριλλονίτη η περίσσεια αρνητικών φορτίων που προκύπτει, κύρια, από

υποκαταστάσεις  $Al^{VI}$  από  $Mg$  εξουδετερώνεται με προσρόφηση, υπό ανταλλάξιμη μορφή, κατιόντων  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$  κλπ, τόσο από τις εσωτερικές, όσο και από τις εξωτερικές επιφάνειες του κρυστάλλου (Σχ. 2.4.γ).



Σχ. 2. 4.γ: Κρυσταλλικό πλέγμα μοντμοριλλονίτη

- α) Υποκατάσταση  $Si^{4+}$  από  $Al^{3+}$  και δημιουργία αρνητικών φορτίων.
- β) Υποκατάσταση  $Al^{3+}$  από  $Mg^{2+}$ , και δημιουργία αρνητικών φορτίων.
- γ) Κατιόντα υπό ανταλλάξιμη μορφή, προσροφημένα στην εξωτερική επιφάνεια του κρυστάλλου.
- δ) Οργανικές ενώσεις και κατιόντα προσροφημένα στο διαστρωματικό χώρο του ορυκτού.

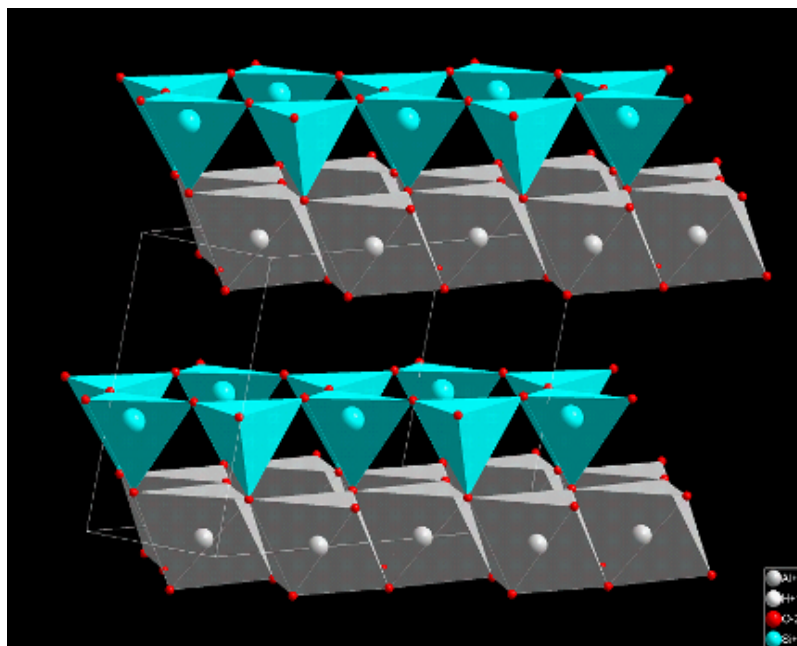


Σχ.2.4.δ: Υποκατάσταση Mg από Zn.

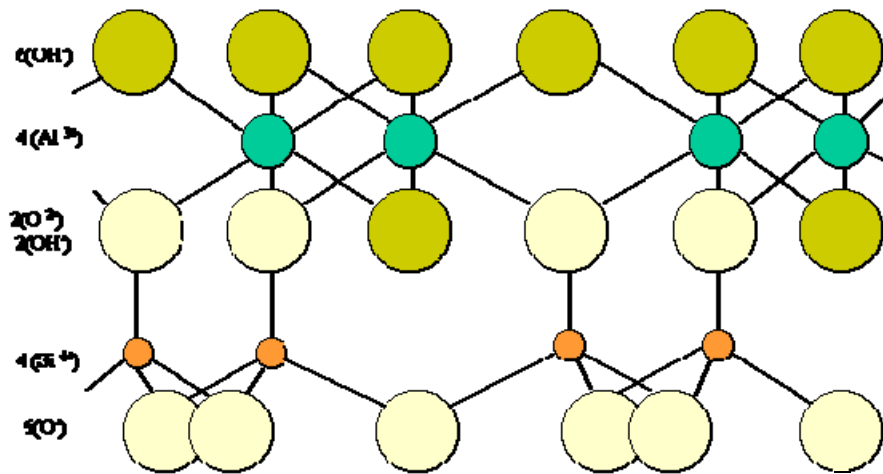
## 2. 5. ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΑΡΓΙΛΩΝ

Τα αργιλικά ορυκτά, σύμφωνα με τη διάταξη των τετραεδρικών και των οκταεδρικών φύλλων στο πλέγμα τους, υποδιαιρούνται:

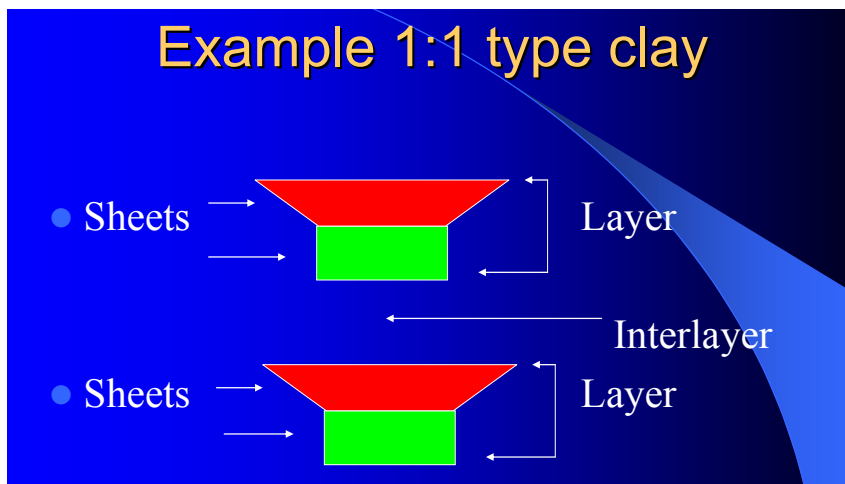
1. *Ορυκτά δομής 1:1.* Σχηματίζονται από την εναλλαγή ενός φύλλου τετραέδρων και ενός φύλλου οκταέδρων, τα οποία εκτείνονται στο επίπεδο που ορίζεται από τις διευθύνσεις των κρυσταλλογραφικών αξόνων a και b και εναλλάσσονται το ένα επί του άλλου κατά τη διεύθυνση του άξονα c (Σχ. 6.5α, β).



### Diagrammatic Representation of Kaolinite



Σχ. 2.5.α: Ορυκτά δομής 1:1.



Σχ. 2.5.β: Σχηματική διάταξη Ορυκτών δομής 1:1.

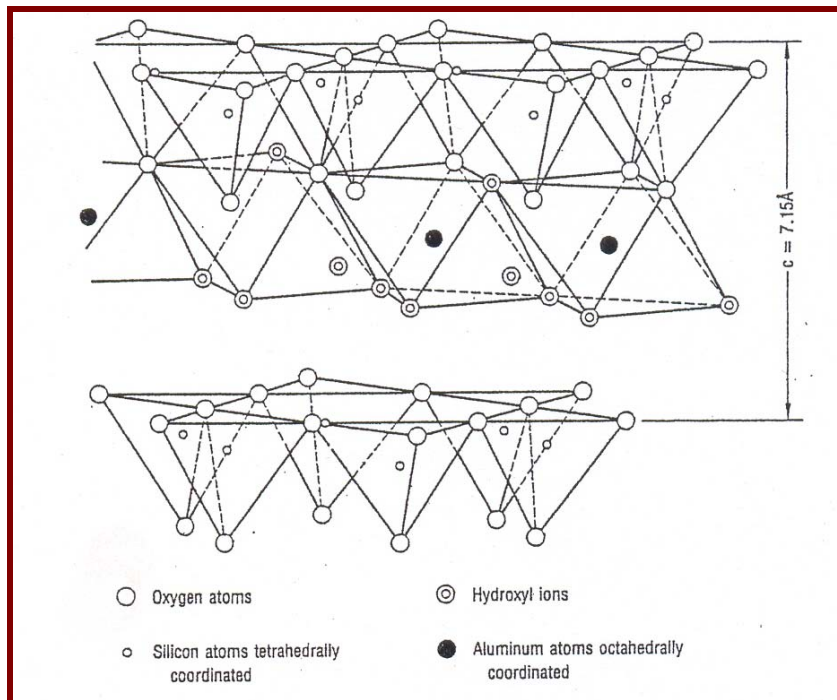
Τα ορυκτά δομής 1:1 διακρίνονται σε:

- ❖ **Διοκταεδρικά ορυκτά δομής 1:1**, με αντιπροσωπευτικό ορυκτό τον καολινίτη (σχ.6.5.γ) και,
- ❖ **Τριοκταεδρικά ορυκτά δομής 1:1**, με αντιπροσωπευτικό ορυκτό τον σερπεντίνη.

Στα **διοκταεδρικά ορυκτά δομής 1:1**, ανήκουν τα ορυκτά της ομάδας του καολινίτη  $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$  (Kaolinite group). Παλαιότερα τα ορυκτά αυτά ήταν γνωστά και ως “ομάδα των καντιτών” (candites group), αλλά ο όρος αυτός δεν ισχύει σήμερα. Τα σπουδαιότερα ορυκτά της ομάδας αυτής είναι τα:

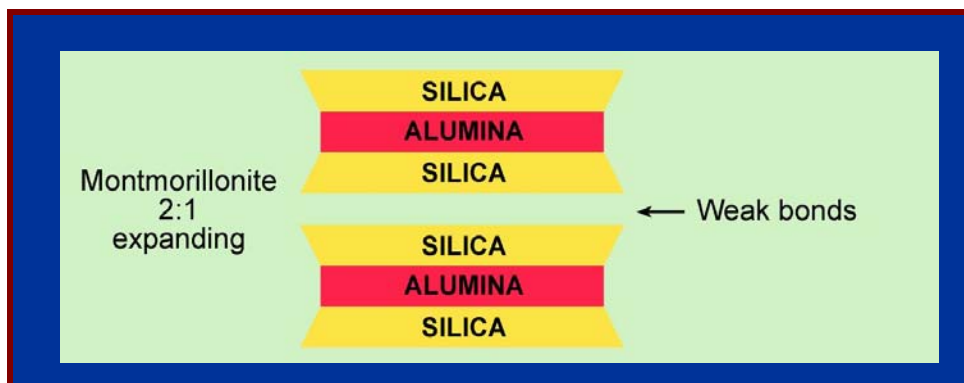


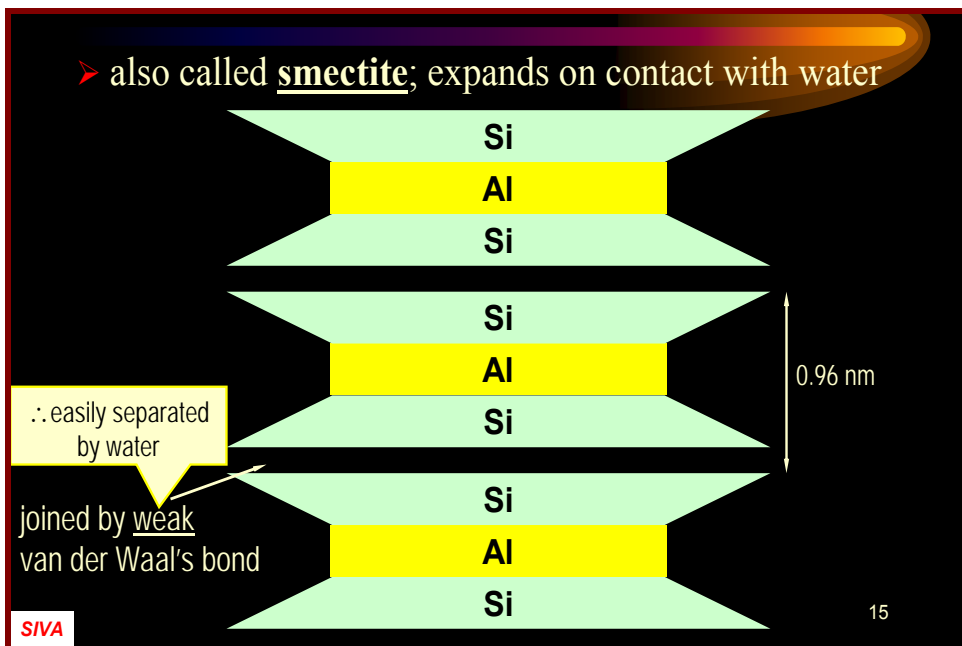
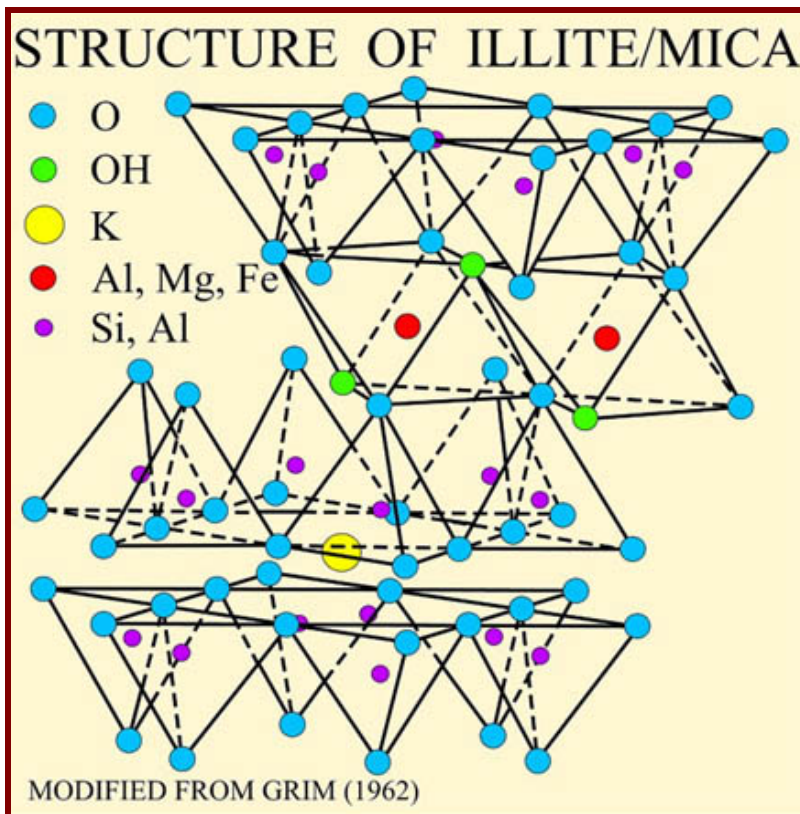
καολινίτης:  $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$   
 αλλοϋσίτης:  $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .  
 μετα-αλλοϋσίτης:  $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .  
 ντικίτης:  $2[\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$   
 νακρίτης:  $6[\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$



Σχ. 2.5.γ : Διοκταεδρικό ορυκτό δομής 1:1 (πλέγμα καολινίτη).

Τα ορυκτά δομής 2:1 αποτελούνται από ένα φύλλο οκταέδρων που βρίσκεται ανάμεσα σε δύο φύλλα τετραέδρων (Σχ. 2.5.δ).





Σχ. 2.5.δ.: Ορυκτά δομής 2:1.

Αντιπροσωπευτικό διοκταεδρικό ορυκτό της δομής 2:1, είναι ο πυροφυλλίτης  $[Al_2Si_4O_{10}(OH)_2]$ , από τον οποίο, προκύπτουν τόσο τα ορυκτά της ομάδας του ιλλίτη, όσο και τα ορυκτά της ομάδας των διοκταεδρικών σμεκτιτών έπειτα από τις κατάλληλες υποκαταστάσεις, αφ' ενός μεν Si από  $Al^{IV}$ , αφ' ετέρου δε  $Al^{VI}$  από Mg ή

$Fe^{2+}$  (Brindley et al, 1984). Με τις υποκαταστάσεις αυτές δημιουργείται περίσσεια ηλεκτρικών φορτίων, τα οποία εξουδετερώνονται με δέσμευση  $(x+y)$  κατιόντων M (όπου M:Ca, Na, Mg, K κ.λ.π), υπό ανταλλάξιμη μορφή, προκειμένου να επέλθει ηλεκτροστατική ισορροπία (2.5.ε).

Στα ορυκτά δομής 2:1, ανήκουν εκτός από τα ορυκτά της ομάδας των σμεκτιτών  $Al_4Si_8O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O$ , και τα ορυκτά της ομάδας του ιλλίτη  $K_yAl_4(Si_{8-y}Al_y)O_{20}(OH)_4$ , όπου  $1 < y < 1.5$ , καθώς και οι βερμικουλίτες (vermicullite group)

Διακρίνονται σε:

*Διοκταεδρικά ορυκτά δομής 2:1* (π.χ. ιλλίτης, μοντμοριλλονίτης)

*Τριοκταεδρικά ορυκτά δομής 2:1* (π.χ. σαπονίτης)

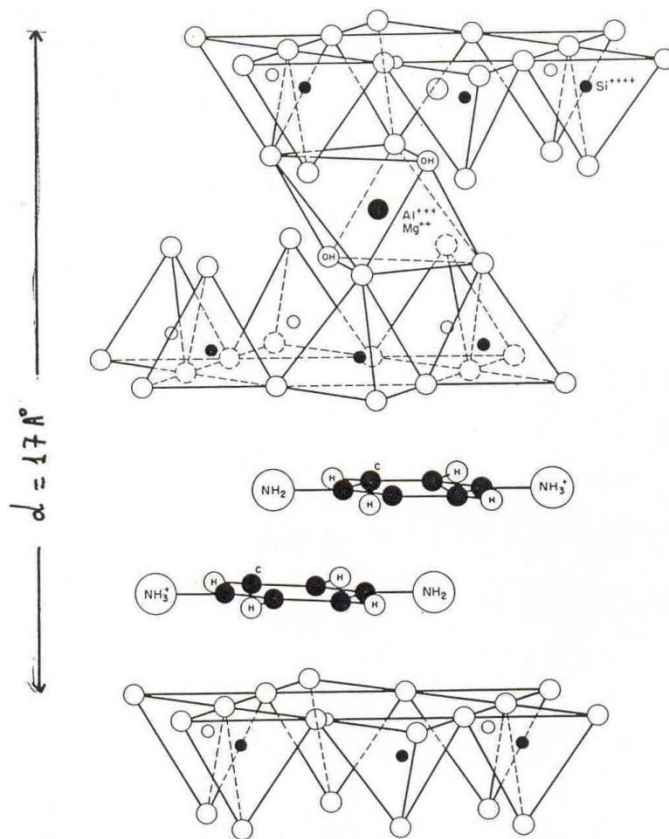
Τα ορυκτά της ομάδας των σμεκτιτών είναι:

1. *Οι διοκταεδρικοί σμεκτίτες:*

- μοντμοριλλονίτης:  $(Mg_yAl_{2-y})Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$
- μπαϊντελλίτης:  $Al_2(Al_xSi_{4-x})O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$
- νοντρονίτης:  $Fe_2^{3+}(Al_xSi_{4-x})O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$

2. *Οι τριοκταεδρικοί σμεκτίτες:*

- σαπονίτης:  $(Si_{3.67}Al_{0.33})MgO_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$
- εκτορίτης:  $Si_4(Mg_{2.67}Li_{0.33})O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$



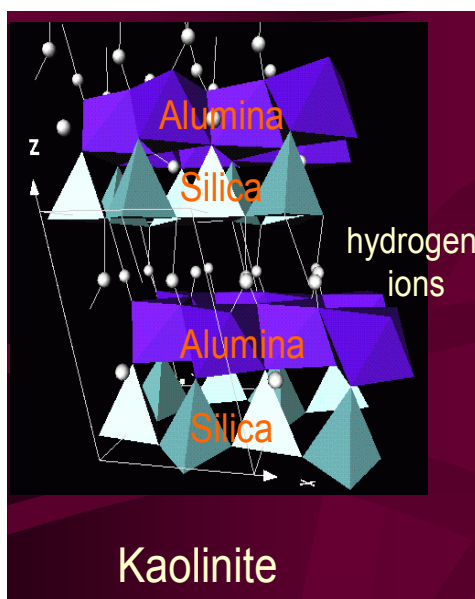
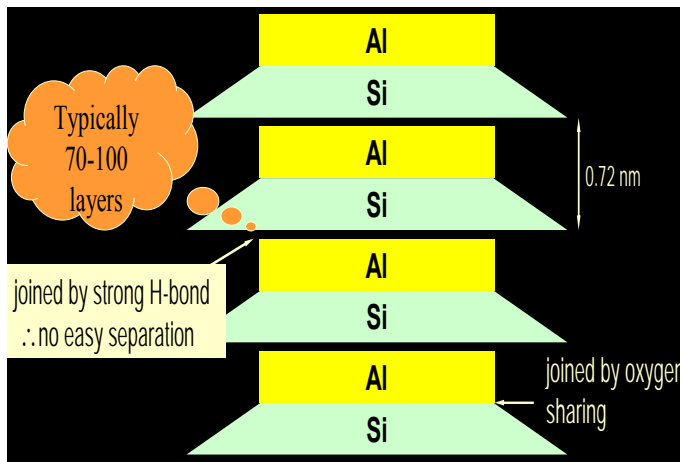
Σχ. 2.5.ε.: Κρυσταλλική δομή του μοντμοριλλονίτη, με μεγαλομόρια οργανικών ενώσεων προσροφημένα στο διαστρωματικό του χώρο.

Οι τρεις ομάδες των αργιλικών ορυκτών διαφέρουν ως προς το είδος και ως προς τη διάταξη στο χώρο, των ατόμων από τα οποία αποτελούνται.

Αποτέλεσμα της διαφοράς αυτής είναι και η ανάπτυξη διαφορετικών τρόπων σύνδεσης μεταξύ των στρωμάτων των διαφόρων ομάδων.

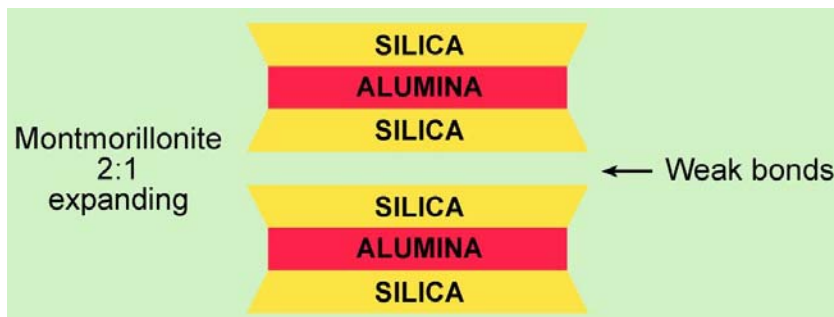
Γενικά, στα αργιλικά ορυκτά τα στρώματα συγκρατούνται μεταξύ τους, με ασθενείς δεσμούς (δεσμό υδρογόνου και δεσμό van deer waals).

Ο δεσμός υδρογόνου είναι ένας ασθενής δεσμός ηλεκτροστατικής φύσεως μεταξύ  $H^+$  και  $O^{2-}$ . Στα ορυκτά της ομάδας του καολινίτη, τα άτομα του υδρογόνου (του επιπέδου των  $OH^-$ , που ανήκει στο φύλλο των οκταέδρων), τείνουν να σχηματίσουν δεσμούς υδρογόνου με τα οξυγόνα των παρακείμενων οκταεδρικών φύλλων (Σχ. 2.5.στ).

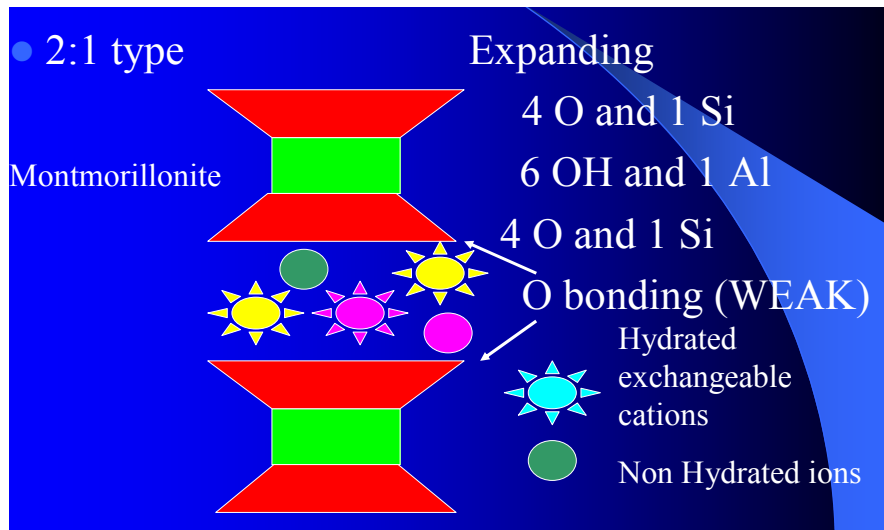


Σχ. 2.5.στ: Δεσμοί υδρογόνου σε ορυκτά δομής 1:1.

Ο δεσμός “van deer waals” είναι ο ασθενέστερος απ’ όλους τους δεσμούς (Σχ. 2.5. ζ, η) και δεν συναντάται πολύ συχνά στα ορυκτά. Αναπτύσσεται μεταξύ ουδέτερων μορίων, τα οποία επιφανειακά και στιγμιαία παρουσιάζουν μικρά υπολειμματικά φορτία δημιουργώντας, έτσι, δίπολα.



Σχ. 2.5.ζ: Δεσμοί “van deer waals” σε ορυκτά δομής 2:1.



Σχ. 2.5.η: Δεσμοί “van deer waals” σε ορυκτά δομής 2:1.

Οι δεσμοί *υδρογόνου* σχηματίζουν ισχυρότερο σύνδεσμο από τους δεσμούς van deer waals.

Ο τρόπος σύνδεσης επηρεάζει πολύ τις ιδιότητες των ορυκτών. Έτσι, όσο ασθενέστερος είναι ο δεσμός τόσο μικρότερη η σκληρότητα τους, ασθενέστερος ο σχισμός τους κλπ.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

### 3.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σημαντικό κίνητρο για την εκπόνηση της εργασίας αυτής υπήρξε το ενδιαφέρον για τη συγκριτική μελέτη της ορυκτολογικής σύστασης στείρων υλικών από διάφορα Λιγνιτωρυχεία.

Στην παρούσα εργασία διερευνάται η ορυκτολογική σύσταση δειγμάτων, τα οποία ελήφθησαν από τις περιοχές Αμύνταιο “ΑΜΥ” και Νότιο Πεδίο “ΚΝΡ” από την περιοχή της Πτολεμαΐδας, όπως επίσης και δειγμάτων από την περιοχή του Κλειδιού της Φλώρινας “ΚΛ”.



Εικ. 3.1: Άποψη του λιγνιτικού κοιτάσματος του Κλειδιού, όπου διακρίνονται μεγάλου πάχους ενδιάμεσα ανόργανα στρώματα.



## 3.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Προκειμένου να προσδιοριστεί η ορυκτολογική σύσταση των δειγμάτων, τα οποία ελήφθησαν από μέτωπο εκσκαφής και διερευνητικές γεωτρήσεις, σε Λιγνιτωρυχεία της Δ. Μακεδονίας. εφαρμόστηκαν οι ακόλουθες μέθοδοι έρευνας:

### 3.2.1. ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΜΕΤΡΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ-Χ

Τα δείγματα εξετάστηκαν με περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ (X-rays diffraction). Για τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιήθηκε περιθλασίμετρο τύπου Siemens D-5000, με τις ακόλουθες συνθήκες λειτουργίας: ακτινοβολία CuK $\alpha$  ( $\lambda=1.5405 \text{ \AA}$ ), φίλτρο Ni, ένταση 30 mA, τάση 40 Kv και ταχύτητα γωνιόμετρου  $1^{\circ}2\theta/\text{min}$ . Η ταυτοποίηση των διαφόρων ορυκτολογικών φάσεων και των προϊόντων που προέκυψαν από τις μεταξύ τους αντιδράσεις, πραγματοποιήθηκε με βάση τις χαρακτηριστικές τους ανακλάσεις.

### 3.2.2. ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (TG/DTG/DTA)

Η διαφορική θερμική (DTA) και θερμοβαρυτομετρική (TG/DTG) ανάλυση έγινε με όργανο Mettler Toledo 851. Τα δείγματα πυρώθηκαν έως τους  $1200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , με ταχύτητα αύξησης της θερμοκρασίας  $10 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ .

Η αξιολόγηση των καμπυλών έγινε με βάση τα δεδομένα της βιβλιογραφίας (Mackenzie, R., 1957, Smykatz-Kloss, W., 1974).

Η μέθοδος της διαφορικής θερμικής ανάλυσης (Differential Thermal Analysis ή D.T.A.), βασίζεται στο γεγονός ότι, όταν μια ουσία θερμαίνεται, υφίσταται διάφορες μετατροπές. Οι μετατροπές αυτές συνοδεύονται από πρόσληψη ή απώλεια θερμότητας, με αποτέλεσμα την εμφάνιση χαρακτηριστικών peaks (κορυφών) στο διάγραμμα D. T. A.

### 3.2.3. ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (FT-IR)

Η φασματοσκοπία υπέρυθρης ακτινοβολίας (Infrared spectroscopy), βασίζεται στο γεγονός ότι, όταν οι δεσμοί μιας κρυσταλλικής φάσης εκτεθούν σε υπέρυθρη ακτινοβολία, θα απορροφήσουν από το φάσμα IR, εκείνες τις συχνότητες, τις οποίες εκπέμπουν και οι ίδιοι δονούμενοι και θα αφήσουν να περάσει η υπόλοιπη ακτινοβολία. Η απορροφούμενη (absorbed) ή η διερχόμενη (transmitted) ακτινοβολία είναι, επομένως, χαρακτηριστική του ορυκτού που την προκαλεί. Έτσι, ένα διάγραμμα FT-IR είναι δυνατό να δώσει πληροφορίες αφ' ενός μεν για το είδος ενός ορυκτού (καοлинίτης, κ.λ.π.) και αφ' ετέρου για τους χαρακτηριστικούς δεσμούς στο κρυσταλλικό του πλέγμα (Si-O-Si, Si-O-Al<sup>vi</sup>, κλπ) (Farmer, 1974, Madejova J., 2003).

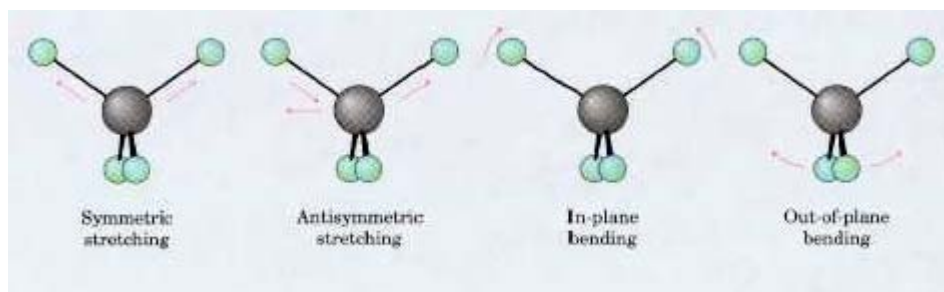
Η μελέτη με υπέρυθρη ακτινοβολία (FT-IR), έγινε με τη χρήση φασματόμετρου (Perkin Elmer GX-1).

Το δοκίμιο (παστίλια), το οποίο ακτινοβολούμε, έχει πάχος 1-15 μm και παρασκευάζεται ως ακολούθως:

Κονιοποιούμε ένα ελάχιστο τμήμα του υλικού μας (<50 mgr). Αναμιγνύουμε ένα μικρό τμήμα του κονιοποιημένου υλικού με KBr (αναλογία 1:200) και αφού το βάλουμε σε ειδική μήτρα του εξασκούμε πίεση (8 tn/cm<sup>2</sup>) προκειμένου να μετατραπεί σε παστίλια.

Ένα διάγραμμα IR, έχει ως τετμημένη, την σχετική ένταση της ακτινοβολίας που απορροφάται ή διέρχεται από το δοκίμιο και ως τεταγμένη το μήκος κύματος ή τη συχνότητα (cm<sup>-1</sup>) της υπέρυθρης ακτινοβολίας (σύνηθες φάσμα, από 400 cm<sup>-1</sup> έως 4.000 cm<sup>-1</sup>).

Στην παρακάτω εικόνα (Σχ. 3.1) φαίνονται οι κύριοι τύποι δονήσεων.



Σχ. 3.1: Κύριοι τύποι δονήσεων

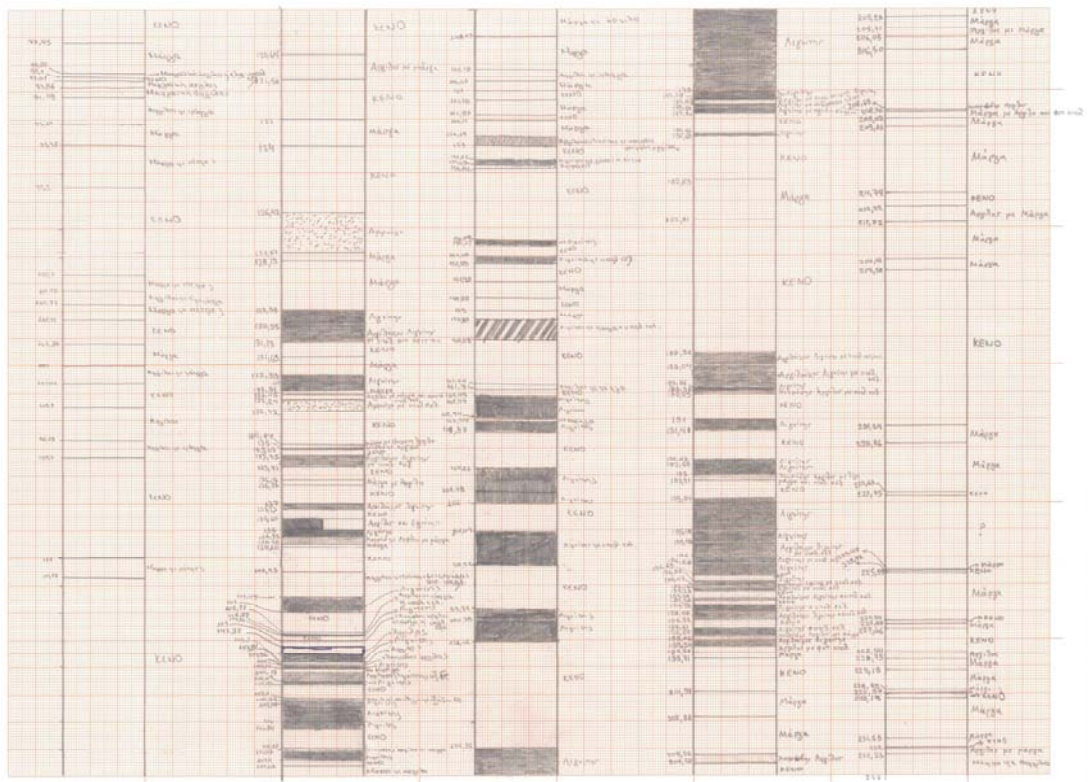
### 3.3. ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

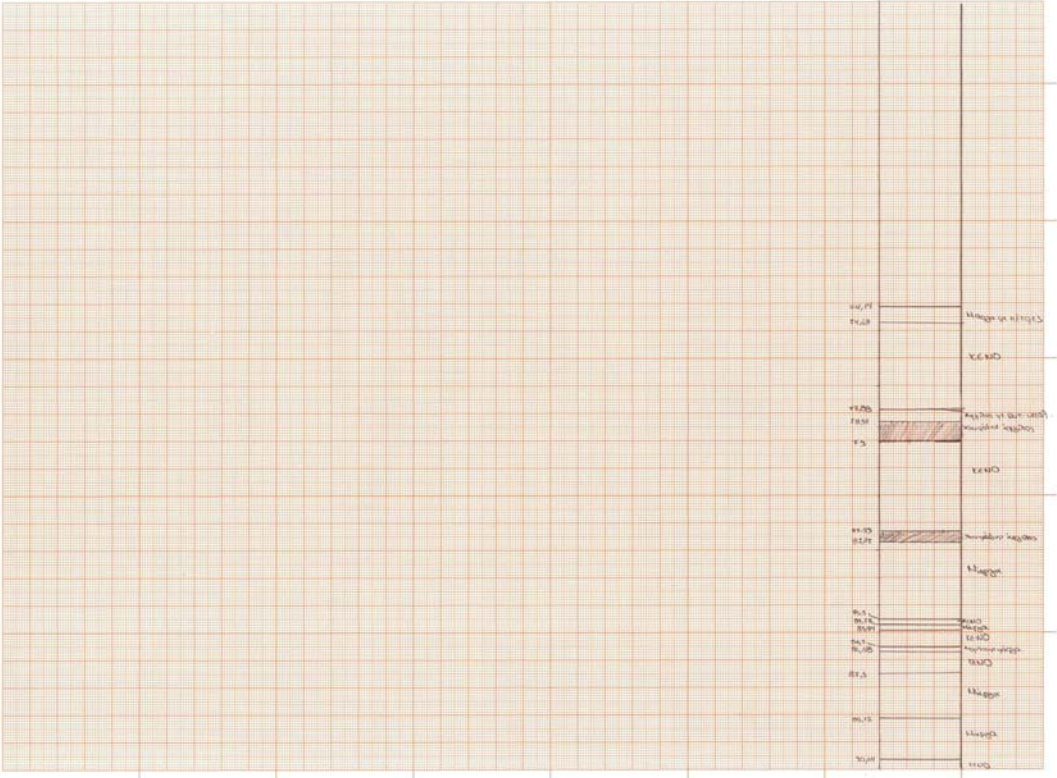
#### Γενικά

Η ορυκτολογική σύσταση δειγμάτων από τις θέσεις Αμύνταιο “ΑΜΥ” και Νότιο Πεδίο “ΚΝΡ” από την περιοχή της Πτολεμαΐδας, όπως επίσης και δειγμάτων από την περιοχή του Κλειδιού της Φλώρινας “ΚΛ”, προσδιορίσθηκε με περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ (X-rays diffraction), με Θερμική Ανάλυση (TG, DTG, DTA) και με φασματοσκοπία υπέρυθρης ακτινοβολίας (FT-IR).

#### 3.3.1. Δείγματα από την περιοχή ΑΜΥΝΤΑΙΟ

Για το λιγνιτικό κοίτασμα του Αμυνταίου μελετήθηκαν τα ενδιάμεσα και τα υποκείμενα της γεώτρησης ΑΜΥ, η τομή της οποίας εμφανίζεται στο σχήμα 3.2





Σχ. 3.2: Τομή γεώτρησης "AMY"

### 3.3.1.α. Εξέταση με περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ

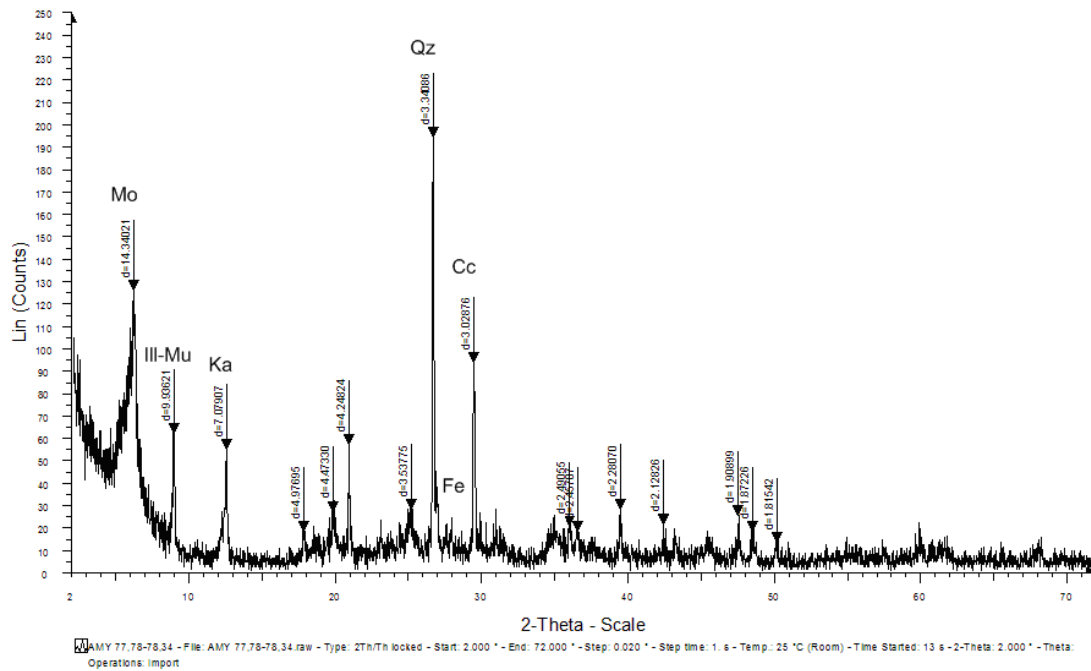
Η εξέταση των δειγμάτων έγινε σε προσανατολισμένα και σε μη προσανατολισμένα παρασκευάσματα. Τα ακτινοδιαγράμματα, τα οποία ελήφθησαν από μη προσανατολισμένα παρασκευάσματα χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για την ημιποσοτική εκτίμηση της ορυκτολογικής σύστασης των δειγμάτων, σύμφωνα με τους Cook et al., (1980).

Κάθε δείγμα εξετάστηκε:

1. Μετά από ξήρανση στους 65 °C, ώστε να είναι απαλλαγμένο από την υγρασία
2. Μετά από κορεσμό με γλυκόλη, προκειμένου να γίνει έλεγχος για πιθανή ύπαρξη διογκούμενων ορυκτών (σμεκτίτες).
3. Μετά από θέρμανση στους 550 °C, για δύο ώρες, προκειμένου να διακριθούν τα ορυκτά καολινίτης και χλωρίτης των οποίων οι ανακλάσεις 001 και 002, αντίστοιχα, συμπίπτουν (Grim 1968, Thorez 1975, Brindley & Brown 1980).

Η ταυτοποίηση των διαφόρων ορυκτών δειγμάτων από τις προαναφερθείσες περιοχές, έγινε με βάση τις χαρακτηριστικές τους ανακλάσεις. Οι παραπάνω επεξεργασίες είναι απαραίτητες προκειμένου να διακριθούν τα αργιλικά ορυκτά, των οποίων οι ανακλάσεις συμπίπτουν.

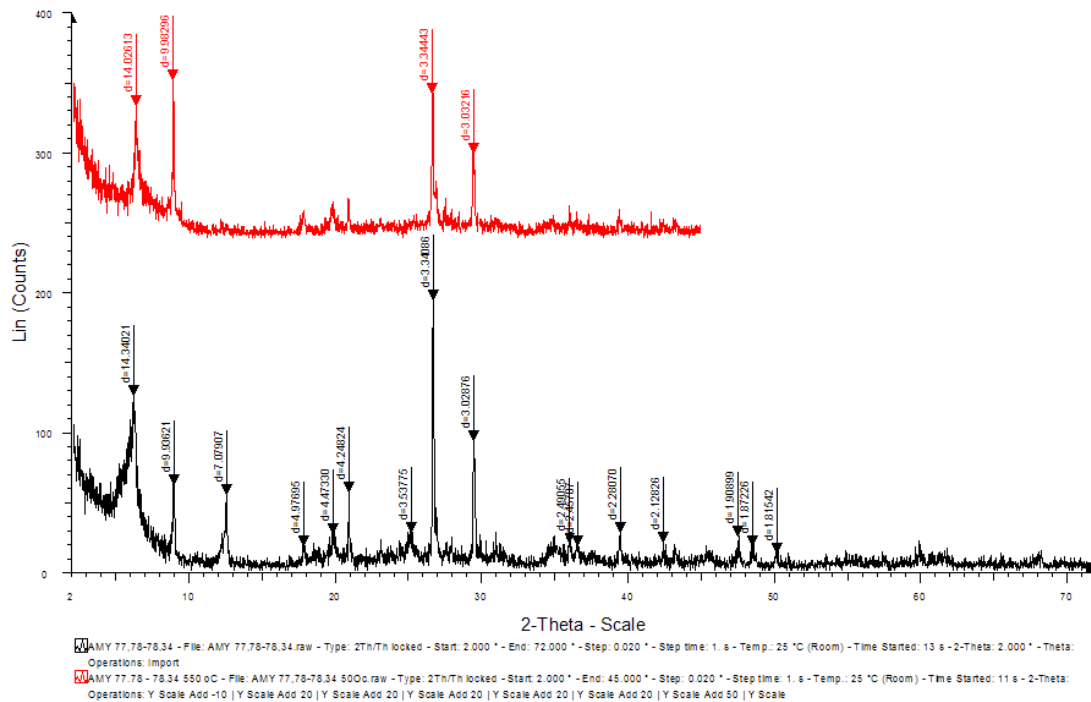
Στα δείγματα από το Αμύνταιο και συγκεκριμένα σε αυτά από τα μικρότερα βάθη “AMY 77,78-78,34”, ιδιαίτερα έντονη είναι η παρουσία αργιλικών ορυκτών (Σχ. 3.3).



Σχ. 3.3.: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Αμυνταίου Πτολεμαΐδας “AMY 77,78- 78,34”.

\*Qz=Χαλαζίας, Fe=Αστριον, Cc=Ασβεστίτης, Ill-Mu=Ιλλίτης-Μοσχοβίτης, Ka=Καολινίτης, Mo=Μοντμοριλλονίτης.

- Ο ιλλίτης-μοσχοβίτης προσδιορίστηκε, με βάση τις κύριες ανακλάσεις του (001) στα  $d \sim 10 \text{ \AA}$  και (003)  $d \sim 3.34 \text{ \AA}$ .  
Ο όρος “ιλλίτης” χρησιμοποιείται ως ένα συλλογικό όνομα για όλα τα μη διογκούμενα αργιλικά ορυκτά με ανάκλαση (001) στα  $d=10 \text{ \AA}$ , περίπου.
- Η παρουσία του καολινίτη στα εξετασθέντα δείγματα διαπιστώθηκε από το peak (001) στα  $d=7.15 \text{ \AA}$ , όπως επίσης και από τη συμπεριφορά του κατά τη θέρμανση.

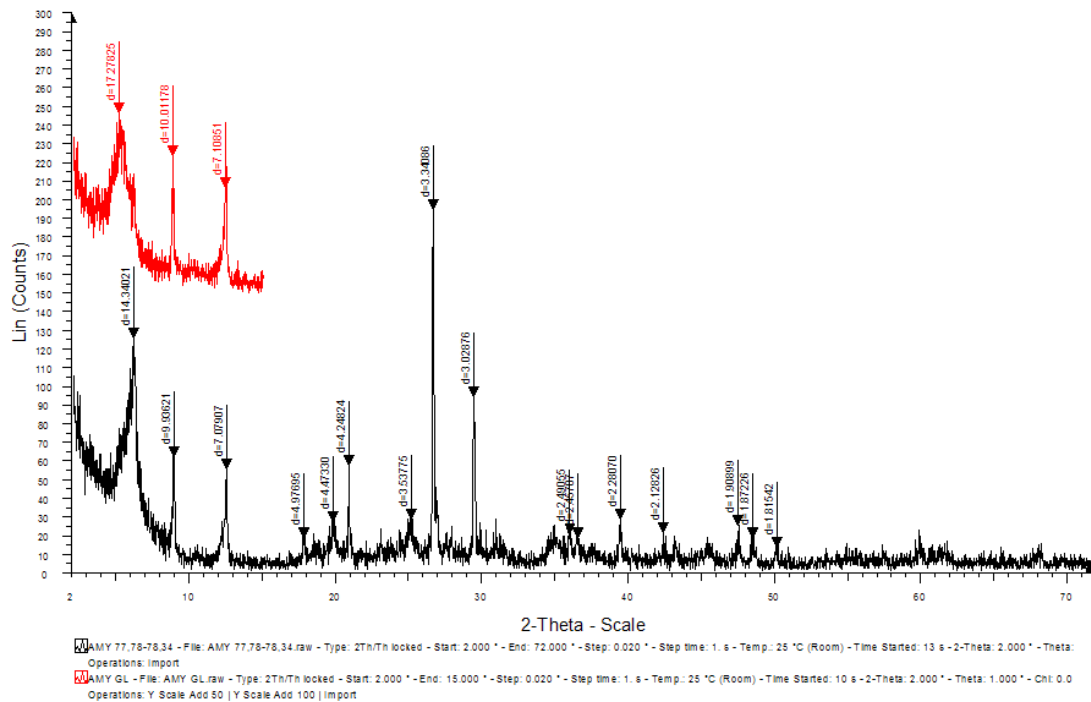


Σχ. 3.4: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Αμυνταίου Πτολεμαΐδας “AMY 77,78- 78,34”, έπειτα από έψηση του υλικού στους 550 °C.

Όπως φαίνεται από το ακτινοδιάγραμμα, το οποίο ελήφθη έπειτα από έψηση του συγκεκριμένου δείγματος στους ~550 °C για 2 h (Σχ. 3.4, κόκκινη καμπύλη) ελλείπει, εντελώς, η ανάκλαση στα  $d=7.15$  Å, γεγονός που υποδηλώνει την ύπαρξη καολινίτη στο συγκεκριμένο υλικό.

- Η παρουσία ή μη διογκούμενων ορυκτών διαπιστώνεται με βάση την χαρακτηριστική ιδιότητα του μοντμοριλλονίτη (κύριου ορυκτού της ομάδας των σμεκτιτών) να διογκώνεται κατόπιν επεξεργασίας του με γλυκόλη. Μοντμοριλλονίτης κορεσμένος με γλυκόλη παρουσιάζει μετατόπιση της κύριας ανάκλασης του (100) από τα  $d\sim 14$  Å στα  $d\sim 17$  Å. Δεδομένου ότι, μετά τον κορεσμό των δειγμάτων με γλυκόλη διαπιστώθηκε μετατόπιση της συγκεκριμένης ανάκλασης του μοντμοριλλονίτη (Σχ. 3.5, κόκκινη καμπύλη), προς τις μικρότερες γωνίες ( $d=17.27$  Å), συμπεραίνεται ότι τα δείγματα που εξετάστηκαν περιέχουν διογκούμενα ορυκτά.





Σχ. 3.5: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Αμυνταίου Πτολεμαΐδας “AMY 77,78-78,34”, έπειτα από επεξεργασία του υλικού με γλυκόλη.

Δεδομένου ότι η ανάκλαση (100) μετατοπίζεται από τα  $d \sim 14$  Å στα  $d \sim 17$  Å, έπειτα από την επεξεργασία του υλικού με γλυκόλη, ενώ έπειτα από την έψηση του δείγματος στους  $\sim 550$  °C εξαφανίζεται η ανάκλαση (100) στα  $d \sim 7.15$  Å, συμπεραίνεται ότι το υλικό περιέχει μοντμοριλλονίτη και καολινίτη, ενώ απουσιάζει ο χλωρίτης.

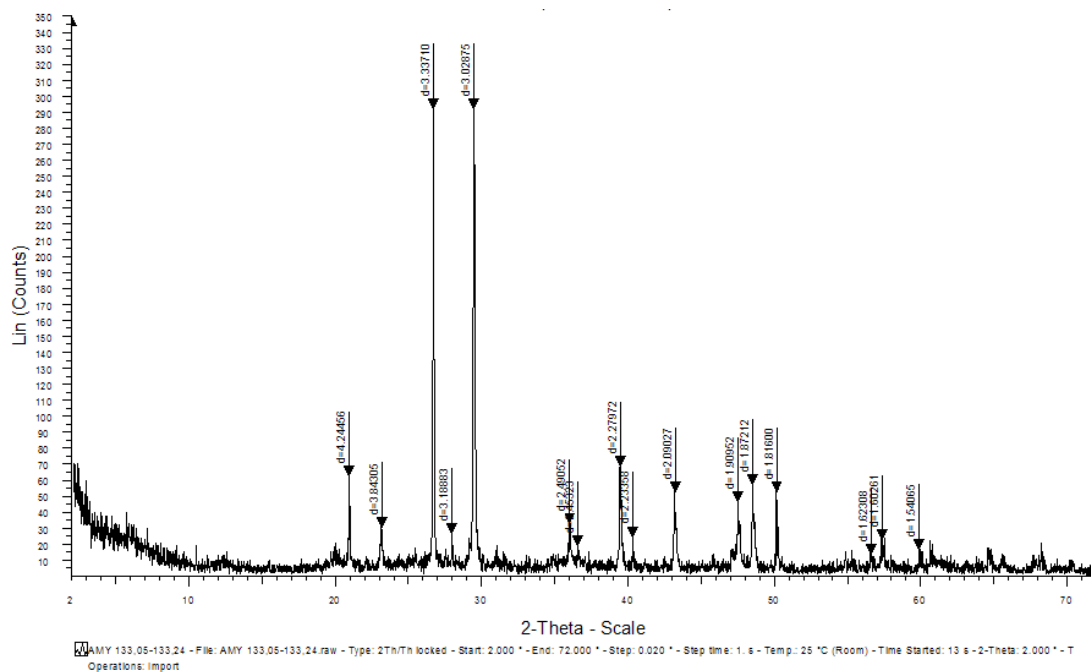
Από τα μη αργιλικά ορυκτά επικρατεί ο χαλαζίας, για τον προσδιορισμό του οποίου χρησιμοποιήθηκαν οι ανακλάσεις (1011) στα  $d=3.33$  Å, και (1010) στα  $d=4.26$  Å. Επειδή, η ισχυρότερη ανάκλαση του χαλαζία στα  $d=3.33$  Å, συμπίπτει, σχεδόν, με την ισχυρή ανάκλαση (003) του ιλλίτη, για τον ημιποσοτικό προσδιορισμό, ως σχετικό μέτρο, για την περιεκτικότητα του χαλαζία, χρησιμοποιήθηκε η ανάκλαση στα  $d=4.26$  Å.

Στα συγκεκριμένα δείγματα απαντά, επίσης, ασβεστίτης σε σχετικά μικρό ποσοστό.

- Για τον προσδιορισμό του ασβεστίτη, χρησιμοποιήθηκαν οι ανακλάσεις hkl: (104) στα  $d=3.03$  Å, (113) στα  $d=2.28$  Å, (202) στα  $d=2.09$  Å, (102) στα  $d=3.84$  Å κ.λ.π.

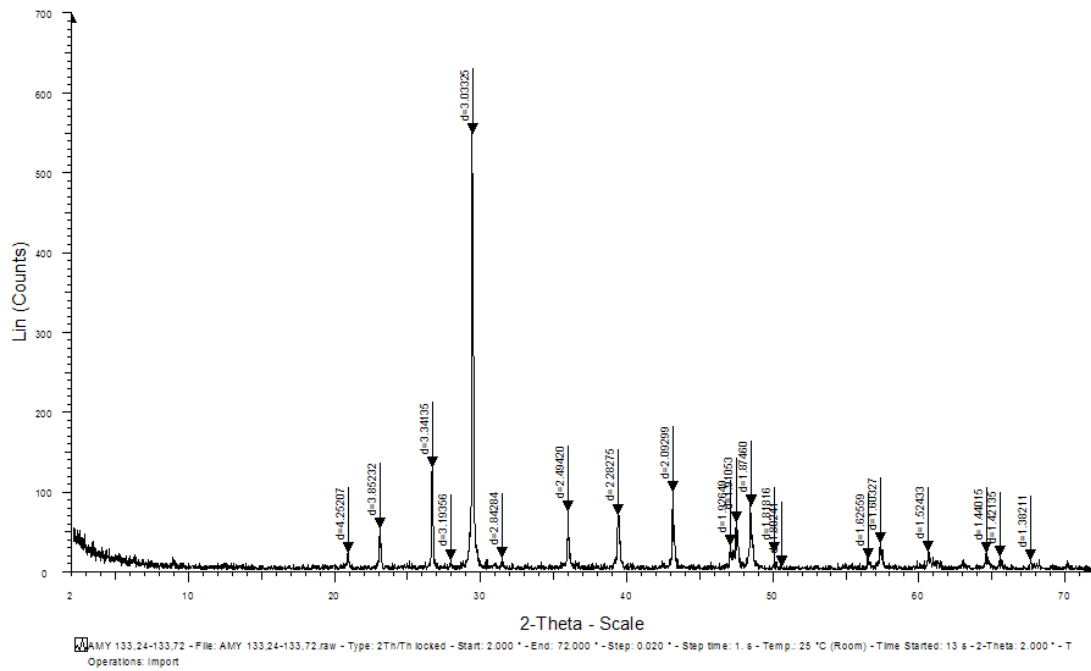


Σε δείγματα της ίδιας γεώτρησης, τα οποία όμως έχουν ληφθεί από μεγαλύτερο βάθος “AMY 133,05-133,24”, ταυτοποιήθηκε ασβεσίτης, όπως επίσης και χαλαζίας, αλλά και ελάχιστοι άστριοι (Σχ. 3.6).



Σχ. 3.6: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Αμυνταίου Πτολεμαΐδας “AMY 133,05-133,24”.

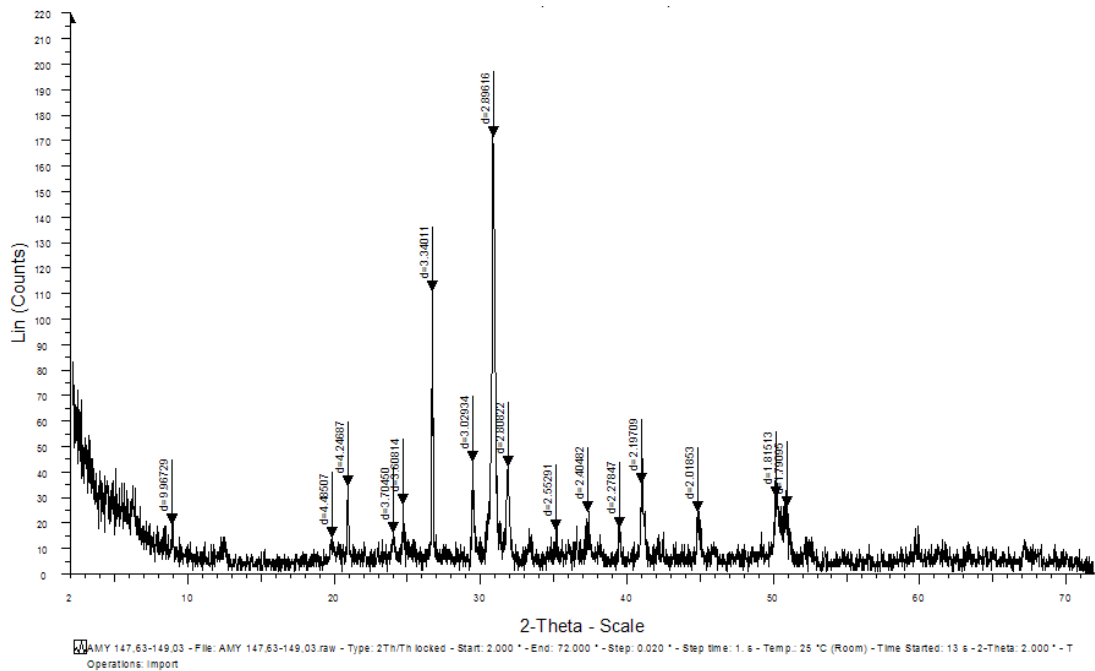
Σε λίγο μεγαλύτερο βάθος “AMY 133,24-133,72”, η επικρατούσα ορυκτολογική φάση είναι ο ασβεσίτης και σε μικρότερο ποσοστό απαντά ο χαλαζίας, όπως επίσης και ελάχιστοι άστριοι (Σχ. 3.7).



Σχ. 3.7: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Αμυνταίου Πτολεμαΐδας “AMY 133,24-133,72”.

Ας σημειωθεί ότι οι οριζόντες “AMY 133,05-133,24” και “AMY 133,24-133,72”, δεν περιέχουν καθόλου αργιλικά ορυκτά.

Σε ακόμα μεγαλύτερο βάθος “AMY 147,63-149,03”, η κύρια ορυκτολογική φάση είναι ο δολομίτης για τον προσδιορισμό του οποίου χρησιμοποιήθηκαν οι ανακλάσεις hkl: (104) στα  $d=2.89 \text{ \AA}$ , (110) στα  $d=2.40 \text{ \AA}$ , (116) στα  $d=1.79 \text{ \AA}$  κ.λ.π. (Σχ. 3.8).

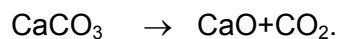


Σχ. 3.8: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Αμυνταίου Πτολεμαΐδας “AMY 147,63-149,03”.

### 3.3.1.β. Εξέταση με Θερμική Ανάλυση (TG, DTG και DTA)

Η μέθοδος της θερμικής ανάλυσης βασίζεται στο γεγονός ότι, όταν μία ουσία θερμαίνεται, εμφανίζει διάφορες μετατροπές. Οι μετατροπές αυτές συνοδεύονται από πρόσληψη ή απώλεια θερμότητας, με αποτέλεσμα την εμφάνιση χαρακτηριστικών peaks στο διάγραμμα της D.T.A. (κόκκινη καμπύλη).

Η καμπύλη T.G. (μαύρη καμπύλη) μας δίνει τις, τυχόν, μεταβολές βάρους που εκδηλώνονται κατά τη διάρκεια κάθε φαινομένου. Από τη μεταβολή αυτή του βάρους, όπως, π.χ. από την έκλυση του CO<sub>2</sub>, είναι δυνατό να υπολογίσουμε τον περιεχόμενο, στο δείγμα μας, ασβεστίτη, σύμφωνα με την αντίδραση:



Το εύρος της θερμοκρασίας διάσπασης, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες (κρυσταλλικότητα, κοκκομετρία κ.λ.π.).

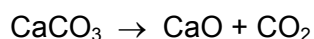
Οι καμπύλες T.G. και D.T.G. και D.T.A ελήφθησαν, έπειτα από πύρωση αντιπροσωπευτικών δειγμάτων, έως τους 1200 °C, με ταχύτητα αύξησης της

θερμοκρασίας 10 °C/min. Η αξιολόγηση των καμπυλών έγινε με βάση τα δεδομένα της βιβλιογραφίας (Mackenzie, R., 1957; Smykatz-Kloss, W., 1974).

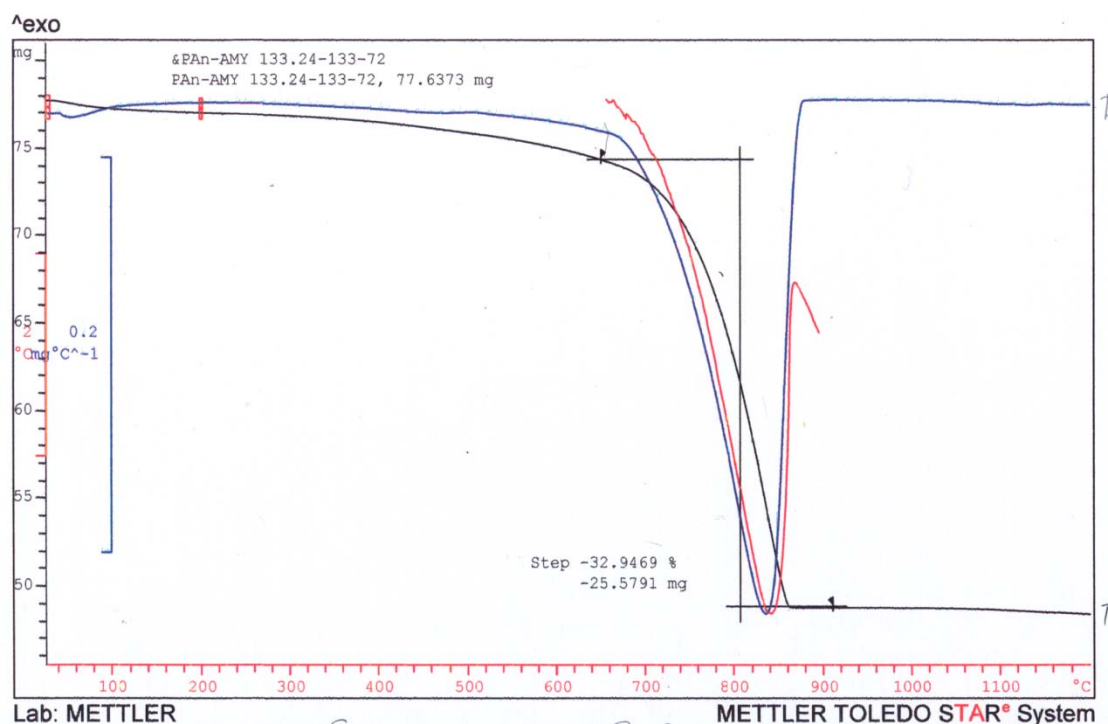
Από τη αξιολόγηση των παραπάνω καμπυλών (Σχ. 3.9), διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

Συγκεκριμένα, από τη μελέτη με θερμική ανάλυση (TG/DTG και DTA) αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή αμύνταιο “AMY 133,24-133,72” (Σχ. 3.7) (Smykatz-Kloss, 1974) διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

Από τη μεταβολή του βάρους που προέρχεται από την έκλυση του CO<sub>2</sub> του ασβεστίτη, είναι δυνατό να υπολογίσουμε την περιεκτικότητα του υλικού σε ασβεστίτη, σύμφωνα με την αντίδραση:



Έτσι, από το ενδόθερμο peak στους ~840 °C στην καμπύλη DTA (Σχ. 3.9), με απώλεια βάρους ~33 %, επιβεβαιώνεται η παρουσία του ασβεστίτη σε ποσοστό 75%, περίπου.



Σχ. 3.9: Διάγραμμα θερμικής ανάλυσης (TG/DTG και DTA) αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Αμυνταίου Πτολεμαΐδας “AMY 133,24- 133,72”

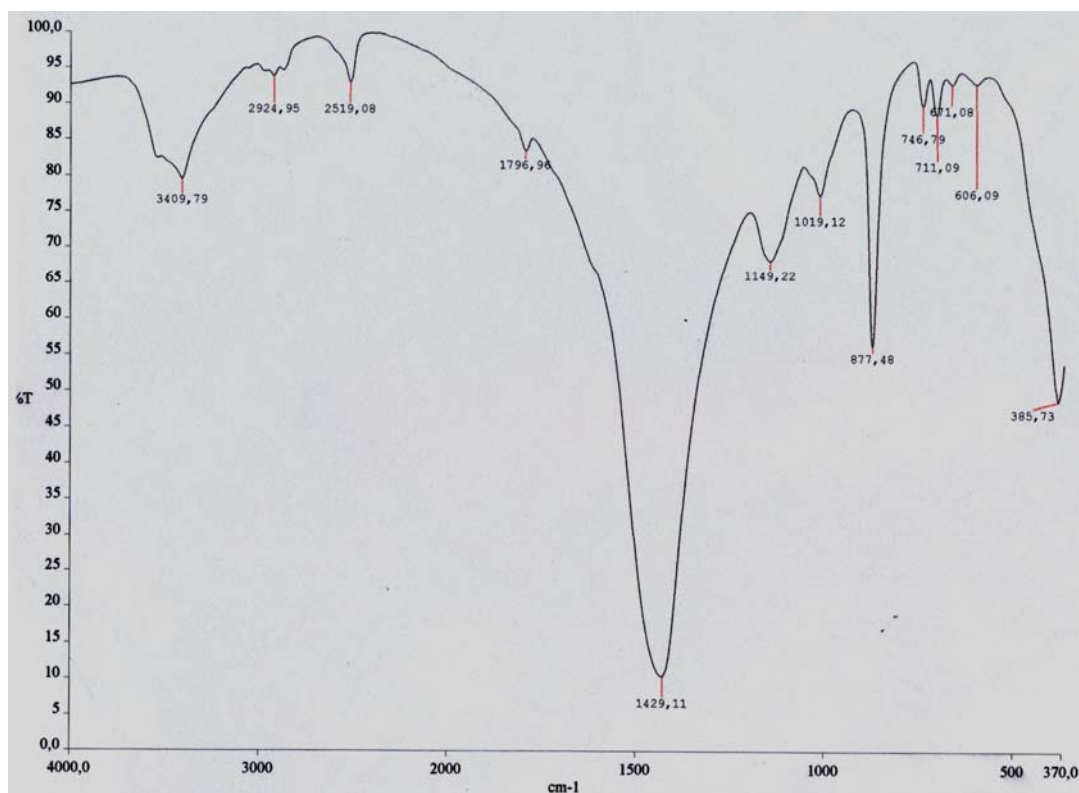
### 3.3.1.γ. Εξέταση με φασματοσκοπία υπέρυθρης ακτινοβολίας (FT-IR)

Από την εξέταση με FT-IR αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από ανθρακικούς ορίζοντες από την περιοχή αμύνταιο “AMY 133,24- 133,72” (Smykatz-Kloss, 1974) επιβεβαιώνεται η ύπαρξη ανθρακικών ορυκτών (Σχ. 3.10), δεδομένου ότι:

Γενικά, οι ανθρακικές ρίζες δίνουν, κυρίως, μία ισχυρή δόνηση τάσης ( $\nu_3$ ) στα  $\sim 1429 \text{ cm}^{-1}$  και μία δόνηση κάμψης ( $\nu_2$ ) στα  $\sim 877 \text{ cm}^{-1}$ .

Το μικρό peak στα  $\sim 3410 \text{ cm}^{-1}$  αποδίδεται στις δονήσεις τάσης των  $\text{OH}^-$  του νερού που προσροφήθηκε κατά την παρασκευή των δοκιμίων.

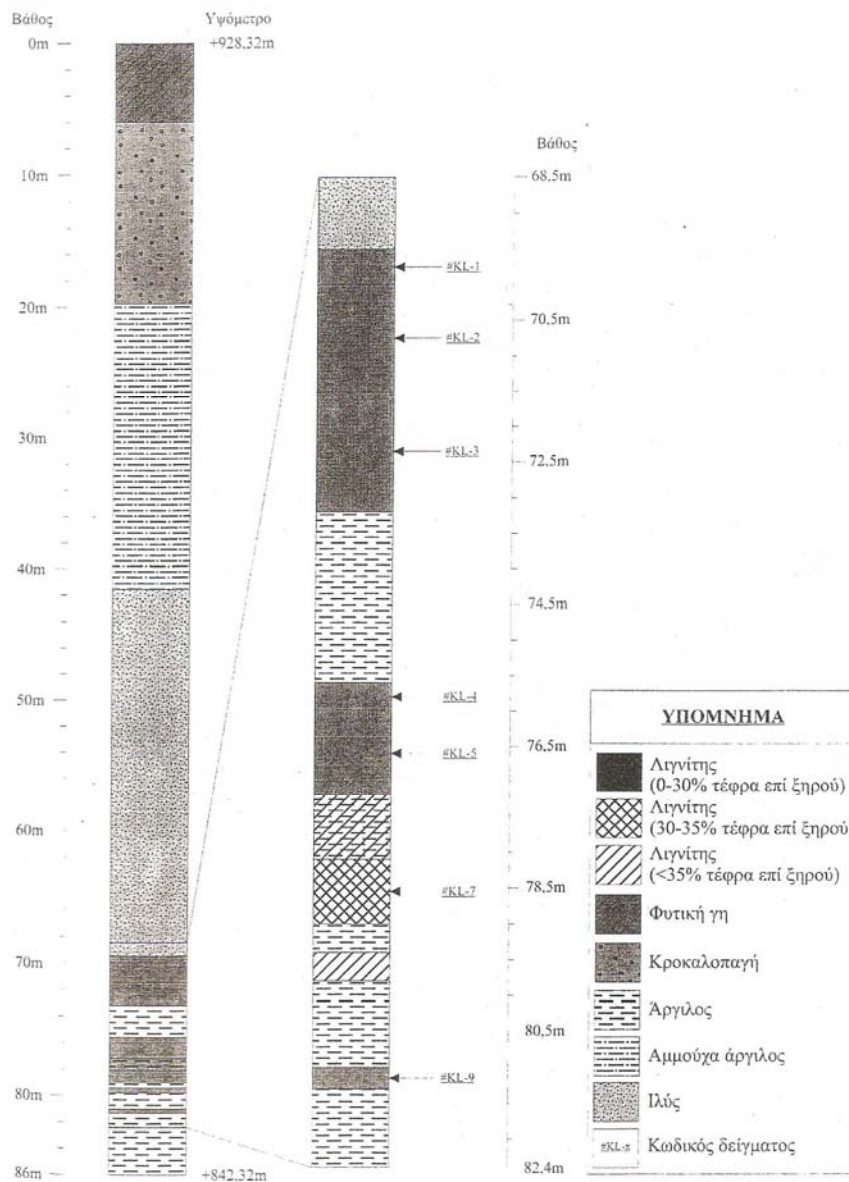
Το δείγμα εμφανίζει όλες τις χαρακτηριστικές δονήσεις τάσης και κάμψης των ανθρακικών ριζών ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) στα  $1429, 877, 711, 606 \text{ cm}^{-1}$  (Σχ. 3.10).



Σχ. 3.10: Καμπύλη υπέρυθρης ακτινοβολίας (FT-IR spectroscopy) του δείγματος “AMY 133,24- 133,72”.

### 3.3.2. Δείγματα από την περιοχή ΚΛΕΙΔΙ

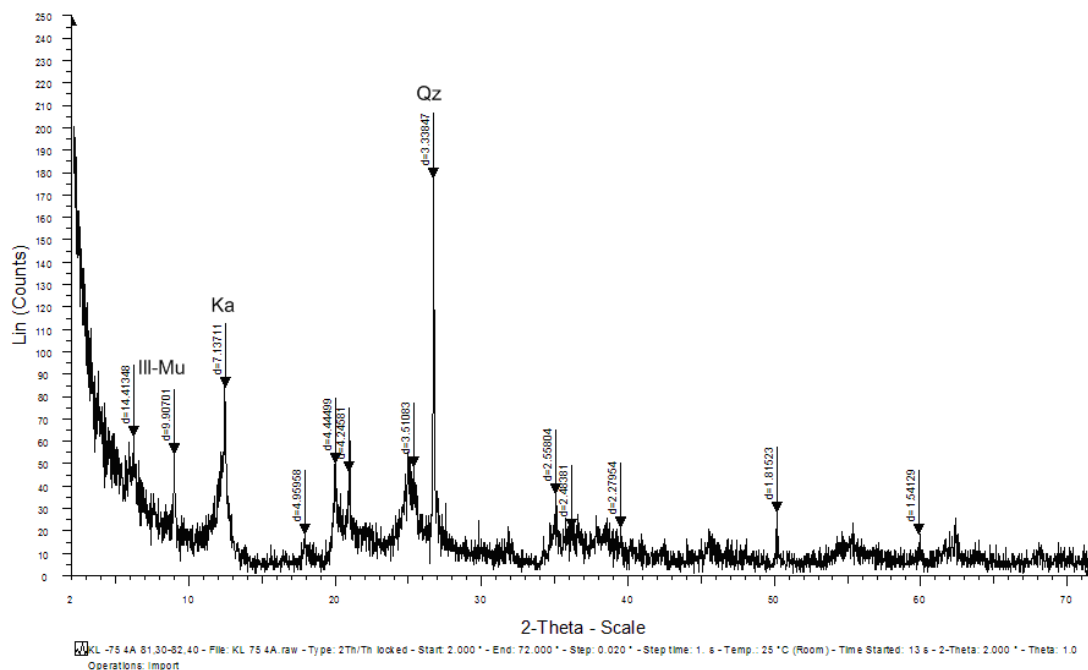
Για το λιγνιτικό κοίτασμα του Κλειδιού μελετήθηκαν δείγματα προερχόμενα από την γεώτρηση ΚΛ-75 (Κλειδιού), η τομή της οποίας φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Σχ. 3.11 Λιθοστρωματική στήλη της γεώτρησης ΚΛ-75 (Κλειδιού) και θέσεις δειγματοληψίας

### 3.3.2.α. Εξέταση με περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ

Η εξέταση των δειγμάτων και από την περιοχή “ΚΛΕΙΔΙ” έγινε με τον ίδιο τρόπο, όπως και για τα δείγματα από το Αμύνταιο και αξιολογήθηκαν, αντίστοιχα, τα ακτινοδιαγράμματα τα οποία ελήφθησαν πριν και μετά τις κατάλληλες επεξεργασίες. Από την αξιολόγηση των συγκεκριμένων ακτινοδιαγραμμάτων προκύπτει ότι και στα δείγματα από το “ΚΛΕΙΔΙ” ιδιαίτερα έντονη είναι η παρουσία αργιλικών ορυκτών.

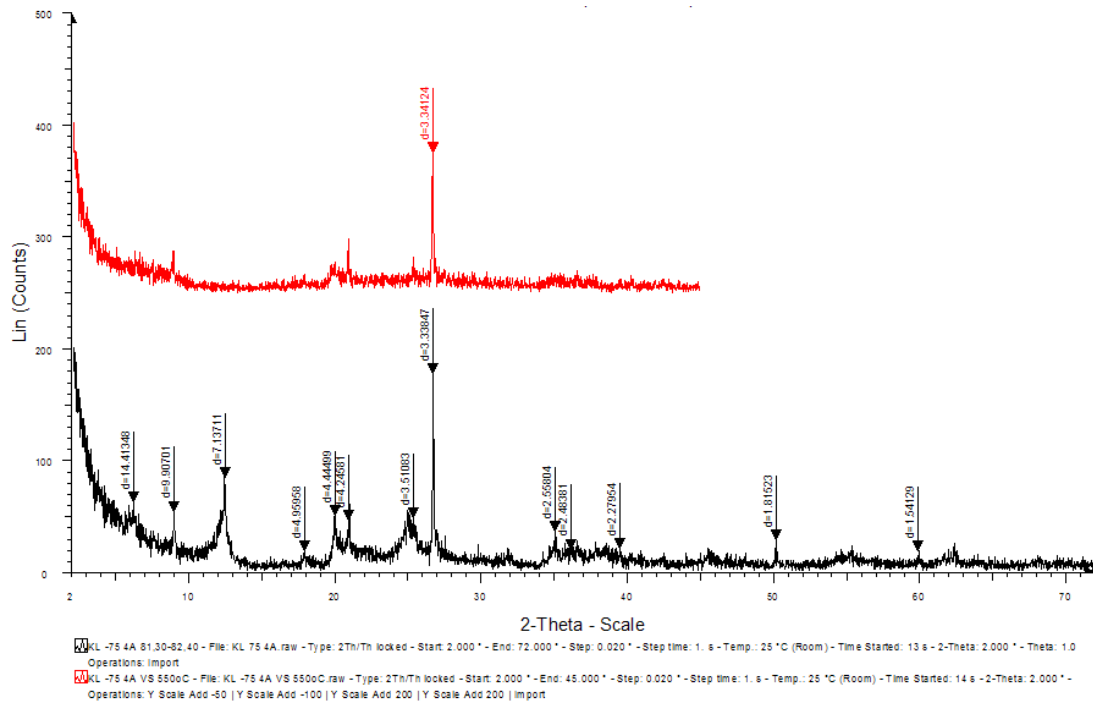


Σχ. 3.12: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Κλειδί Φλώρινας “ΚΛ 81,30- 82,40”.

\*Qz=Χαλαζίας, III-Mu=Ιλλίτης-Μοσχοβίτης, Ka=Καολινίτης.

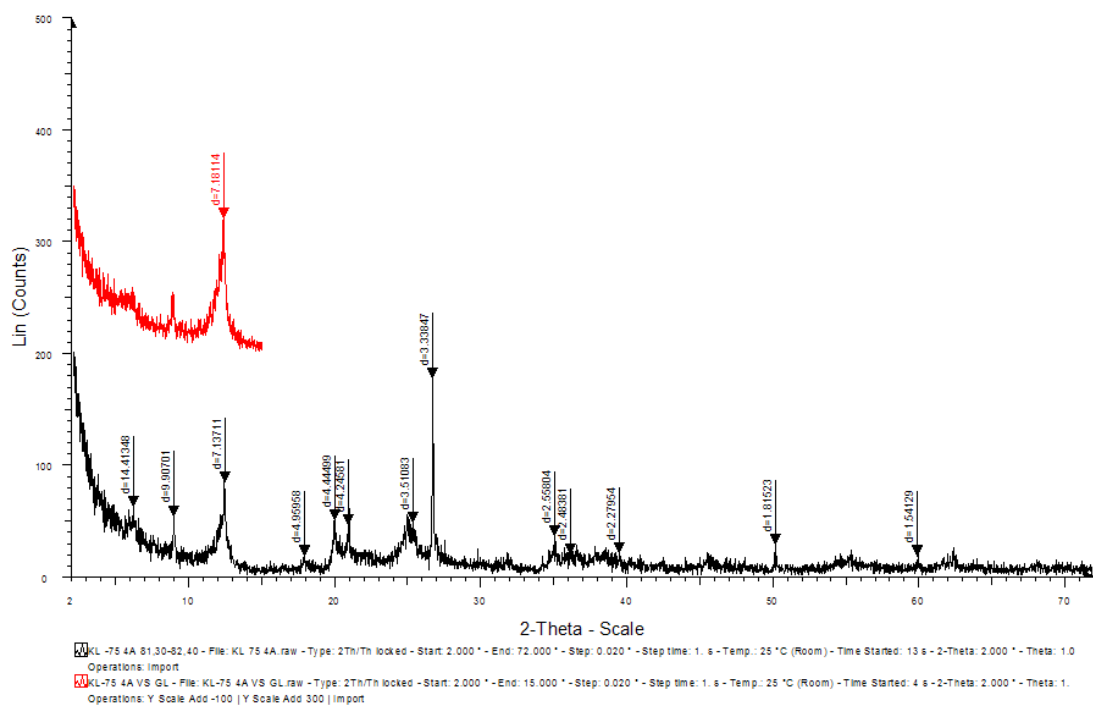
Πιο αναλυτικά, στο δείγμα “ΚΛ 81,30- 82,40” ταυτοποιήθηκε:

- Ιλλίτης-μοσχοβίτης με βάση την ανάκλαση στα  $d \approx 10 \text{ \AA}$
- Καολινίτης, η παρουσία του οποίου επιβεβαιώθηκε από τη συμπεριφορά του κατά τη θέρμανση, όπως φαίνεται από το ακτινοδιάγραμμα, το οποίο ελήφθη έπειτα από έψηση του συγκεκριμένου δείγματος στους  $\sim 550 \text{ }^\circ\text{C}$  για 2 h (Σχ. 3.13), όπου ελλείπει, εντελώς, η ανάκλαση στα  $d = 7.15 \text{ \AA}$ .



Σχ. 3.13: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Κλειδί Φλώρινας “ΚΛ 81,30- 82,40”, έπειτα από έψηση του υλικού στους 550 °C.

Ας σημειωθεί ότι από τα αργιλικά ορυκτά στην περιοχή “ΚΛΕΙΔΙ” επικρατεί ο καολινίτης



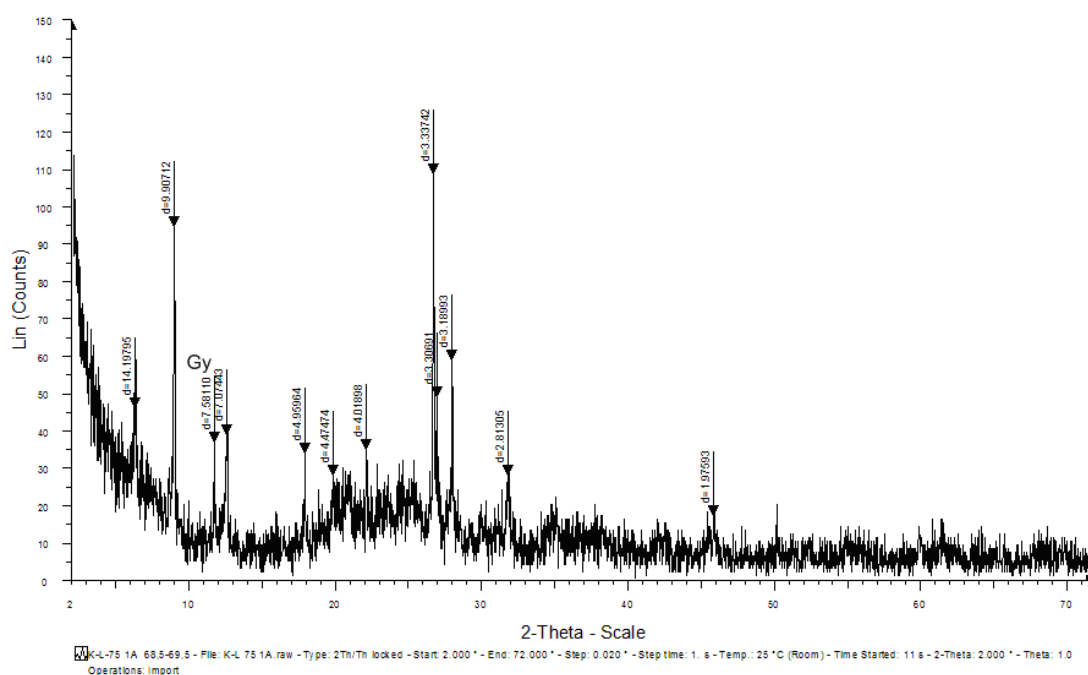
Σχ. 3.14: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Κλειδί Φλώρινας “ΚΛ 81,30-82,40”, έπειτα από επεξεργασία του υλικού με γλυκόλη.



Δεδομένου ότι η ανάκλαση στα  $d=14.4$  δεν μετατοπίζεται προς μικρότερες γωνίες, έπειτα από την επεξεργασία του υλικού με γλυκόλη, συμπεραίνεται ότι το υλικό δεν περιέχει μοντμοριλλονίτη.

Από τα μη αργιλικά ορυκτά απαντά σε μικρό ποσοστό χαλαζίας, με βάση την κύρια ανάκλαση στα  $d=3.33$  Å.

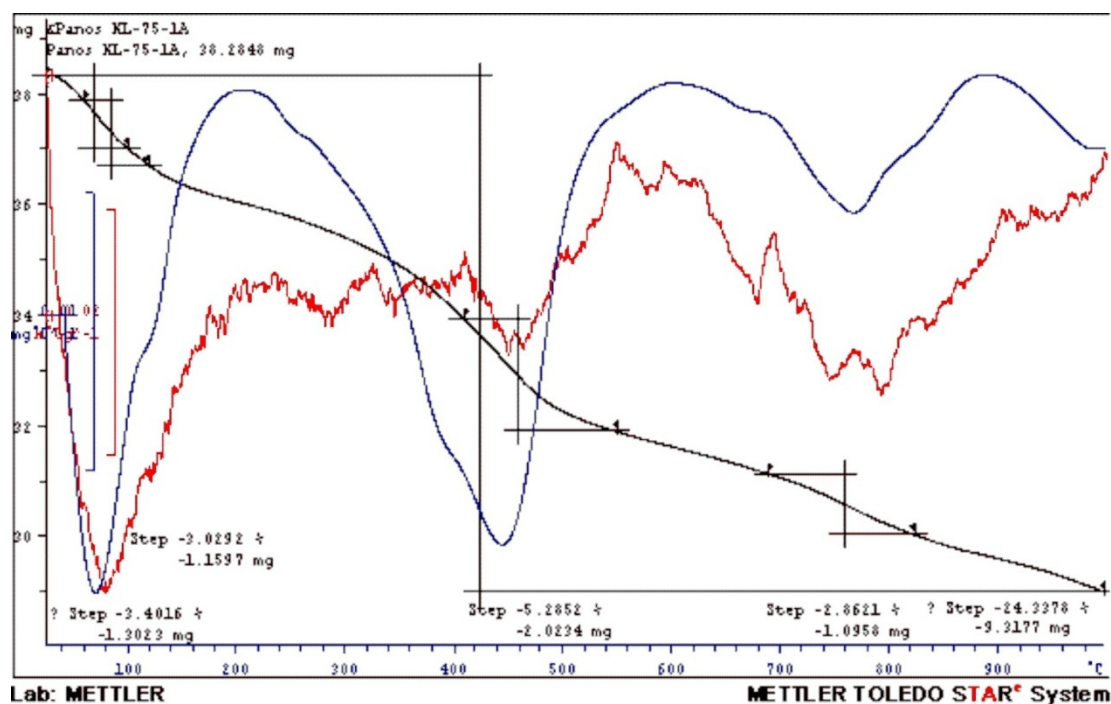
Τα περισσότερα δείγματα από την περιοχή του Κλειδιού χαρακτηρίζονται από παρόμοια ορυκτολογική σύσταση με αυτήν του δείγματος “ΚΛ 81,30- 82,40” (βλέπε διαγράμματα παραρτήματος), ενώ σε ορισμένα δείγματα από την ίδια περιοχή παρατηρήθηκε και η ύπαρξη γύψου (Σχ. 3.15), η οποία προσδιορίστηκε με βάση την ανάκλαση στα  $d=7,58$  Å. Ας σημειωθεί ότι στα εν λόγω δείγματα, από τα αργιλικά ορυκτά επικρατεί ο ιλλίτης.



Σχ. 3.15: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Κλειδί Φλώρινας “ΚΛ 68,5- 69,5”.

### 3.3.2.β. Εξέταση με Θερμική Ανάλυση (TG, DTG και DTA)

Από τη μελέτη με θερμική ανάλυση (TG/DTG και DTA) αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή του κλειδιού “ΚΛ-75 1Α” (Smykatz-Kloss, 1974) προέκυψε η ακόλουθη καμπύλη (Σχ. 3.16)



Σχ. 3.16: Διάγραμμα θερμικής ανάλυσης (TG/DTG και DTA) αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Κλειδί Φλώρινας “ΚΛ-75 1Α”

Από την αξιολόγηση της παραπάνω καμπύλης (Σχ. 3.16), διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

Το ενδόθερμο peak της καμπύλης DTA στους περίπου 80 °C οφείλεται τόσο στο προσροφημένο νερό των αργιλικών ορυκτών, όσο και στο νερό της γύψου.

Το ενδόθερμο peak στους 450 °C οφείλεται, κύρια, στη διάσπαση του καολινίτη, ενώ το ενδόθερμο στους ~800 °C στη διάσπαση του ιλλίτη.

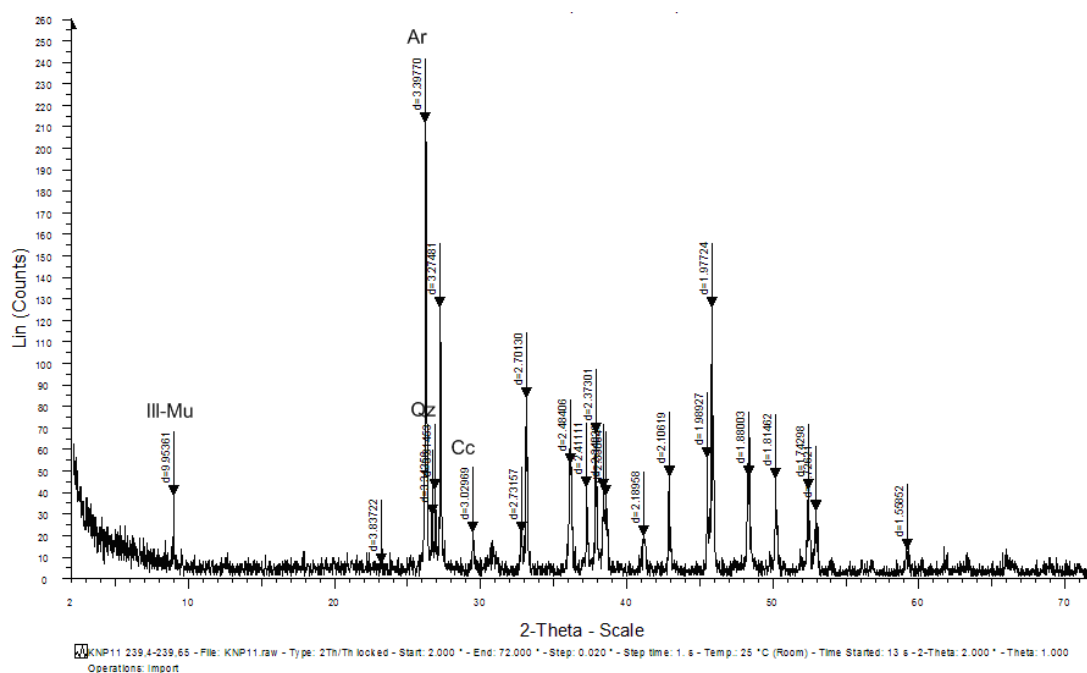
### 3.3.3. Δείγματα από την περιοχή ΝΟΤΙΟ ΠΕΔΙΟ

Για το λιγνιτικό κοίτασμα του Νότιου Πεδίου μελετήθηκαν τα υποκείμενα ανόργανα στρώματα του βαθύτερου λιγνιτοφόρου ορίζοντα της γεώτρησης.

#### 3.3.3.α. Εξέταση με περιθλασιμετρία ακτίνων-Χ

Επίσης, και η εξέταση των δειγμάτων από την περιοχή Νότιο Πεδίο, “ΝΚΡ”, έγινε με τις παραπάνω μεθόδους.

Γενικά, τα δείγματα που εξετάστηκαν από το Νότιο Πεδίο, χαρακτηρίζονται, κύρια, από την παρουσία ανθρακικών ορυκτών (Σχ.3.17). Ωστόσο, στα μικρότερα βάθη “ΚΝΡ9” και “ΚΝΡ10” συνυπάρχουν με αργιλικά ορυκτά.



Σχ. 3.17: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Νότιο Πεδίο Πτολεμαΐδας “ΚΝΡ 11”.

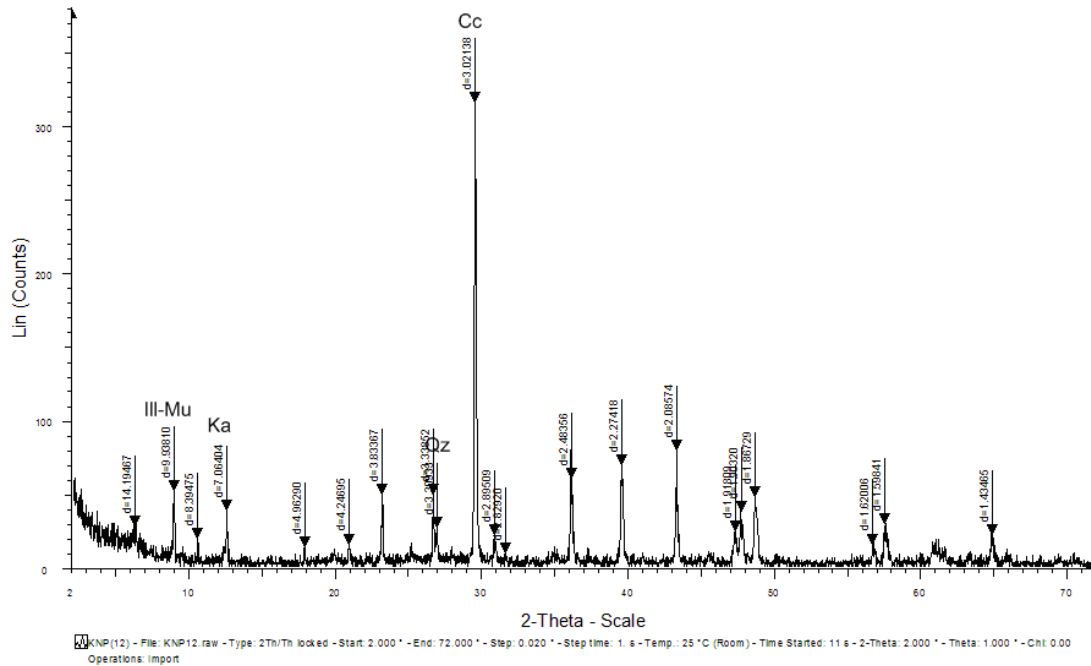
\* Ar=Αραγωνίτης, Qz=Χαλαζίας, Cc=Ασβεστίτης, Ill-Mu=Ιλλίτης-Μοσχοβίτης.

Συγκεκριμένα, στο δείγμα “ΚΝΡ 11”, που βρίσκεται σε βάθος 239,4-239,65m παρατηρείται η πλήρης επικράτηση των ανθρακικών ορυκτών και, συγκεκριμένα, του αραγωνίτη. Επίσης, το δείγμα περιέχει και πολύ μικρό ποσοστό ασβεστίτη και λίγο ιλλίτη.

Ο αραγωνίτης προσδιορίστηκε από την ανάκλαση στα  $d=3.39 \text{ \AA}$

Σε ακόμα μεγαλύτερο βάθος (239,85-240m ,δείγμα “ΚΝΡ 12”) επικρατούν, επίσης, τα ανθρακικά ορυκτά, αλλά εδώ η κύρια ορυκτολογική φάση είναι ο ασβεστίτης (Σχ. 3.18).

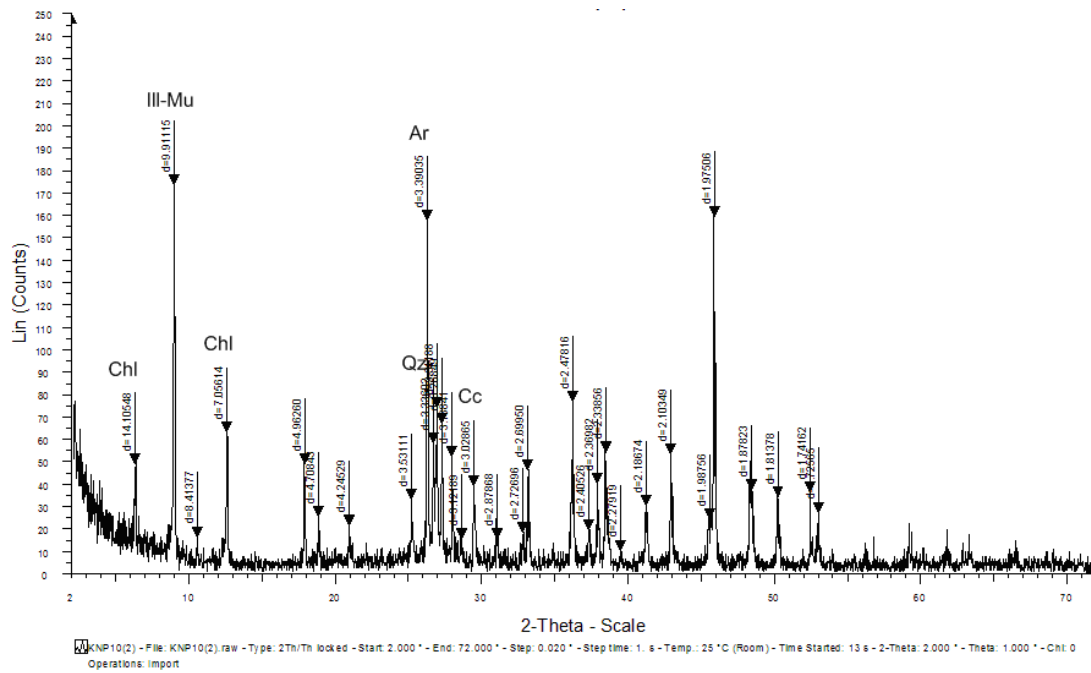
Το συγκεκριμένο δείγμα παρουσιάζει και μικρή περιεκτικότητα σε αργιλικά ορυκτά, όπως επίσης και πολύ λίγο χαλαζία.



Σχ. 3.18: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Νότιο Πεδίο Πτολεμαΐδας “ΚΝΡ 12”.

\* Cc=Ασβεστίτης, Qz=Χαλαζίας, III-Mu=Ιλλίτης-Μοσχοβίτης, Ka=Καολινίτης.

Στα δείγματα “ΚΝΡ9” και “ΚΝΡ10”, από μικρότερα βάθη (237,81-239,31m), συνυπάρχουν τα ανθρακικά με αργιλικά ορυκτά (Σχ. 3.19).

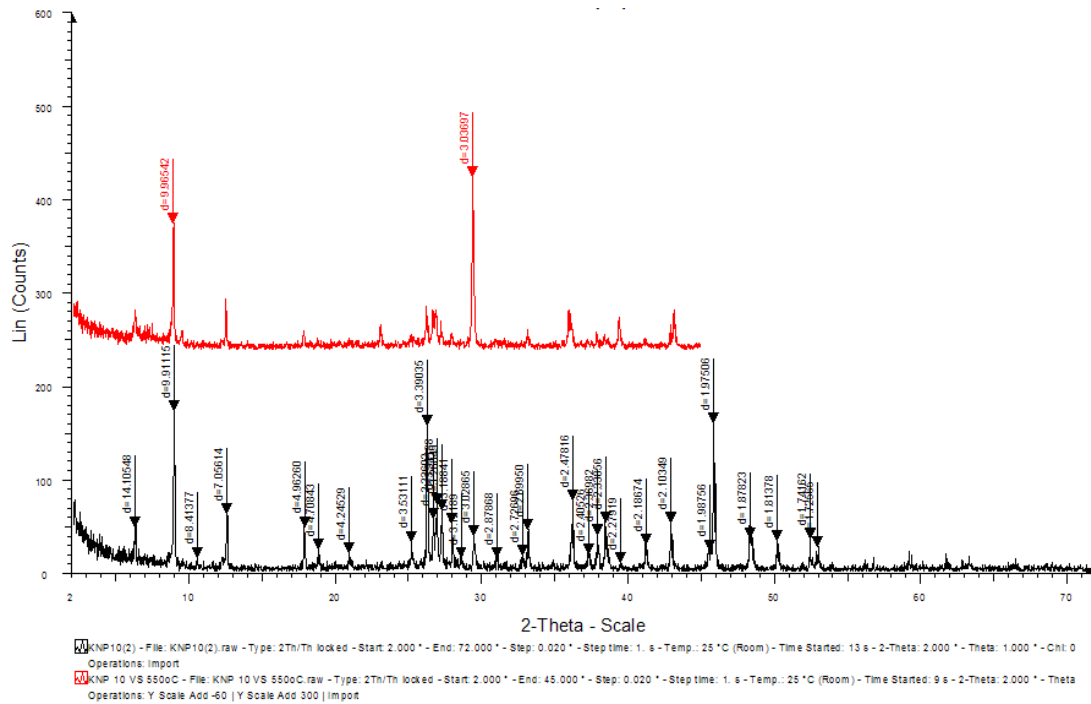


Σχ. 3.19: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Νότιο Πεδίο Πτολεμαΐδας “KNP 10”.

\*Ar=Αραγωνίτης, Cc=Ασβεστίτης, Qz=Χαλαζίας, III-Mu=Ιλλίτης-Μοσχοβίτης, Chl=Χλωρίτης.

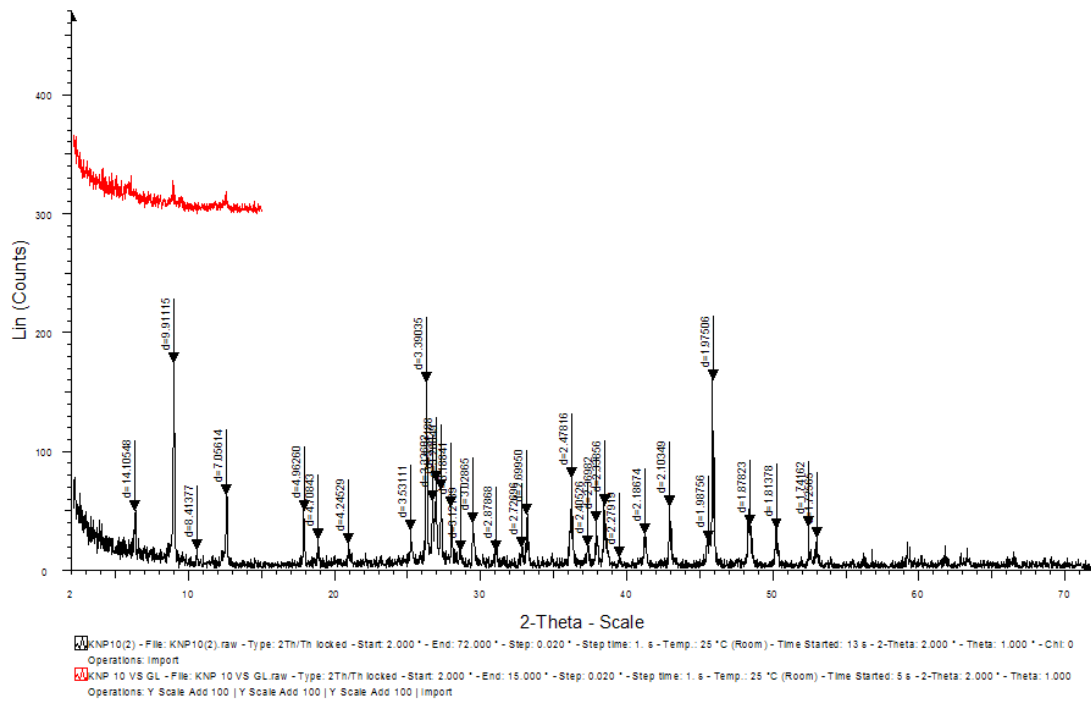
Πιο αναλυτικά, στο δείγμα “KNP 10” (βάθος 239,10-239,31m) ταυτοποιήθηκε:

- Αραγωνίτης με βάση την ανάκλαση στα  $d=3.39 \text{ \AA}$
- Ασβεστίτης, για τον προσδιορισμό του οποίου χρησιμοποιήθηκε η ανάκλαση στα  $d=3.03 \text{ \AA}$
- Χαλαζίας με βάση την ανάκλαση στα  $d=3.33 \text{ \AA}$
- Ιλλίτης-μοσχοβίτης με βάση την ανάκλαση στα  $d \sim 10 \text{ \AA}$
- Χλωρίτης, η παρουσία του οποίου επιβεβαιώθηκε από τη συμπεριφορά του κατά τη θέρμανση, όπως φαίνεται από το ακτινοδιάγραμμα, το οποίο ελήφθη έπειτα από έψηση του συγκεκριμένου δείγματος στους  $\sim 550 \text{ }^\circ\text{C}$  για 2 h (Σχ. 3.20), όπου δεν ελλείπει η ανάκλαση στα  $d=7.15 \text{ \AA}$ .



Σχ. 3.20: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Νότιο Πεδίο Πτολεμαΐδας “KNP 10”, έπειτα από έψηση του υλικού στους 550 °C.

Δεδομένου ότι η ανάκλαση στα  $d=14.4 \text{ \AA}$  δεν μετατοπίζεται προς μικρότερες γωνίες, έπειτα από την επεξεργασία του υλικού με γλυκόλη, συμπεραίνεται ότι το υλικό δεν περιέχει μοντμοριλλονίτη (Σχ. 3.21). Συνεπώς η ανάκλαση στα  $d=14.4 \text{ \AA}$  ανήκει στον χλωρίτη.

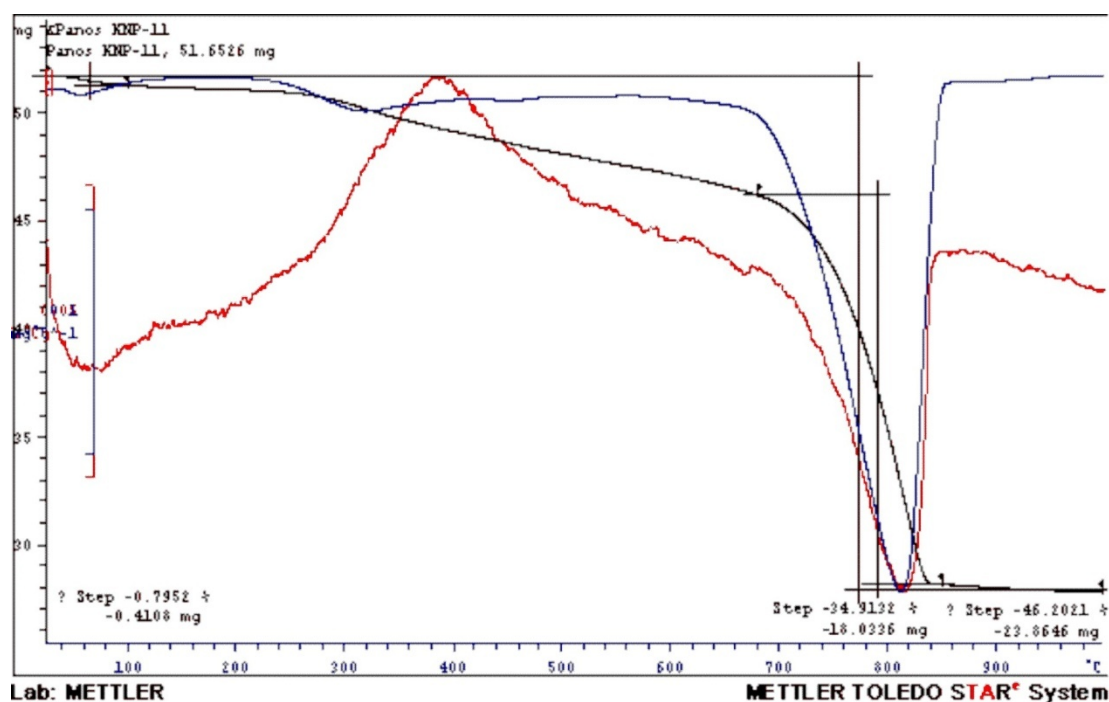


Σχ. 3.21: Διάγραμμα περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Νότιο Πεδίο Πτολεμαΐδας “KNP 10”, έπειτα από επεξεργασία του υλικού με γλυκόλη.

Ας σημειωθεί ότι από τα ανθρακικά ορυκτά στα μικρότερα βάθη της περιοχής επικρατεί ο αραγωνίτης.

### 3.3.3.β. Εξέταση με Θερμική Ανάλυση (TG, DTG και DTA)

Από τη μελέτη με θερμική ανάλυση (TG/DTG και DTA) αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή του νότιου πεδίου “KNP11” (Smykatz-Kloss, 1974) προέκυψε η ακόλουθη καμπύλη (Σχ. 3.22)



Σχ. 3. 22: Διάγραμμα θερμικής ανάλυσης (TG/DTG και DTA) αντιπροσωπευτικού δείγματος “ως έχει” από την περιοχή Νότιο Πεδίο Πτολεμαΐδας “KNP11”.

Από την αξιολόγηση της παραπάνω καμπύλης (Σχ. 3.22), διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

Στο παραπάνω διάγραμμα το εξώθερμο φαινόμενο που παρατηρείται στη θερμοκρασιακή περιοχή 350-450 °C οφείλεται στην ύπαρξη οργανικού υλικού, πράγμα το οποίο δικαιολογείται δεδομένου ότι ο συγκεκριμένος ορίζοντας ανήκει σε λιγνιτοφόρο ακολουθία (οργανογενή ιζήματα).

Επιπρόσθετα, Από τη μεταβολή του βάρους που προέρχεται από την έκλυση του CO<sub>2</sub> του αραγωνίτη, είναι δυνατό να υπολογίσουμε την περιεκτικότητα του υλικού σε αραγωνίτη, σύμφωνα με την αντίδραση:



Έτσι, από το ενδόθερμο peak στους ~820 °C στην καμπύλη DTA (Σχ. 3.22), με απώλεια βάρους ~34,31 %, επιβεβαιώνεται η παρουσία του αραγωνίτη σε ποσοστό 78%, περίπου.



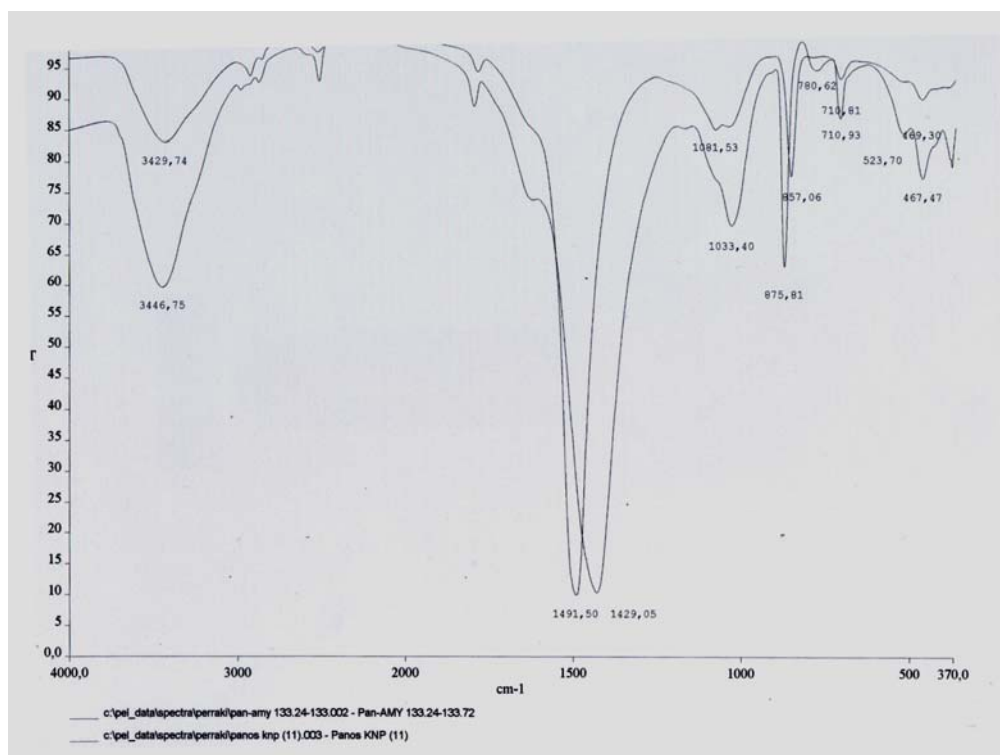
## ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΜΕ FT-IR ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΝΟΤΙΟ ΠΕΔΙΟ

Από την αξιολόγηση των φασματικών καμπυλών (FT-IR) των δειγμάτων “AMY 133,24-133,72” και “KNP 11” (Σχ. 3.23), επιβεβαιώνεται η ύπαρξη ανθρακικών ορυκτών και στα δύο δείγματα, δεδομένου ότι:

Γενικά, οι ανθρακικές ρίζες δίνουν, κυρίως, μία ισχυρή δόνηση τάσης ( $\nu_3$ ) στα  $\sim 1430 \text{ cm}^{-1}$  και μία δόνηση κάμψης ( $\nu_2$ ) στα  $\sim 876 \text{ cm}^{-1}$ .

Το peak στα  $\sim 3447 \text{ cm}^{-1}$  αποδίδεται στις δονήσεις τάσης των  $\text{OH}^-$  του νερού που προσροφήθηκε κατά την παρασκευή των δοκιμών.

Η μικρή διαφοροποίηση στη θέση των peaks οφείλεται στο γεγονός ότι τα συγκεκριμένα ανθρακικά ορυκτά (ασβεστίτης-αραγωνίτης) είναι τα πολύμορφα του  $\text{CaCO}_3$  και κρυσταλλώνονται σε διαφορετικό σύστημα.



Σχ. 3.23: Καμπύλες υπέρυθρης ακτινοβολίας (FT-IR spectroscopy) των δειγμάτων “AMY 133,24-133,72” και “KNP 11”

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

Από όσα αναλυτικά εκτέθηκαν ανωτέρω, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Τα δείγματα από τη γεώτρηση του Αμύνταιου “AMY”, τα οποία έχουν ληφθεί από τα ανώτερα ανόργανα στρώματα της λιγνιτοφορίας, διαφοροποιούνται όσον αφορά την ορυκτολογική τους σύσταση.

Συγκεκριμένα, τα δείγματα από τη γεώτρηση του Αμύνταιου “AMY”, χαρακτηρίζονται από εναλλαγές στρωμάτων με μεγάλη περιεκτικότητα σε αργιλικά ορυκτά (ιλλίτη-μοσχοβίτη, καολινίτη και μοντμοριλλονίτη) και εμφανίσεων καθαρά ανθρακικών, το είδος των οποίων διαφοροποιείται με το βάθος (ασβεστίτης, σε μικρότερα βάθη και ο δολομίτης σε μεγαλύτερα).

Ας σημειωθεί η ύπαρξη μοντμοριλλονίτη στη συγκεκριμένη ακολουθία.

Και τα δείγματα από το Νότιο Πεδίο “KNP”, (κατώτερα στρώματα) διαφοροποιούνται όσον αφορά την ορυκτολογική τους σύσταση.

Τα συγκεκριμένα δείγματα χαρακτηρίζονται από την έλλειψη διογκούμενων ορυκτών (μοντμοριλλονίτη).

Το είδος των ανθρακικών διαφοροποιείται με το βάθος.

Έτσι, σε μικρότερο βάθος επικρατούν τα αργιλικά ορυκτά (ιλλίτης-μοσχοβίτης, καολινίτης και χλωρίτης), τα οποία συνυπάρχουν με αραγωνίτη, σε ενδιάμεσα στρώματα επικρατεί ο ασβεστίτης και σε ακόμα μεγαλύτερο βάθος επικρατούσα ορυκτολογική φάση είναι ο αραγωνίτης.

Η περιεκτικότητα σε χαλαζία και άστριους είναι σχετικά χαμηλή.

Στα δείγματα από το κλειδί “ΚΛ” ιδιαίτερα έντονη είναι η παρουσία αργιλικών ορυκτών με επικρατέστερη ορυκτολογική φάση τον καολινίτη. Σε ορισμένα δείγματα από την ίδια περιοχή παρατηρήθηκε και η ύπαρξη γύψου. Και τα δείγματα από το Κλειδί χαρακτηρίζονται από έλλειψη μοντμοριλλονίτη.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- Αναστόπουλος, Ι.Χ. και Κούκουζας, Κ.Ν., 1972: Γεωλογική και κοιτασματολογική μελέτη Νοτίου τμήματος λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδος. *Ι.Γ.Ε.Υ.*, XVI, 1: 189 σελ.
- Αναστόπουλος, Ι.Χ. και Μπρουσούλης, Ι.Δ., 1973: Λιγνιτοφόρος λεκάνη Κοζάνης – Σερβίων (Γεωλογία-Κοιτασματολογία-Γεωτρητική Έρευνα). *Ι.Γ.Μ.Ε.*, 1: 77 σελ.
- Αντωνιάδης, Π., 1986: Περί της λιγνιτοφορίας τμήματος της λεκάνης Προσηλίου -Τριγωνικού (Κοζάνης). *Δελτίο Ε.Γ.Ε.*, XVIII: 111-130.
- Αντωνιάδης, Π. 1993: Τα Οργανικά Δομικά Συστατικά των ορυκτών ανθράκων. Διάκριση και πρακτική σημασία αυτών. Τιμητική έκδοση για τον Αθανάσιο Πανάγο, *Ε.Μ.Π.*, 84-112.
- Antoniadis, P., Mavridou E. and Gentsis, T., 2005: The Notio Pedio (Southern Field) Lignite Deposit in the Ptolemaida Basin, Greece: Depositional Conditions as Revealed through Petrography. *Energy Sources*, 27:1117–1131.
- Aubouin, J., Brunn, J.H., Celet, P., Dercourt, J., Godfriaux, I. and Mercier, I., 1963 : Esquisse de la Geologie de la Crece. Livre Mémoire Prof. Pallot *Memoires, Soc. Geol. France*, 383-610.
- Aubouin, J., 1957: Sur la Geologie de la bordure Meridionale de la plaine de Trikala. *Ann. Geol. des P. Hellen.*, Athenes, 8: 1-12.
- Brindley, G., Brown, G., 1984: Crystal Structures of Clay Minerals and their X-ray Identification. The Mineralogical Society, London.
- Brunn, J.H., 1956: Contribution a Γ etude geologique du Pinde septentrional et d'une partie de la Macedoine occidentale. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 7: 358 pp.
- Doutsos, T. and Kokkalas, S., 2001: Stress and deformation patterns in the Aegean region. *J. Struct. Geol.*, 23:455-472.
- Doutsos, T. and Koukouvelas, I., 1998: Fractal analysis of normal faults in northwestern Aegean area, Greece. *J. Geodyn.*, 26/2-4: 197-216.
- Ioakim, C., 1985: Analyse palynologique des depots lacustres du Pliocene de Ptolemais (Grece septentrionale). *Paleontol. Continent.*, 14/2: 315-322.
- Jacobshagen, V., 1986: Geologie von Griecheland - Beitrage zur regionalen Geologie der Erde. Gebrueder Borntraeger Verlag, Berlin, pp. 363.

- Jacobshagen, V., Durr, S., Kockel, F., Kopp, K.O. and Kovalczyk, G., 1978: Structure and geodynamic evolution of the Aegean region. *In*: Closs, Roeder and Schmidt Editors: Alps, Apennines, Hellenides, 537-564.
- Καλαϊτζίδης, Σ., Μπουζίνος, Α. και Χρηστάνης, Κ., 1998: Το παλαιοπεριβάλλον σχηματισμού του Ανω Ξυλιτικού Ορίζοντα στο λιγνιτικό κοιτάσμα Πτολεμαΐδας. *Πρακτικά 8<sup>ου</sup> Διεθνούς Συνεδρίου Ε.Γ.Ε.*, XXXII, 2: 289-297.
- Kaouras, G., 1989: Kohlepetrographische, palynologische und sedimentologische Untersuchungen der pliozänen Braunkohle von Kariochori bei Ptolemais / NW Griechenland. PhD thesis, Univ.Gottingen, 220 pp.
- Katzer, J., 2007: The future of coal. Massachusetts Institute of Technology
- Kossmat, 1924: Geologie der Zentralen Balkanhalbinsel. Die Kriegsschauplatze 1914-18, geologisch dargestellt., Berlin, H. 12., 198 pp.
- Koukouzas, C., Kotis, Th., Metaxas, A., Ploumidis, M., Varvarousis, ., Dimitriou, D. and Ioakim, Ch., 2000: Potential of lignite deposits and palaeoclimatic evolution of Ptolemais basin during the Neogene –Quaternary period. Proc. Interim Colloquium RCMNS (Patras, Greece, May 1998). *Geol. Soc. Greece Spec. Publ*, Vol. 9: 151-162.
- Κούκουζας, Κ., Κώπης, Β., Πλουμίδης, Μ. και Μεταξάς, Α., 1979: Γεωλογική-κοιτασματολογική μελέτη λιγνιτικού κοιτάσματος Αναργύρων-Αμυνταίου. *Ι.Γ.Μ.Ε.*, 9: 67 σελ.
- Mackenzie, R., 1957: The Differential Thermal Investigation of clays. Mineralogical Society (clay mineral group), London.
- Madejová, J., 2003: FTIR techniques in clay mineral studies *Vibrational Spectroscopy*, Vol. 31, Issue 1: 1-10.
- Mavridou, E., Antoniadis, P., Khanaqa, P., Riegel, W. & Gentzis, T., 2003: Paleoenvironmental interpretation of the Amynteon-Ptolemaida lignite deposit in northern Greece based on its petrographic composition. *Int. J. Coal Geol.*, 56: 253-268.
- Metaxas, A., Karageorgiou, D.E., Varvarousis, G., Kotis, Th., Ploumidis, M. and Papanikolaou, G., 2007: Geological evolution – stratigraphy of Florina, Ptolemaida, Kozani and Saradaporo graben. *Bull. Geol. Soc. Greece*, Vol. XXXX: 161-172.
- Miller, B., 2005: Coal Energy Systems. Elsevier Academic Press
- Mountrakis, D., 1982: Etude geologique de terrains metamorphiques de Macedoine occidentale (Grace). *Bull. Soc. geol, Fr.*, 7, Ser. 24: 697-704.

- Mountrakis, D., 1983: Structural geology of the North Pelagonian zone s.1. and geotectonic evolution of the internal Hellenides. Unpublished Habilitation, University of Thessaloniki, Greece, 283 pp, (in Greek).
- Mountrakis. D., 1984: Structural evolution of the Pelagonian Zone in Northwestern Macedonia, Greece. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (edited by Dixon, J. E. & Robertson, A H. F.). *Spec. Publs. geol. Soc. Lond.*, 17:581-591.
- Νικολάου, Μ., 2005: Ορυκτά πετρώματα και πολιτισμός. Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας.
- Οικονομόπουλος, Ι., 2010: Ορυκτολογική, Ανθρακοπετρογραφική και Παλαιοβοτανική έρευνα του Λιγνιτικού Κοιτάσματος Αχλάδας Ν. Φλωρίνης. *Διδ. Διατρ.* 280 σελ.
- Παυλίδης, Σ., 1985: Νεοτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης Φλώρινας - Βεγορίτιδος -Πτολεμαΐδας (Δ. Μακεδονία). Διδακτορική διατριβή, Τμήμα. Γεωλογίας, ΑΠΘ, 265 σελ.
- Pavlides, S.B. and Mountrakis, D.M., 1987: Extensional tectonics of northwestern Macedonia, Greece, since the late Miocene. *J. Struct. Geol.*, 9, 4: 385-395.
- Περράκη, Θ., 2007: Βιομηχανικά Ορυκτά και πετρώματα. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή μηχανικών μεταλλείων- μεταλλουργών, τομέας γεωλογικών επιστημών.
- Smith, A.G. and Moores. E.M., 1974: The Hellenides. In: Mesozoic-Cenozoic orogenic belts, data for orogenic study. Spencer A.M ed, *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 4, 159-185.
- Smykatz- Kloss, W., 1974: Differential Thermal Analysis. Application and results in Mineralogy. Springer- Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Steenbrink, J., Van Vugt, N., Kloosterboer-van Hove, M.L., and Hilgen, F.J., 2000: Refinement of the Messinian APTS from sedimentary cycle patterns in the lacustrine Lava section (Servia Basin, NW Greece). *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 181: 161-173.
- Steenbrink, J., Van Vugt, N., Kloosterboer-van Hove, M.L., and Hilgen, F.J., 2000: Refinement of the Messinian APTS from sedimentary cycle patterns in the lacustrine Lava section (Servia Basin, NW Greece). *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 181: 161-173.
- Steenbrink, J., Van Vugt, N., Hilgen, F.J., Wijbrans, J.R. and Meulenkamp, J.E., 1999: Sedimentary cycles and volcanic ash beds in the lower Pliocene

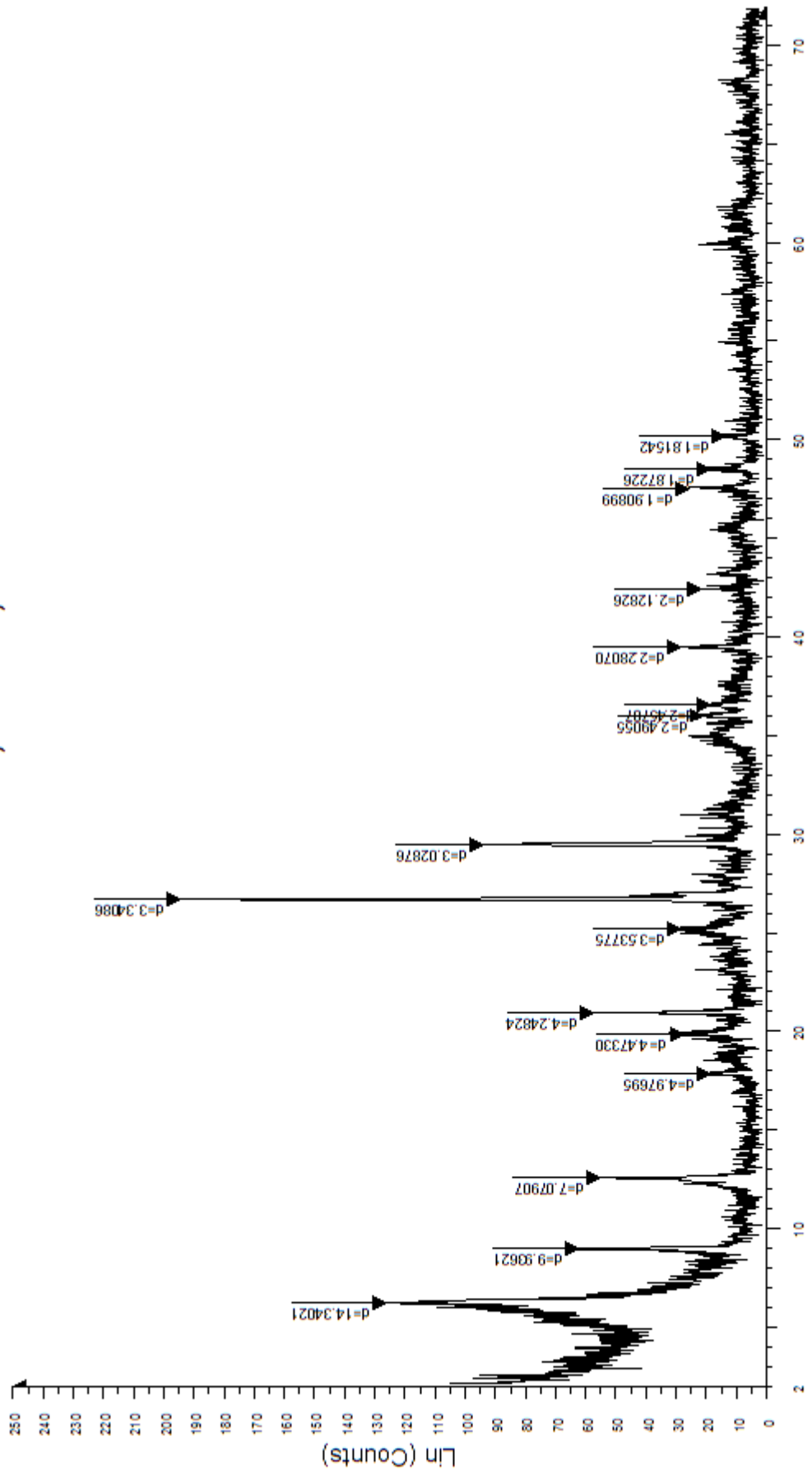
lacustrine succession of Ptolemais (NW Greece): Discrepancy between  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  and astronomical ages. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 152: 283-303.

- van Vugt, N., Steenbrink, J., Langereis C.G., Hilgen, F.J. and Meulenkamp, J.E., 1998: Magnetostratigraphy-based astronomical tuning of the early Pliocene lacustrine sediments of Ptolemais (NW Greece) and bed-to-bed correlation with the marine record. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 164: 535-551.
- Zarafides, D., Vlachantonis, A., Pavloudakis, F., 2005: Land management in the lignite mines of public power corporation SA, Greece
- Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ορυχείων Πτολεμαΐδας, 2010
- Μελέτες της Γενικής Διεύθυνσης Ορυχείων, διεύθυνσης Μελετών και ανάπτυξης ορυχείων ,του τομέα σχεδιασμού και μελετών ορυχείων της ΔΕΗ (γραφεία της ΔΕΗ στη Ροσινιόλ, Αθήνα) με την βοήθεια του κ Χρ. Ρούμπου.
- <http://www.dei.gr/Default.aspx?id=897&nt=18&lang=1>, αναγνώσθηκε στις 12/06/2011
- <http://www.dei.gr/Default.aspx?id=890&nt=19>, αναγνώσθηκε στις 12/06/2011
- <http://www.dei.gr/Default.aspx?id=896&nt=18&lang=1>, αναγνώσθηκε στις 12/06/2011
- <http://www.euracoal.org/pages/medien.php?idpage=559>, αναγνώσθηκε στις 12/03/2011
- <http://www.bp.com/sectionbodycopy.do?categoryId=7500&contentId=706848> 1, αναγνώσθηκε στις 10/02/2011
- [http://kozani.net/kozani.php?p\\_id=47&menu\\_id=23](http://kozani.net/kozani.php?p_id=47&menu_id=23), αναγνώσθηκε στις 09/02/2011



## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

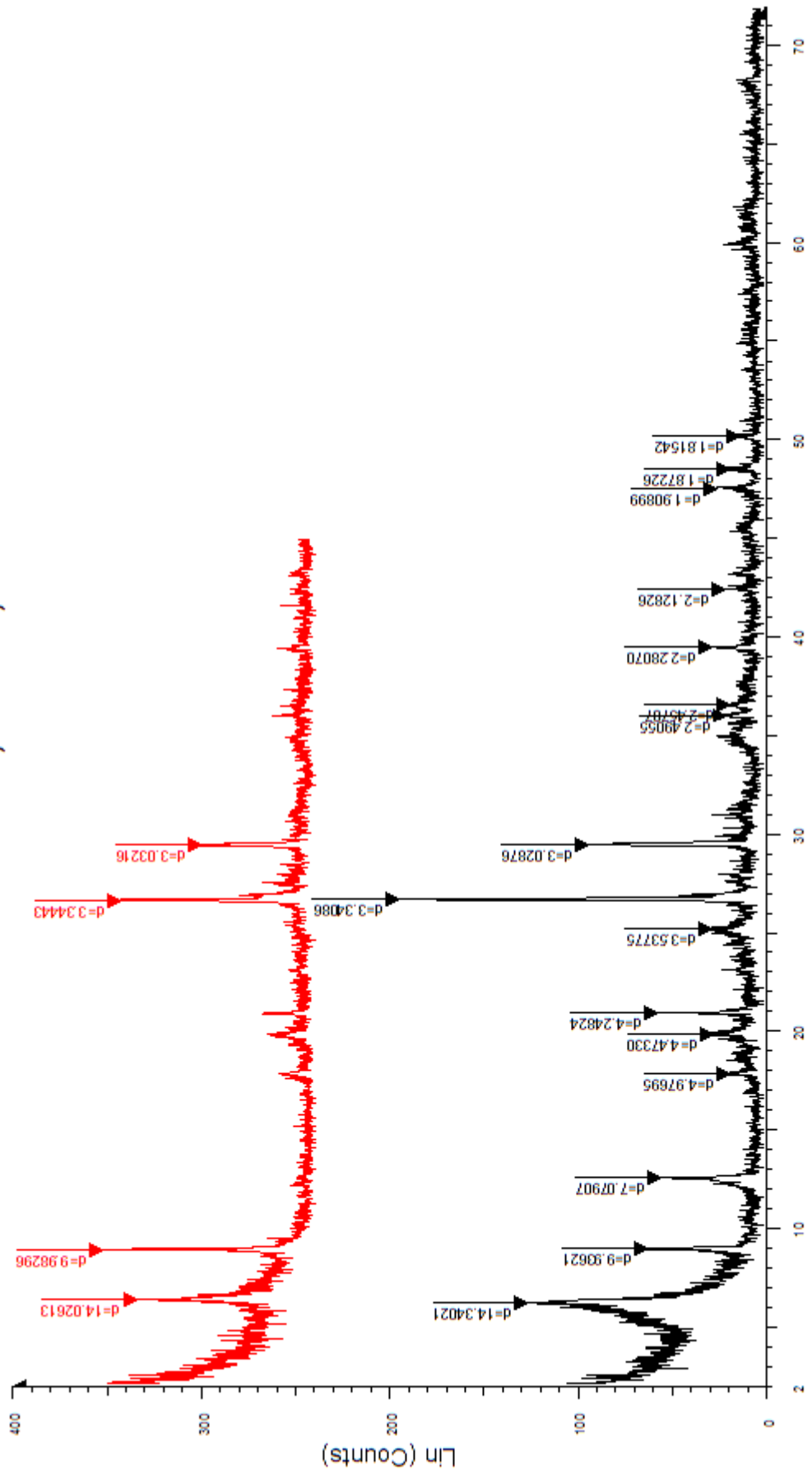
# AMY 77,78-78,34



2-Theta - Scale

AMY 77,78-78,34 - File: AMY 77,78-78,34.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: Operations: Import

# AMY 77,78-78,34

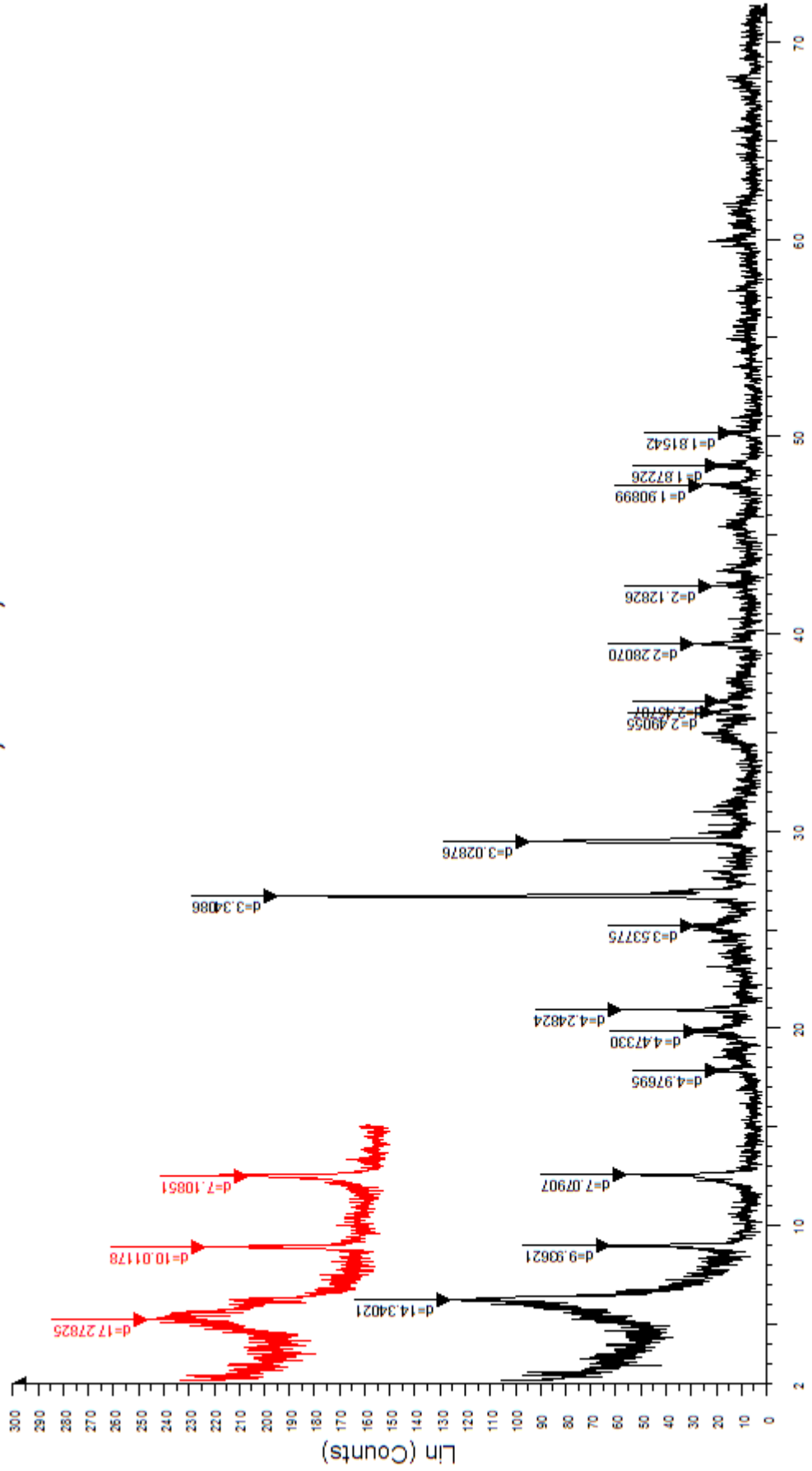


## 2-Theta - Scale

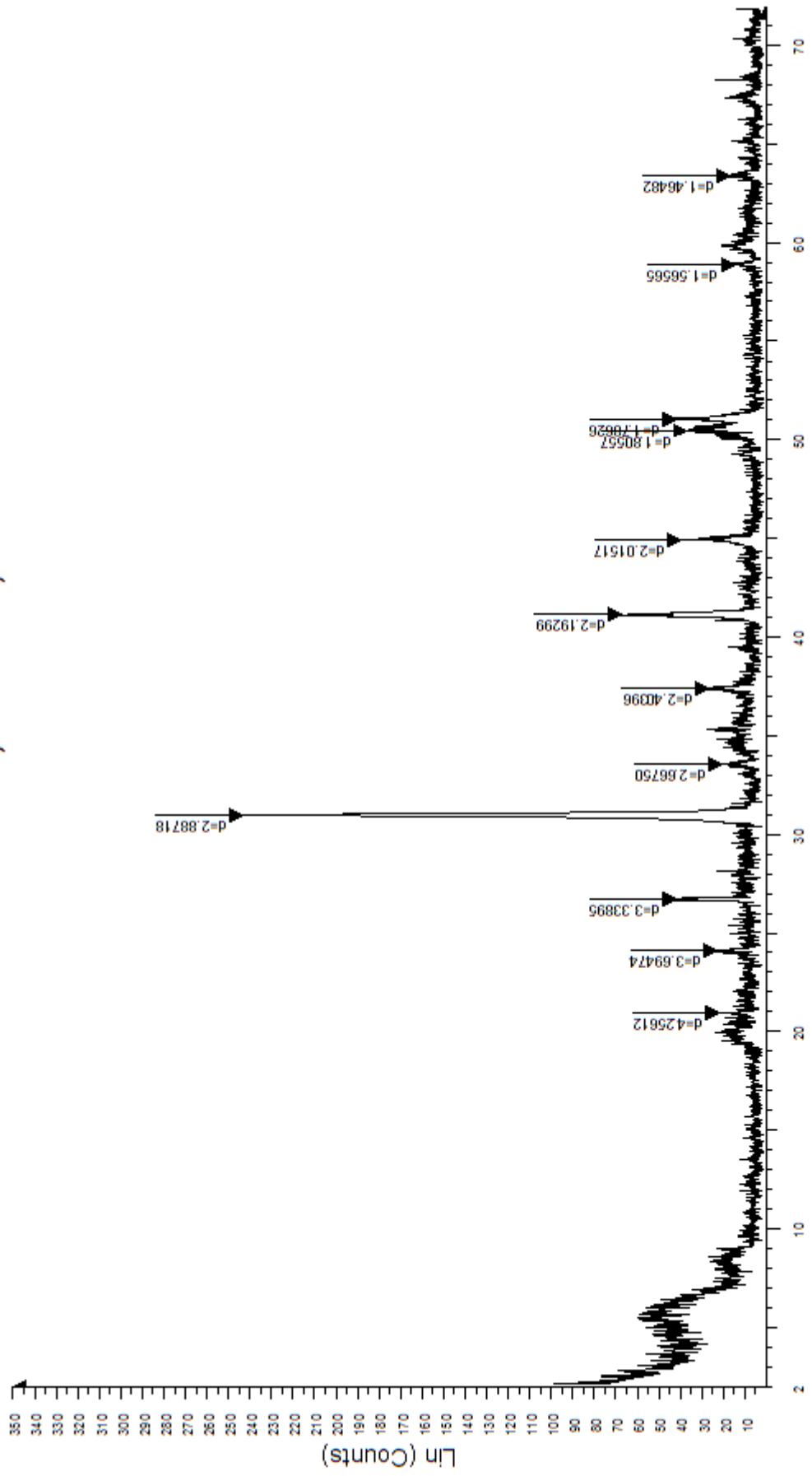
AMY 77,78-78,34 - File: AMY 77,78-78,34.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: Operations: Import

AMY 77,78-78,34 500 oC - File: AMY 77,78-78,34 500oC.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: Operations: Y Scale Add -10 | Y Scale Add 20 | Y Scale Add 20 | Y Scale Add 50 | Y Scale

# AMY 77,78-78,34



# AMY 105,50-106,69



2-Theta - Scale

AMY 105,50-106,69 - File: AMY 105,50-106,69.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 - End: 72.000 - Step: 0.020 - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 - T Operations: Import

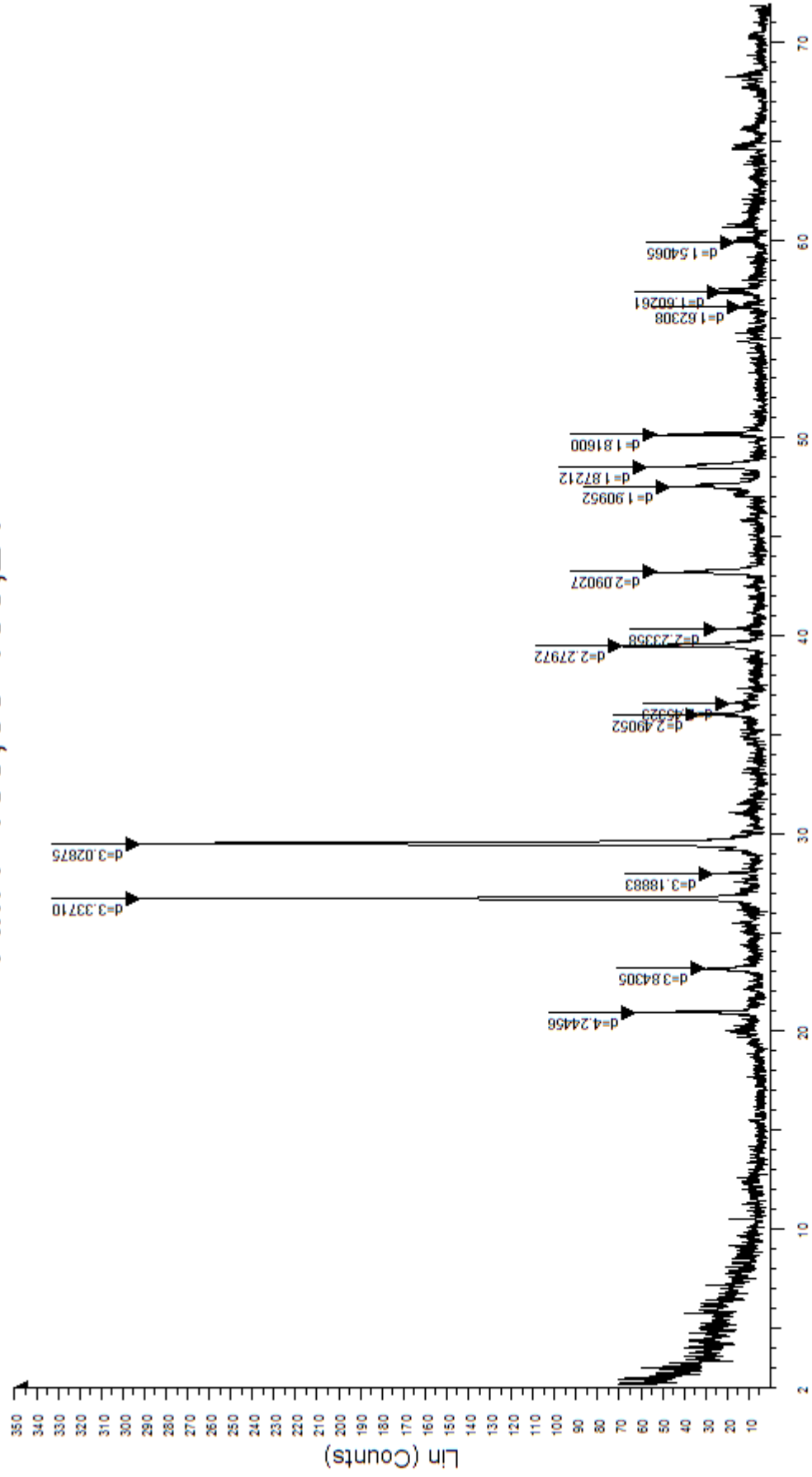
# AMY 126,42-127,87



2-Theta - Scale

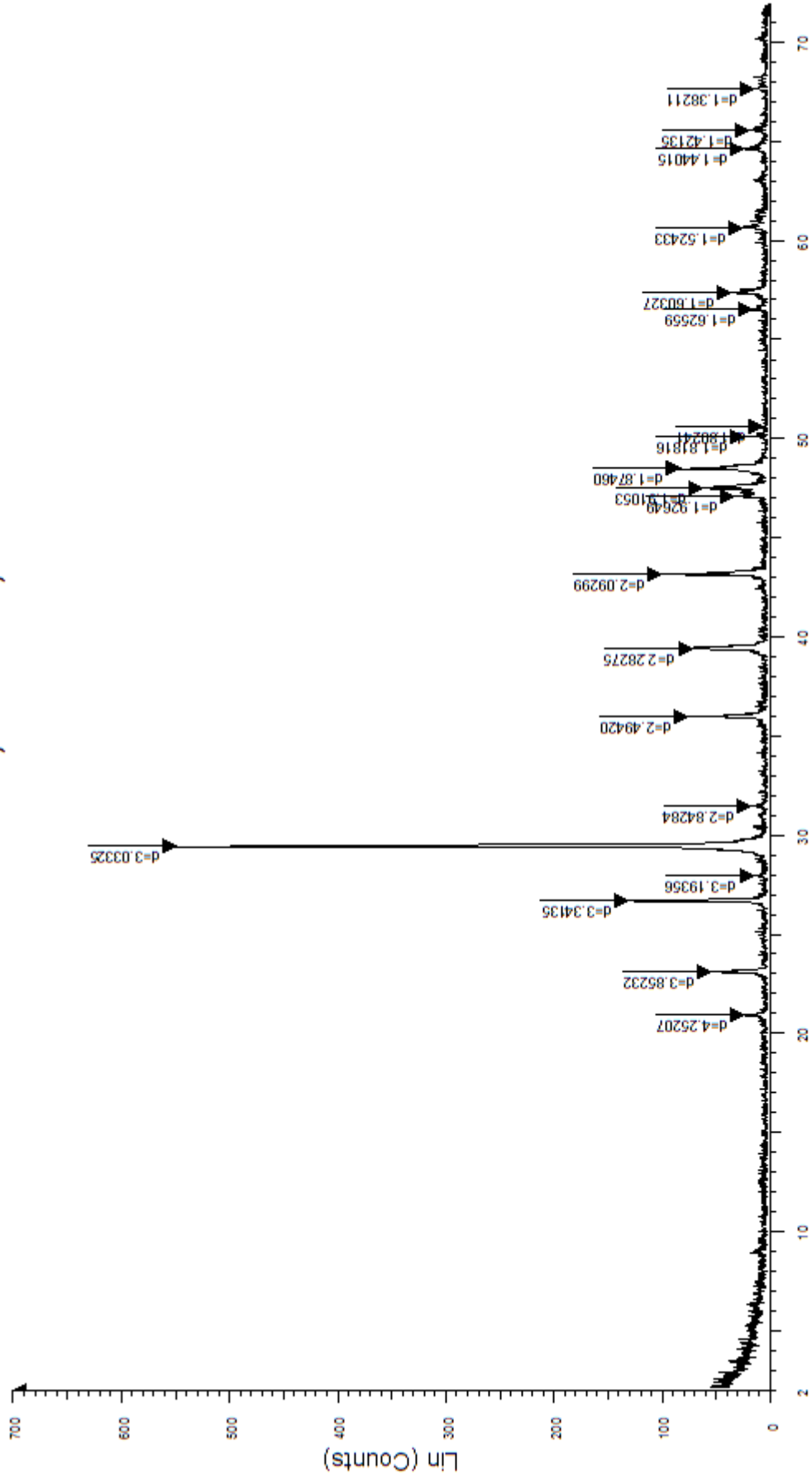
AMY 126,42-127,87 - File: AMY 126,42-127,87.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Stated: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - T Operations: Import

# AMY 133,05-133,24



AMY 133,05-133,24 - File: AMY 133,05-133,24.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - T  
Operations: Import

# AMY 133,24-133,72

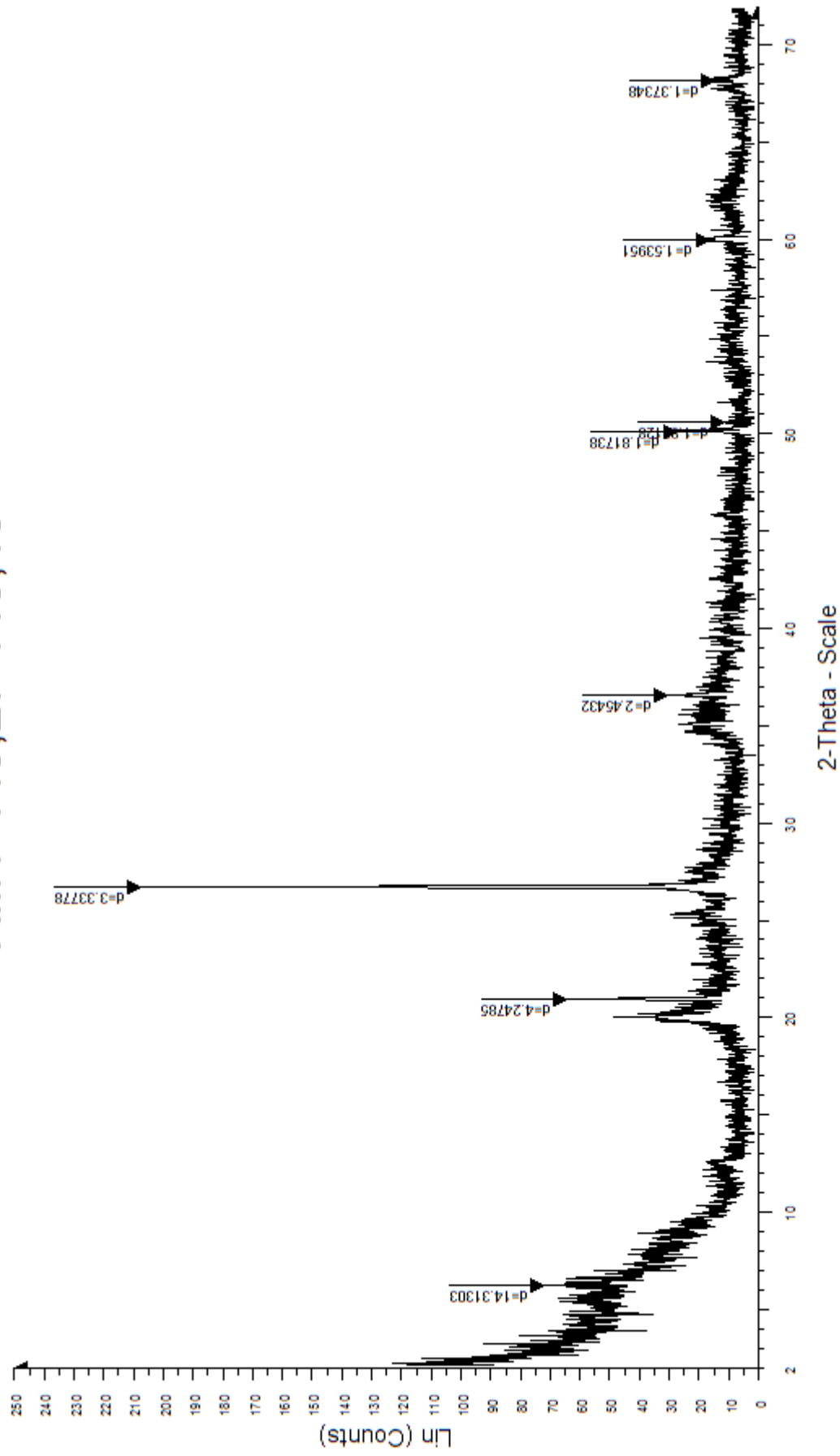


2-Theta - Scale

AMY 133,24-133,72 - File: AMY 133,24-133,72.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 - End: 72.000 - Step: 0.020 - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 - T  
Operations: Import

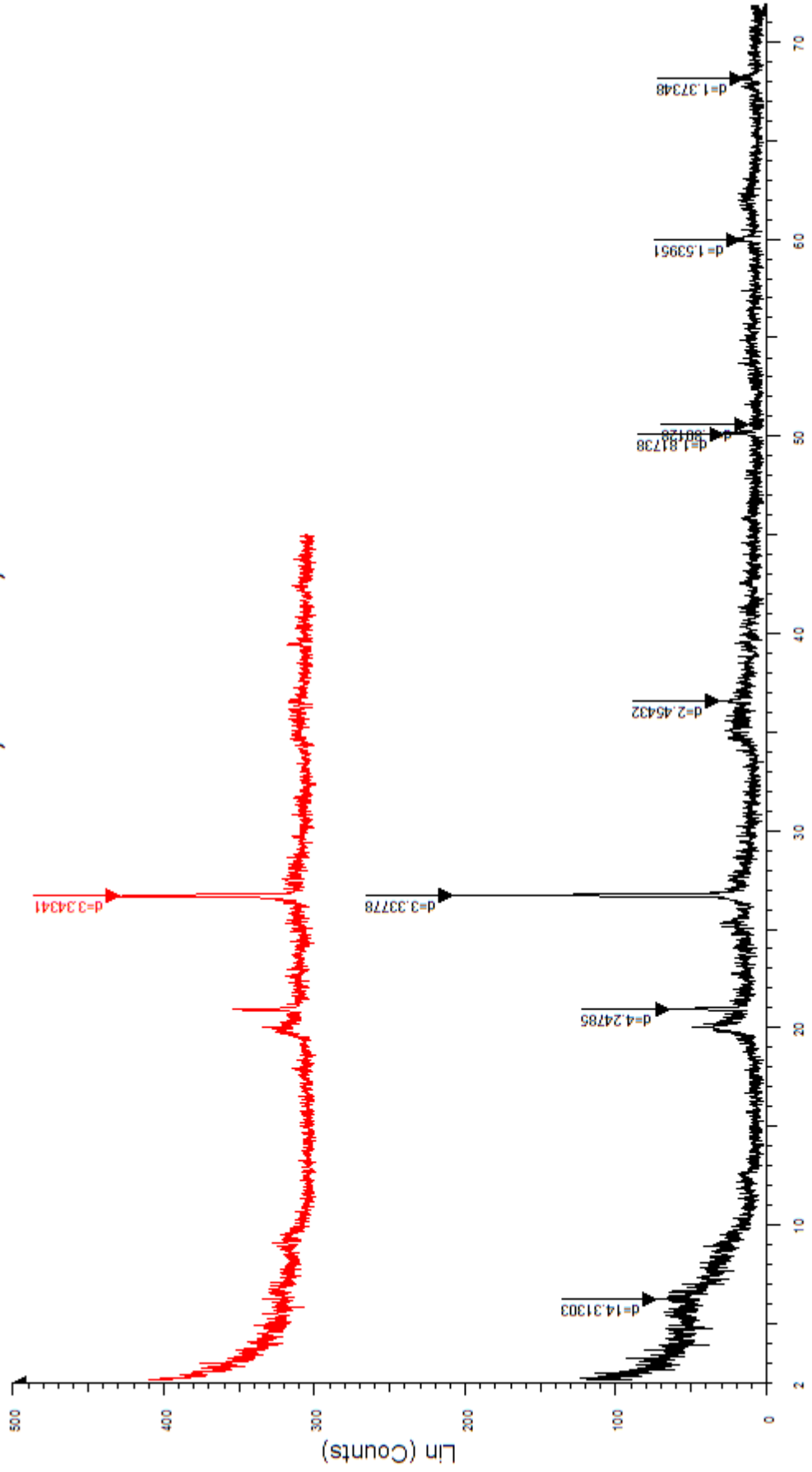


# AMY 143,27-143,43



AMY 143,27-143,43 - File: AMY 143,27-143,43.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 - End: 72.000 - Step: 0.020 - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 - T  
Operations: Import

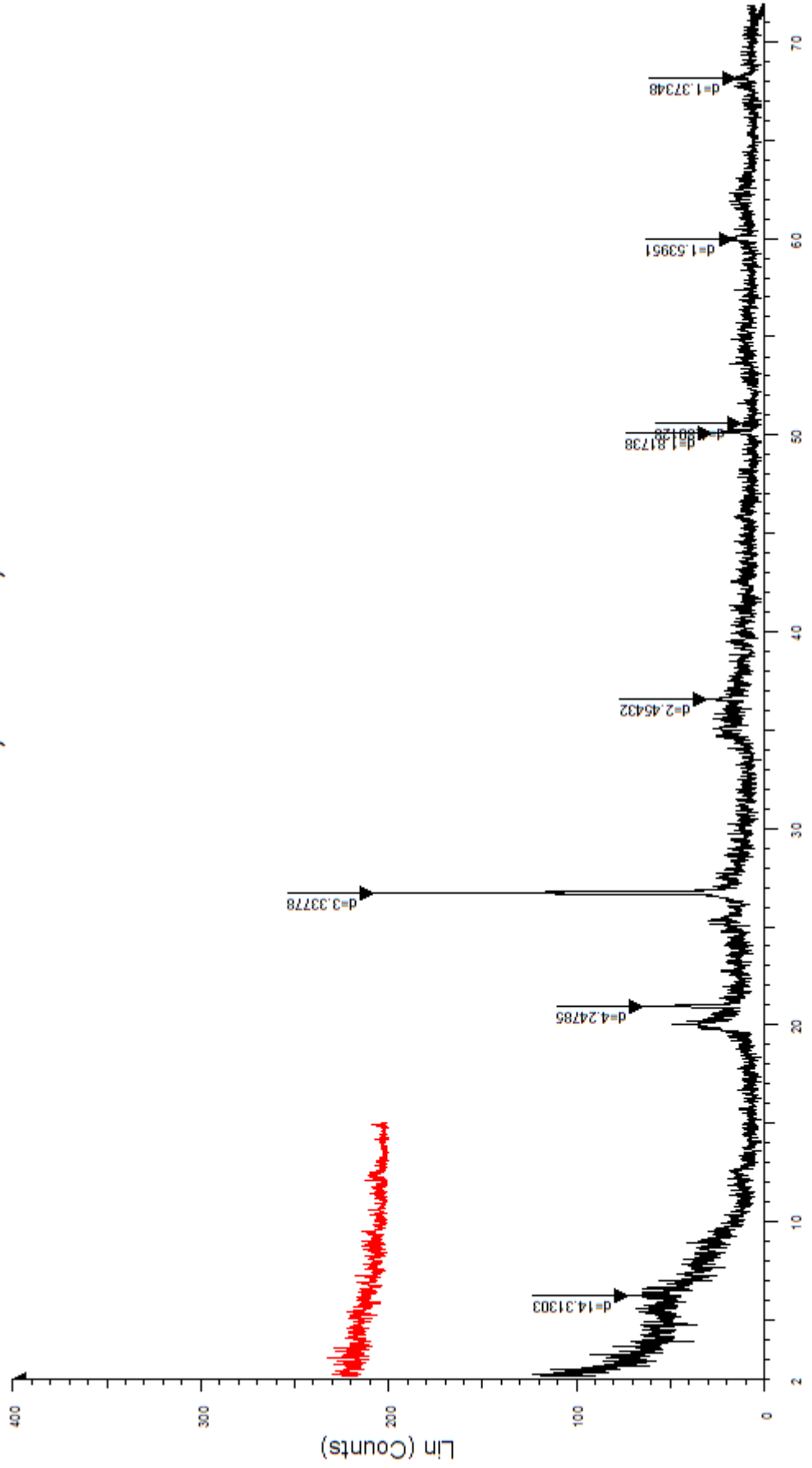
# AMY 143,27-143,43



## 2-Theta - Scale

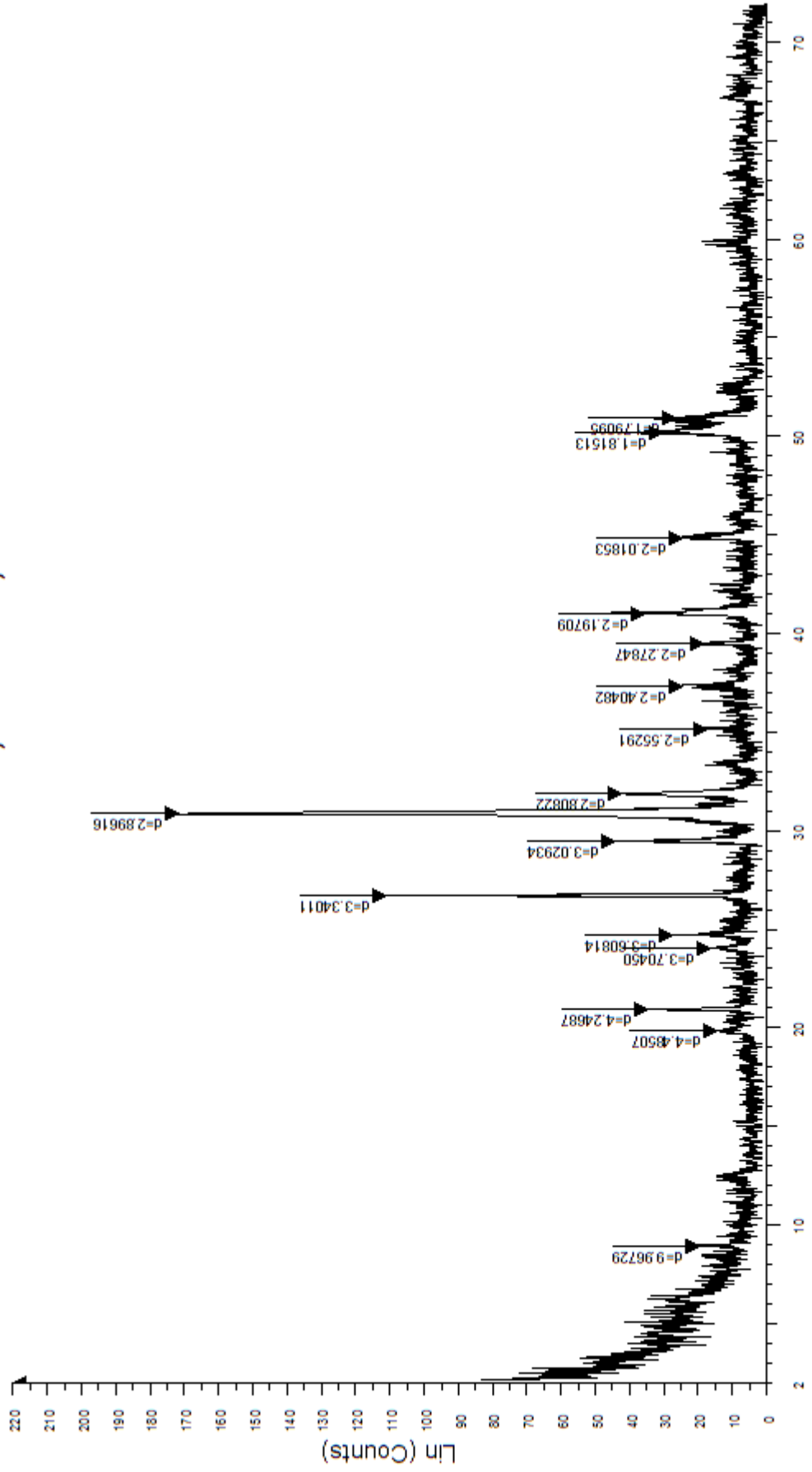
AMY 143,27-143,43 - File: AMY 143,27-143,43.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - T  
Operations: Import  
AMY 143,27-143,43 VS 5500C - File: AMY 143,27-143,43 VS 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 10 s  
Operations: Y Scale Add 100 | Y Scale Add 100 | Import

# AMY 143,27-143,43



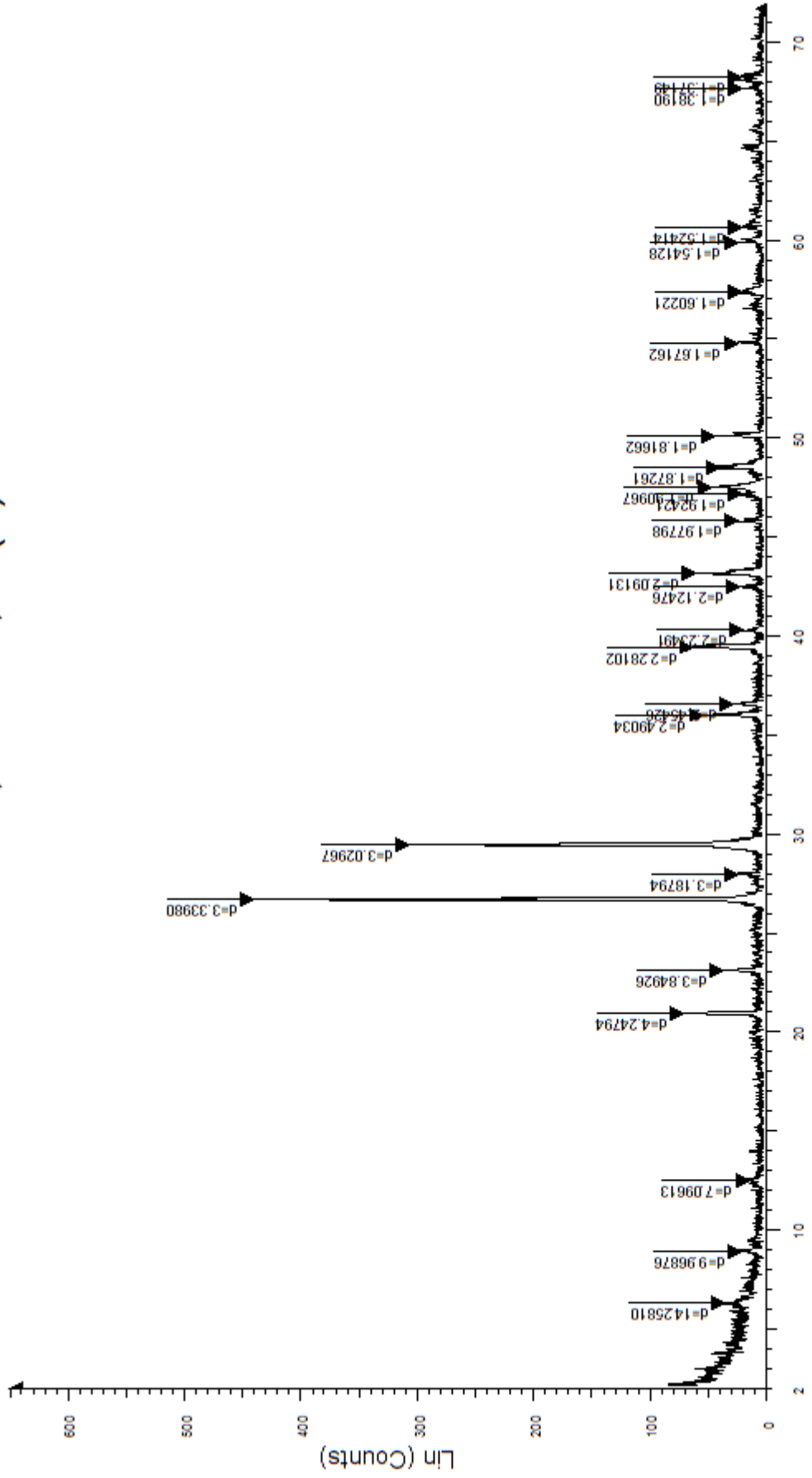
AMY 143,27-143,43 - File: AMY 143,27-143,43.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - T  
Operations: Import  
AMY 143,27-143,43 VS GL - File: AMY 143,27-143,43 VS GL.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 15.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 5 s - 2-Theta  
Operations: Y Scale Add 100 | Y Scale Add 100 | Import

# AMY 147,63-149,03



AMY 147,63-149,03 - File: AMY 147,63-149,03.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 - End: 72.000 - Step: 0.020 - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 - T  
Operations: Import

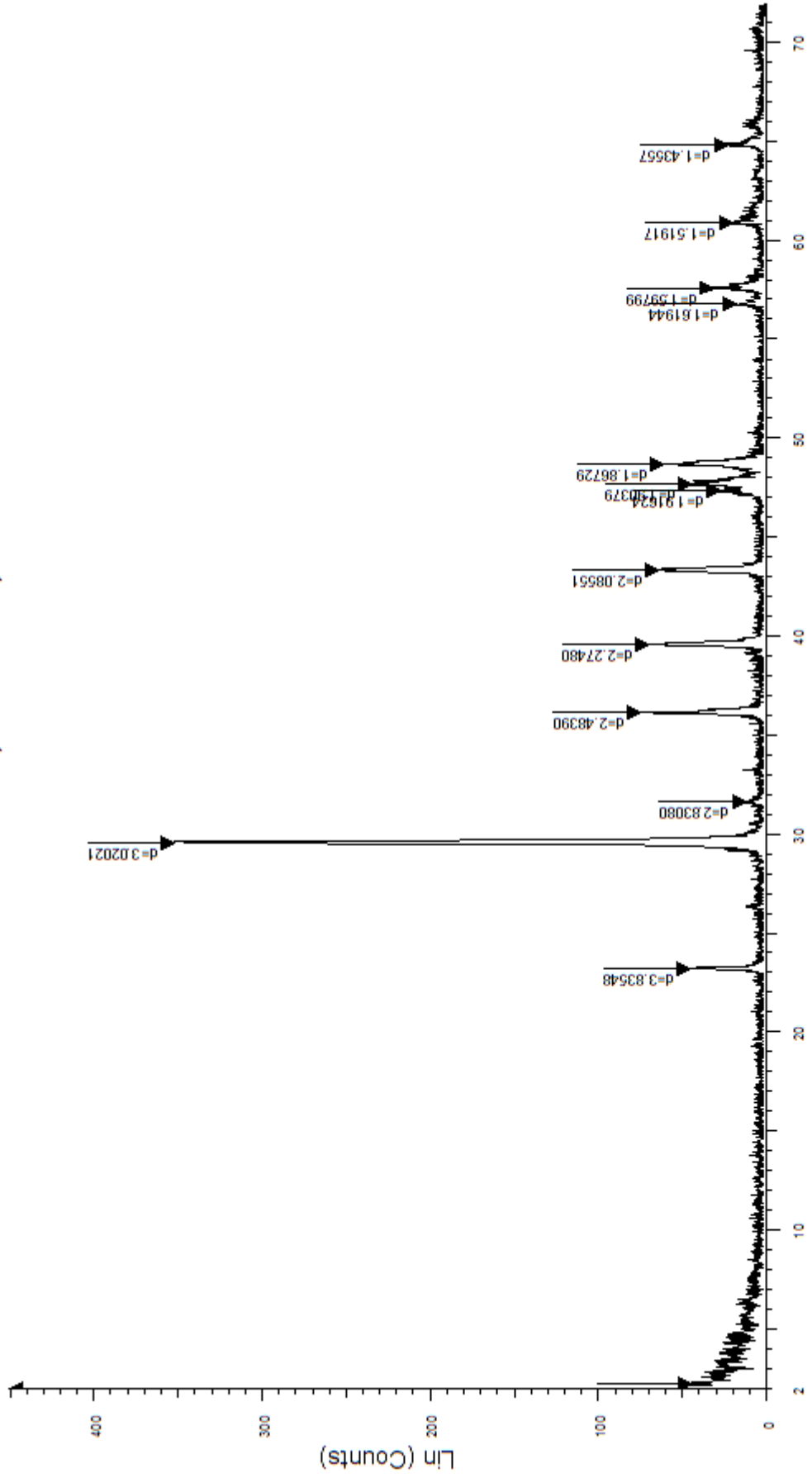
# AMY150,19-150,56(2)



2-Theta - Scale

AMY150,19-150,56(2) - File: AMY150,19-150,56(2).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000  
Operations: Import

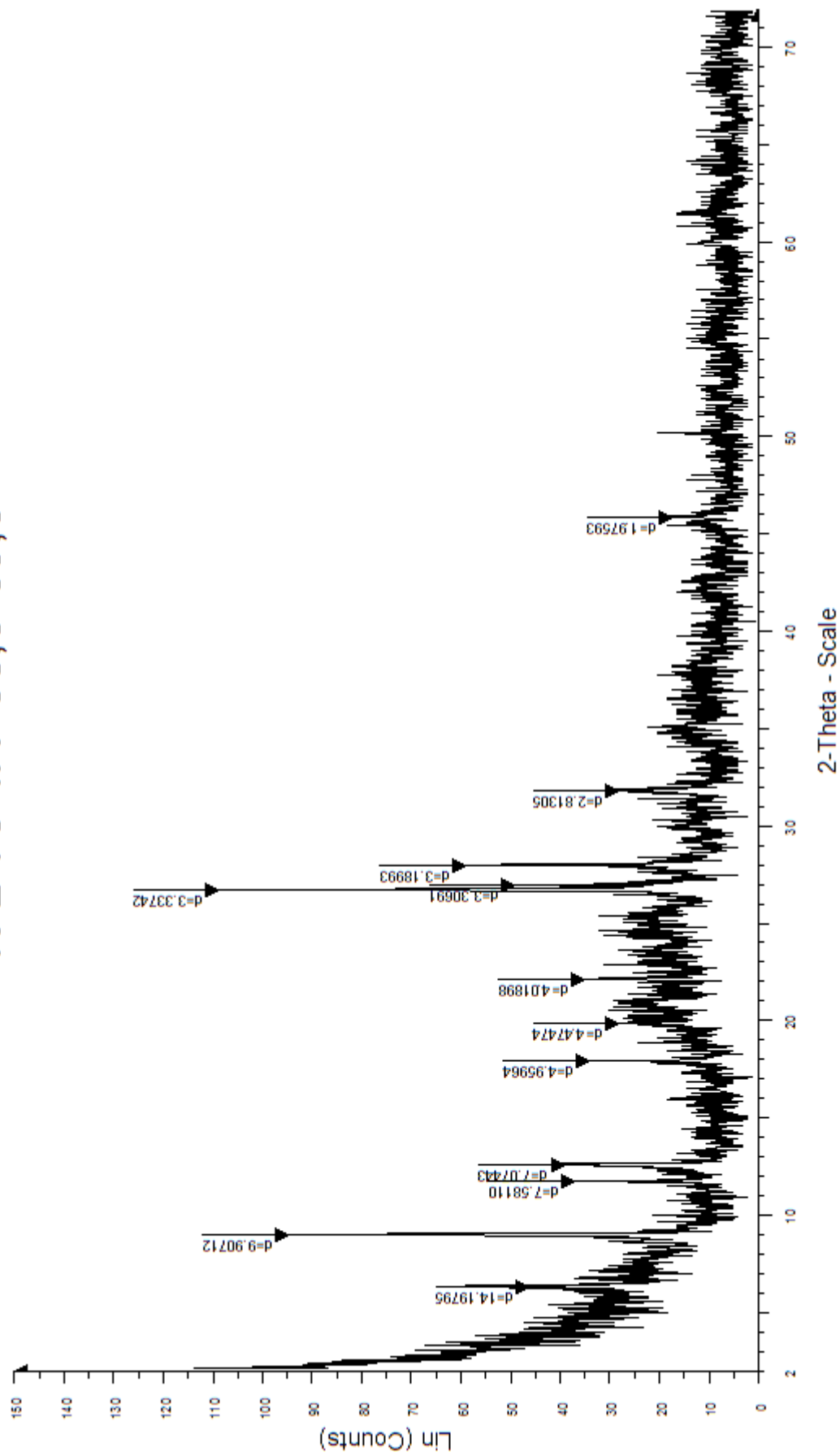
# AMY 182,23-183,81



2-Theta - Scale

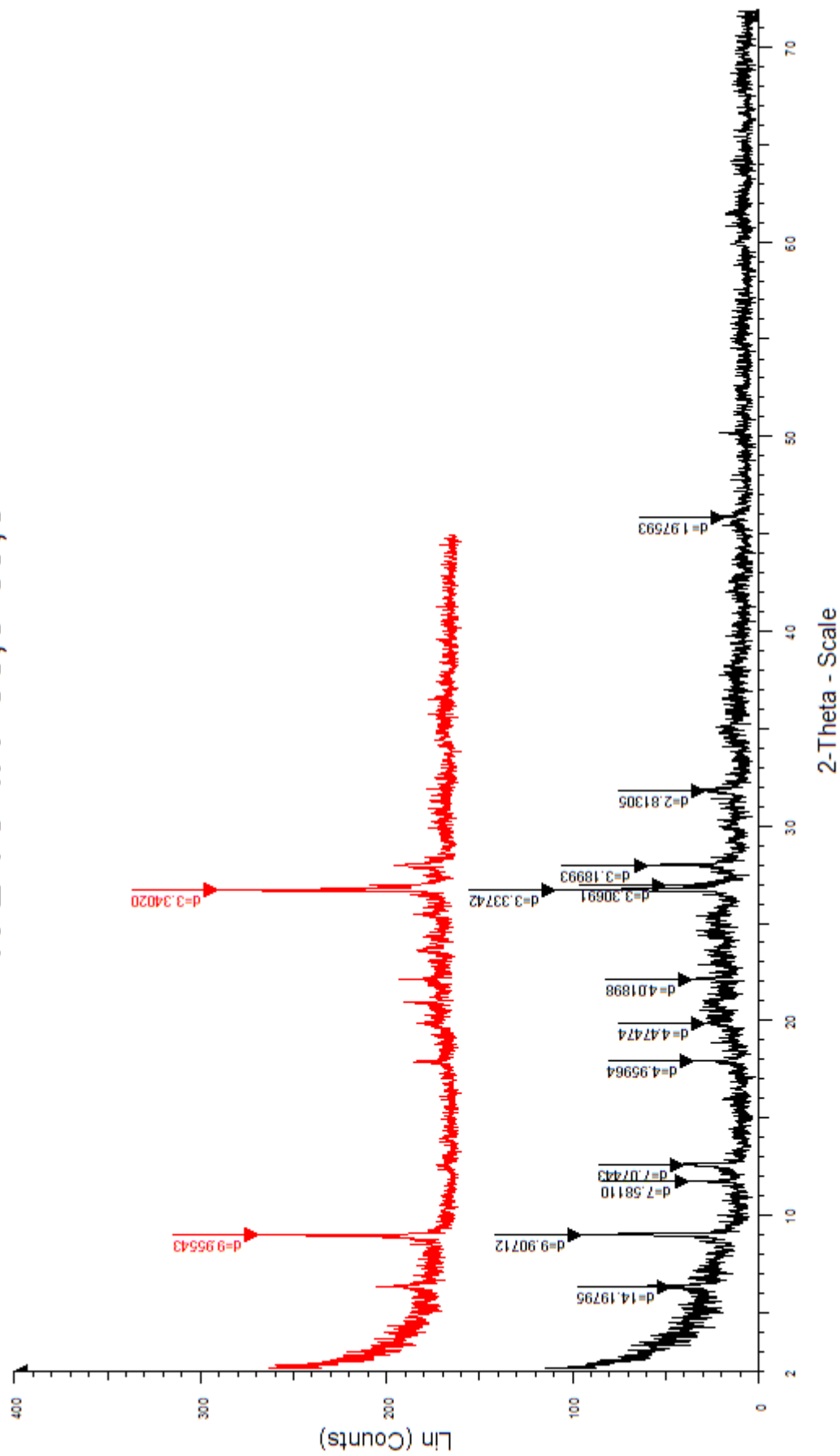
AMY 182,23-183,81 - File: AMY 182,23-183,81.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 - End: 72.000 - Step: 0.020 - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 - T  
Operations: Import

# K-L-75 1A 68,5-69,5



K-L-75 1A 68,5-69,5 - File: K-L-75 1A.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.0  
Operations: import

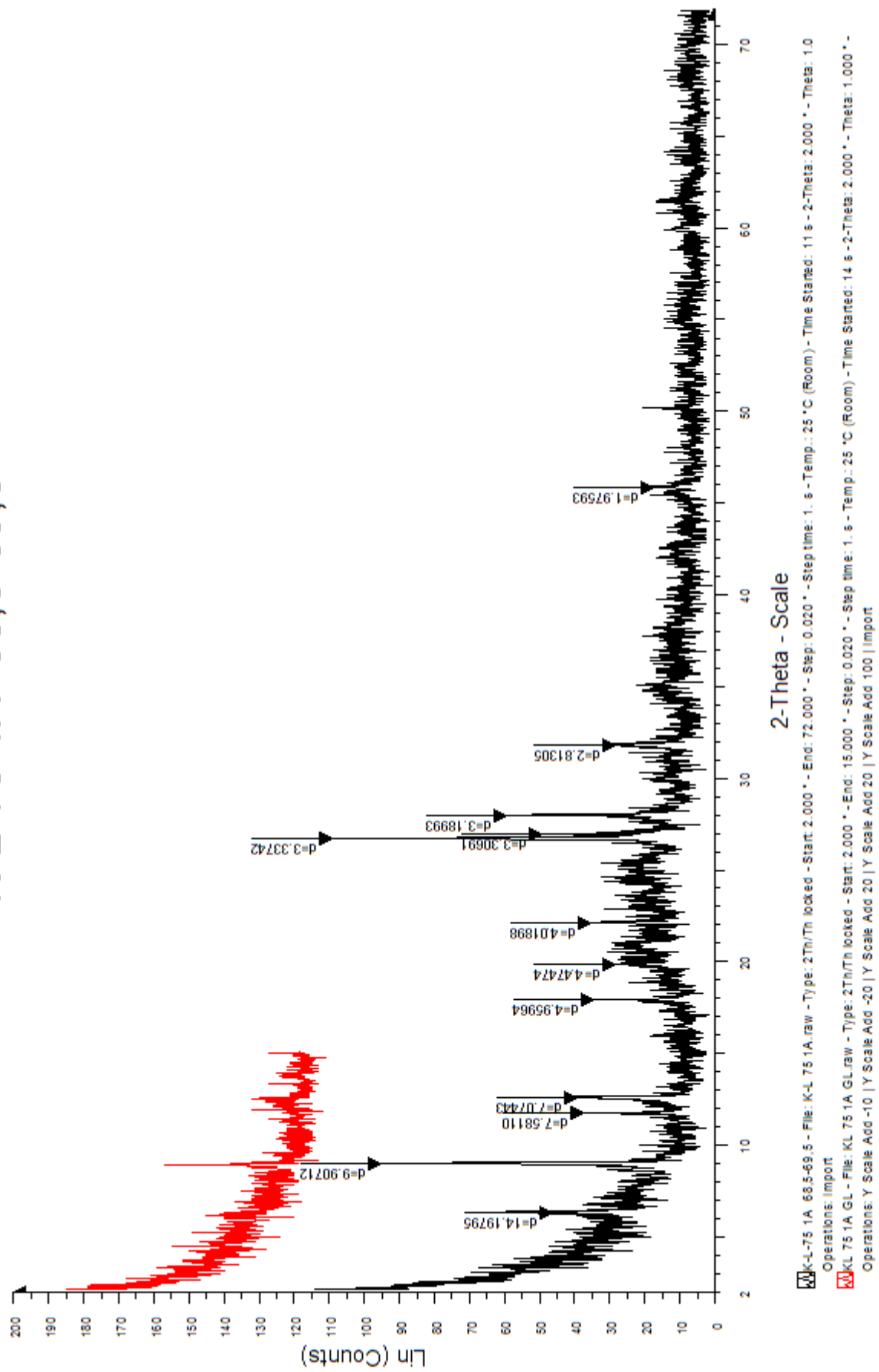
# K-L-75 1A 68,5-69,5



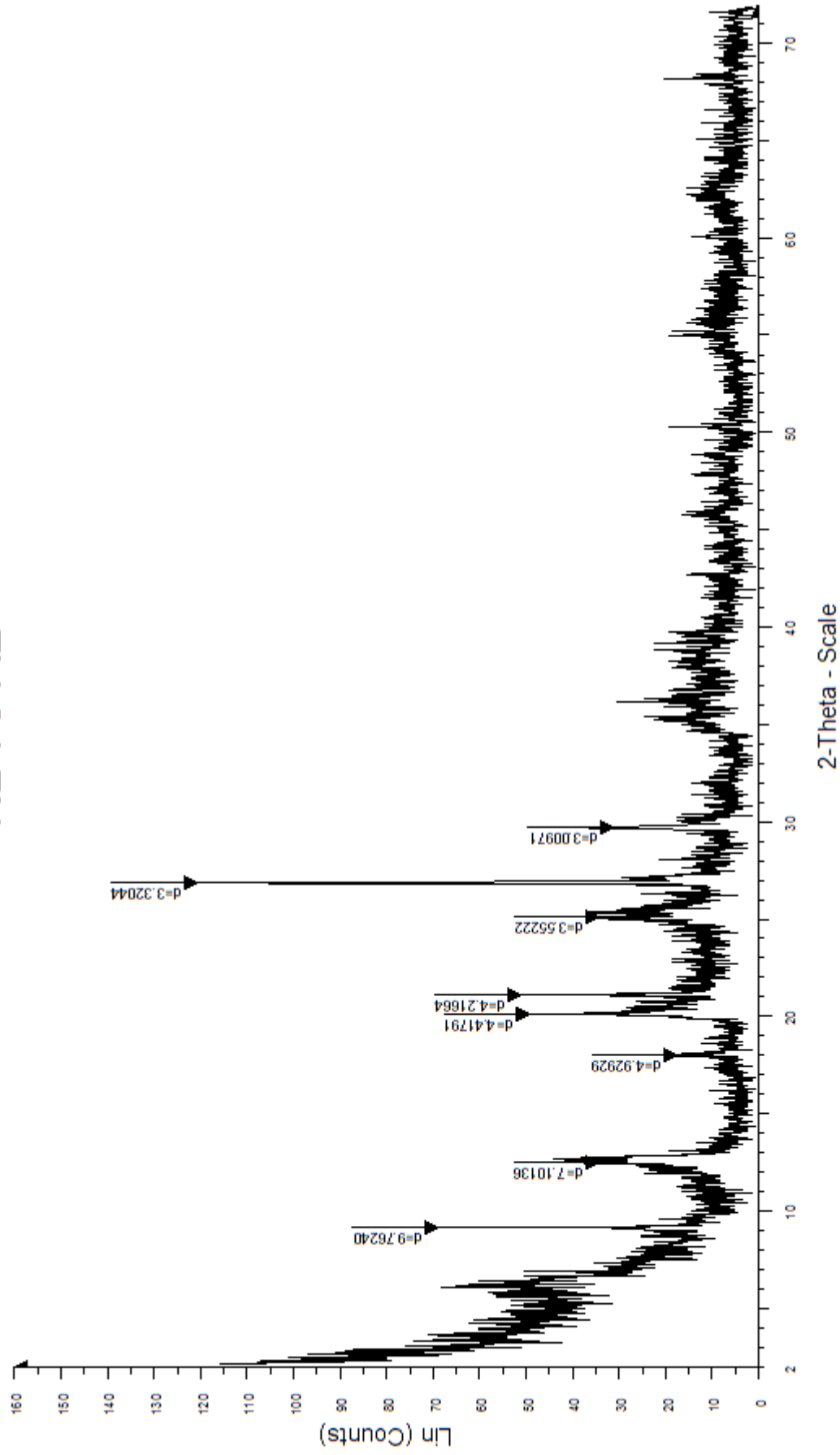
K-L-75 1A 68,5-69,5 - File: K-L 75 1A.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.0  
Operations: Import  
 K-L-75 1A 5500C - File: KL-75 1A 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 17 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.0  
Operations: Y Scale Add -20 | Y Scale Add 100 | Y Scale Add 100 | Import



# K-L-75 1A 68,5-69,5

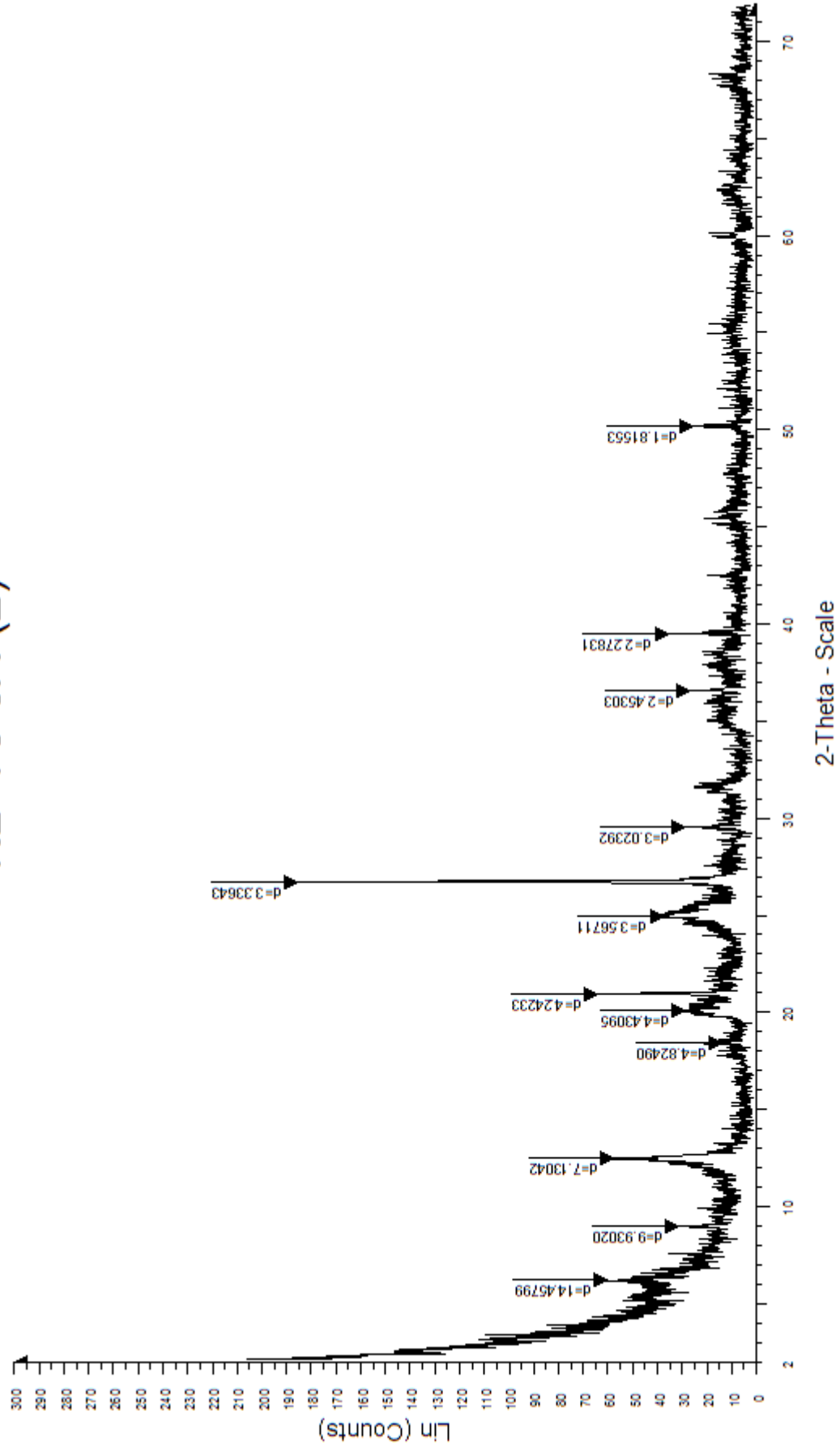


# KL 75 A2



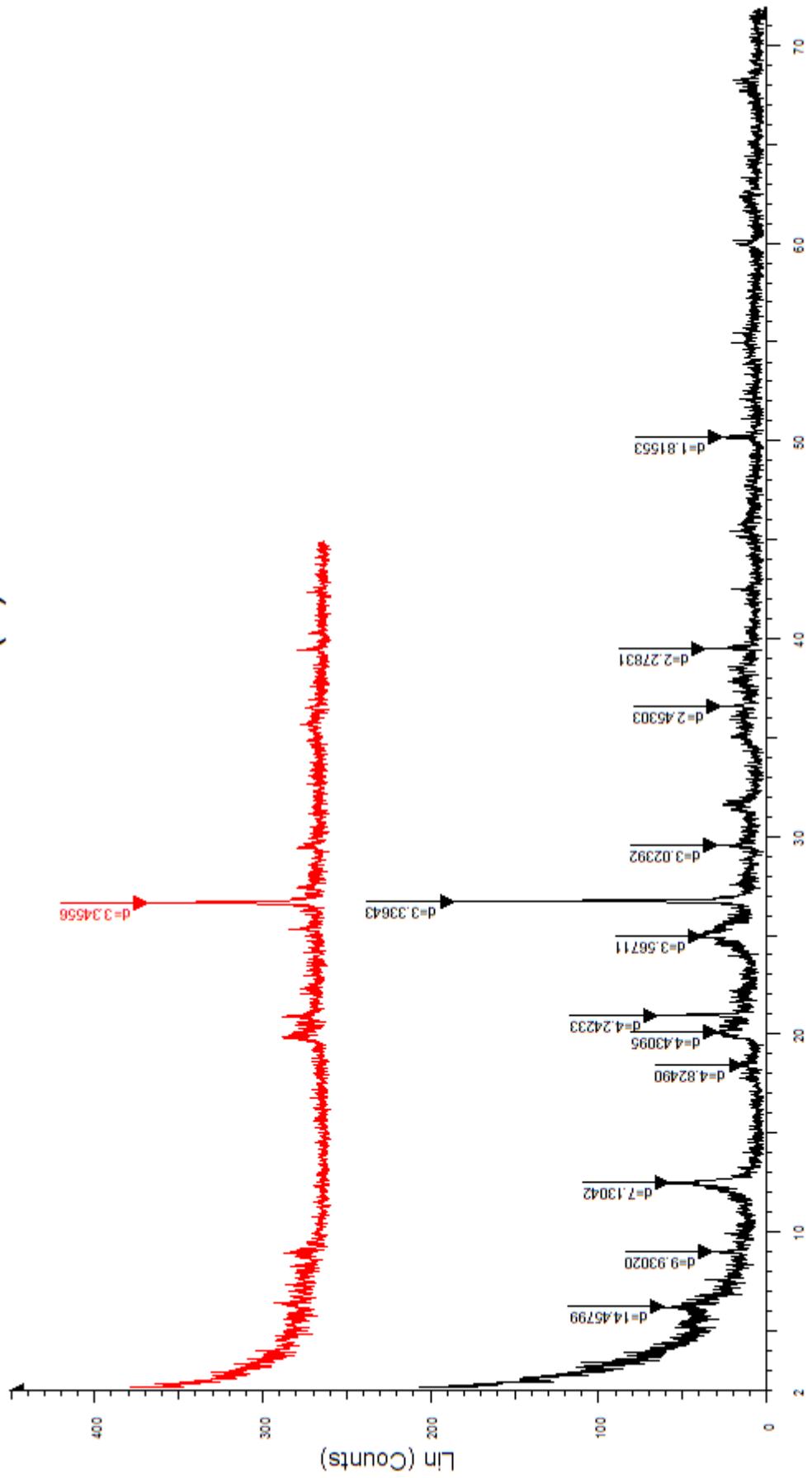
KL 75 A2 - File: KL 75 A2.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 5 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Cht: 0.0  
Operations: import

# KL -75 3A (2)



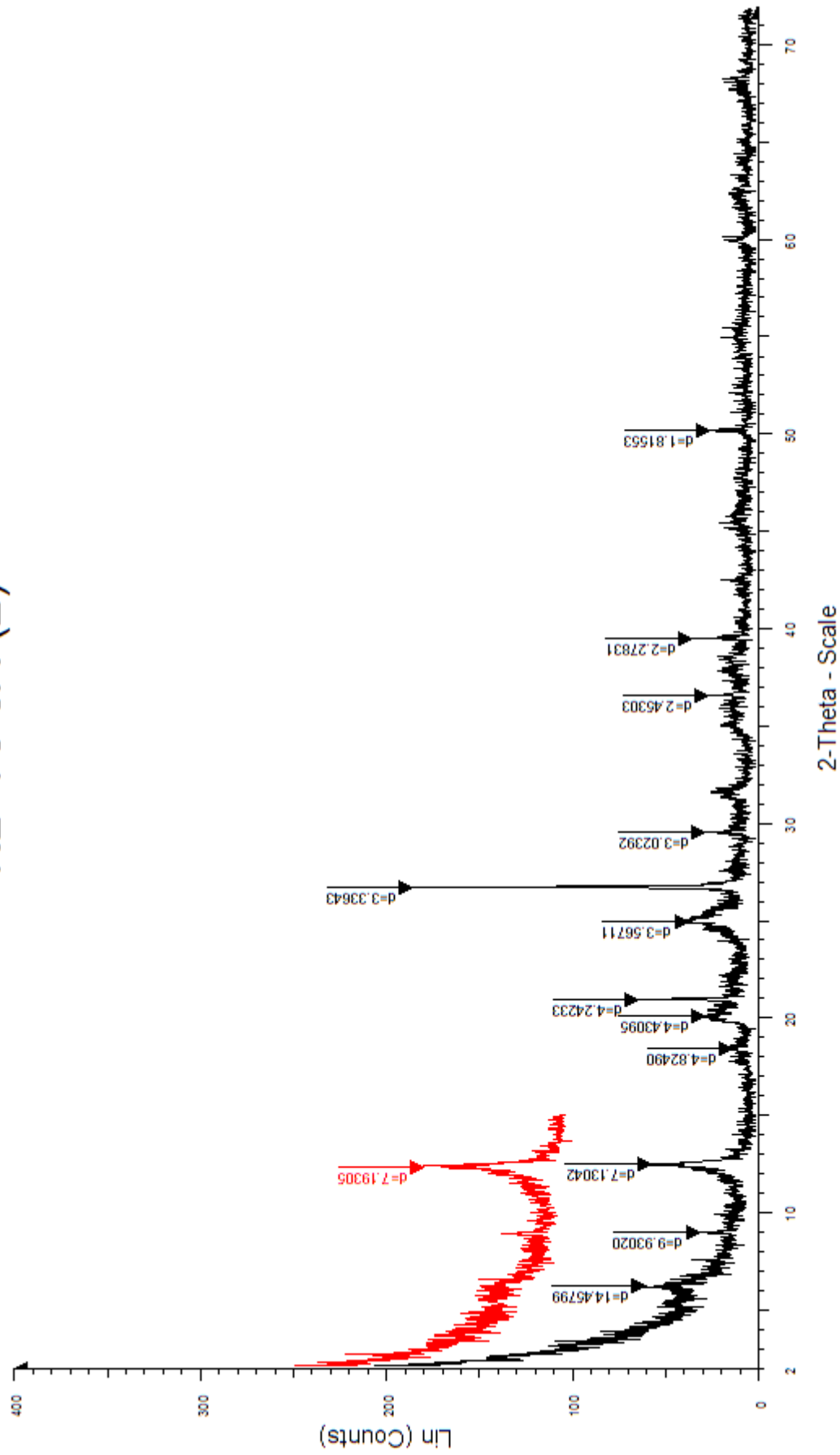
KL -75 3A (2) - File: KL -75 3A (2).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 9 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Operations: Import

# KL -75 3A (2)



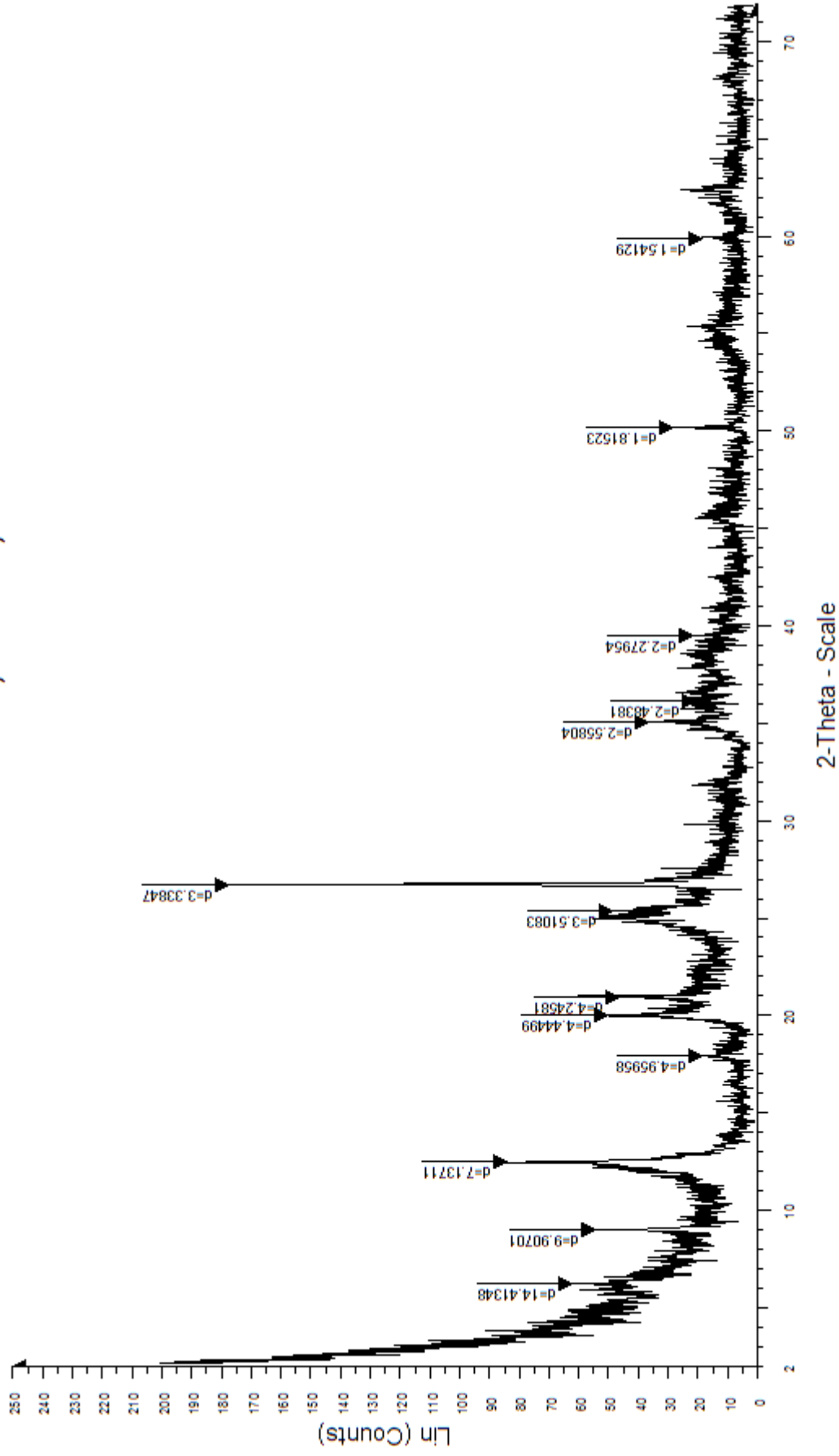
KL -75 3A (2) - File: KL -75 3A (2).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 9 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Operations: Import  
 KL -75 3A VS 5500C - File: KL -75 3A VS 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 10 s - 2-Theta: 2.000 ° - Operations: Y Scale Add -40 | Y Scale Add 100 | Y Scale Add 100 | Import

# KL -75 3A (2)



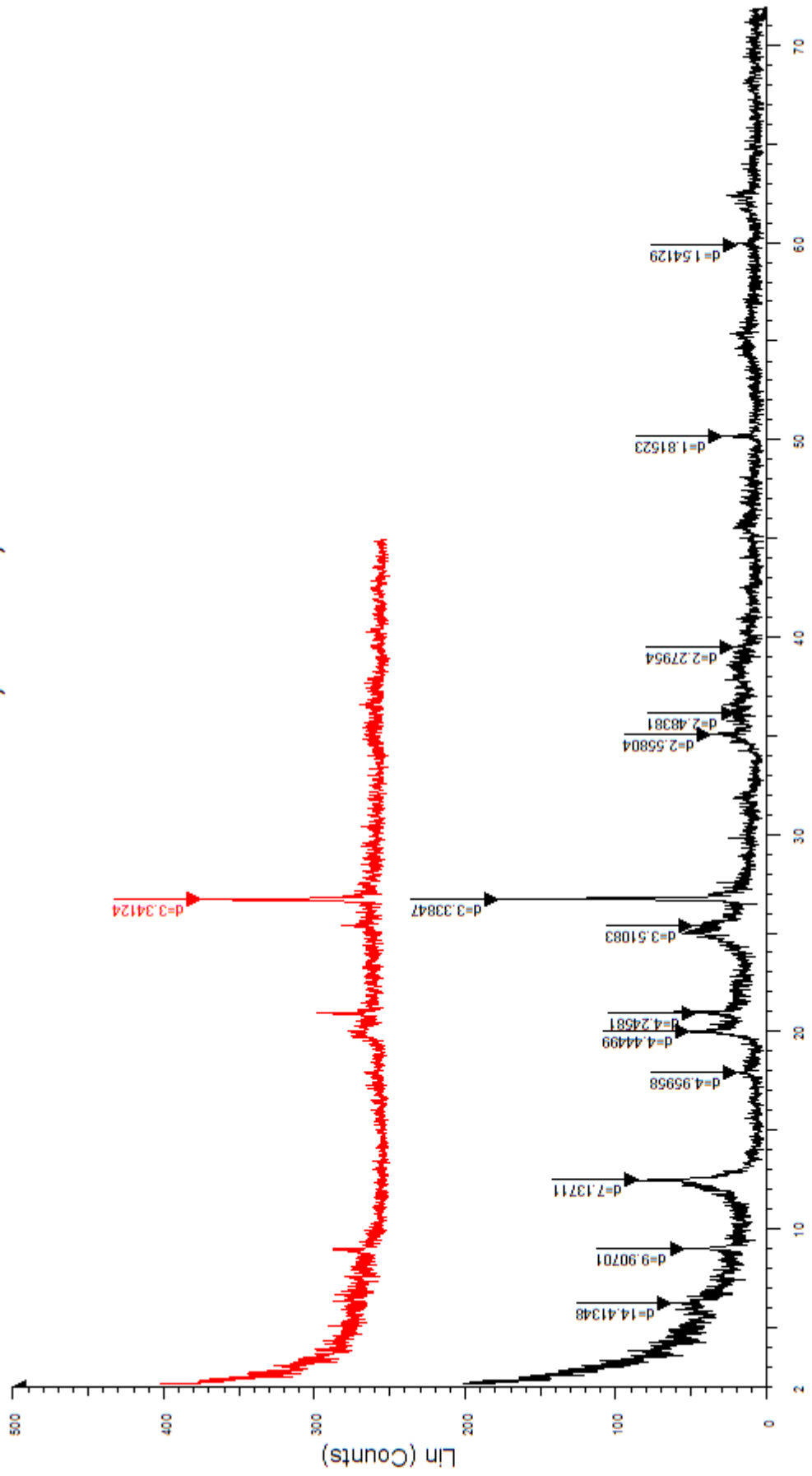
KL -75 3A (2) - File: KL -75 3A (2).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 9 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Operations: Import  
KL -75 3A VS GL - File: KL-75 3A VS GL.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 15.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 4 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Operations: Y Scale Add 100 | Y Scale Add 0 | Import

# KL -75 4A 81,30-82,40



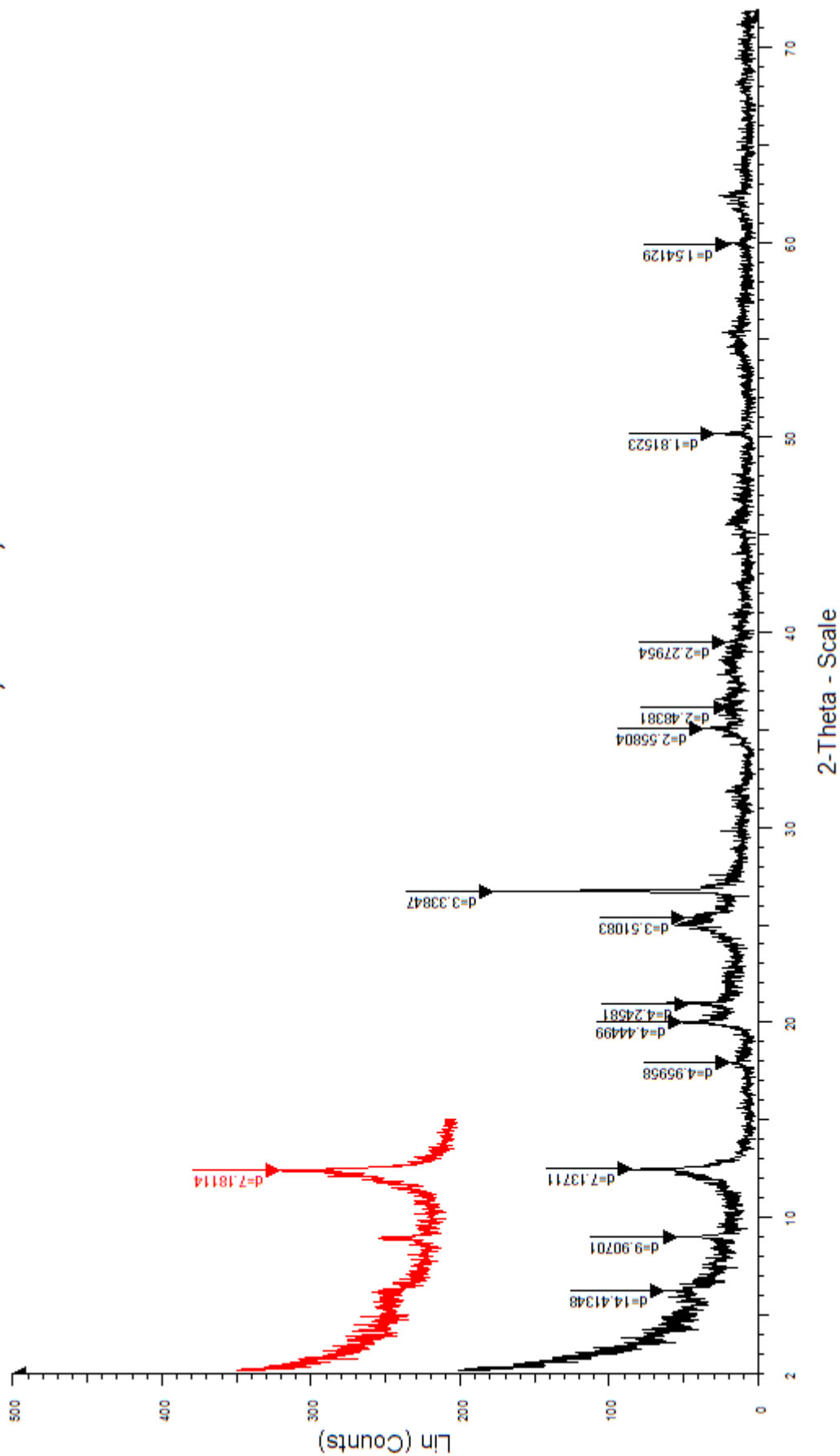
KL -75 4A 81,30-82,40 - File: KL 75 4A.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Stated: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.0  
Operations: import

# KL -75 4A 81,30-82,40



KL-75 4A 81,30-82,40 - File: KL 75 4A.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.0  
 Operations: Import  
 KL-75 4A VS 5500C - File: KL -75 4A VS 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° -  
 Operations: Y Scale Add -50 | Y Scale Add -100 | Y Scale Add 200 | Import

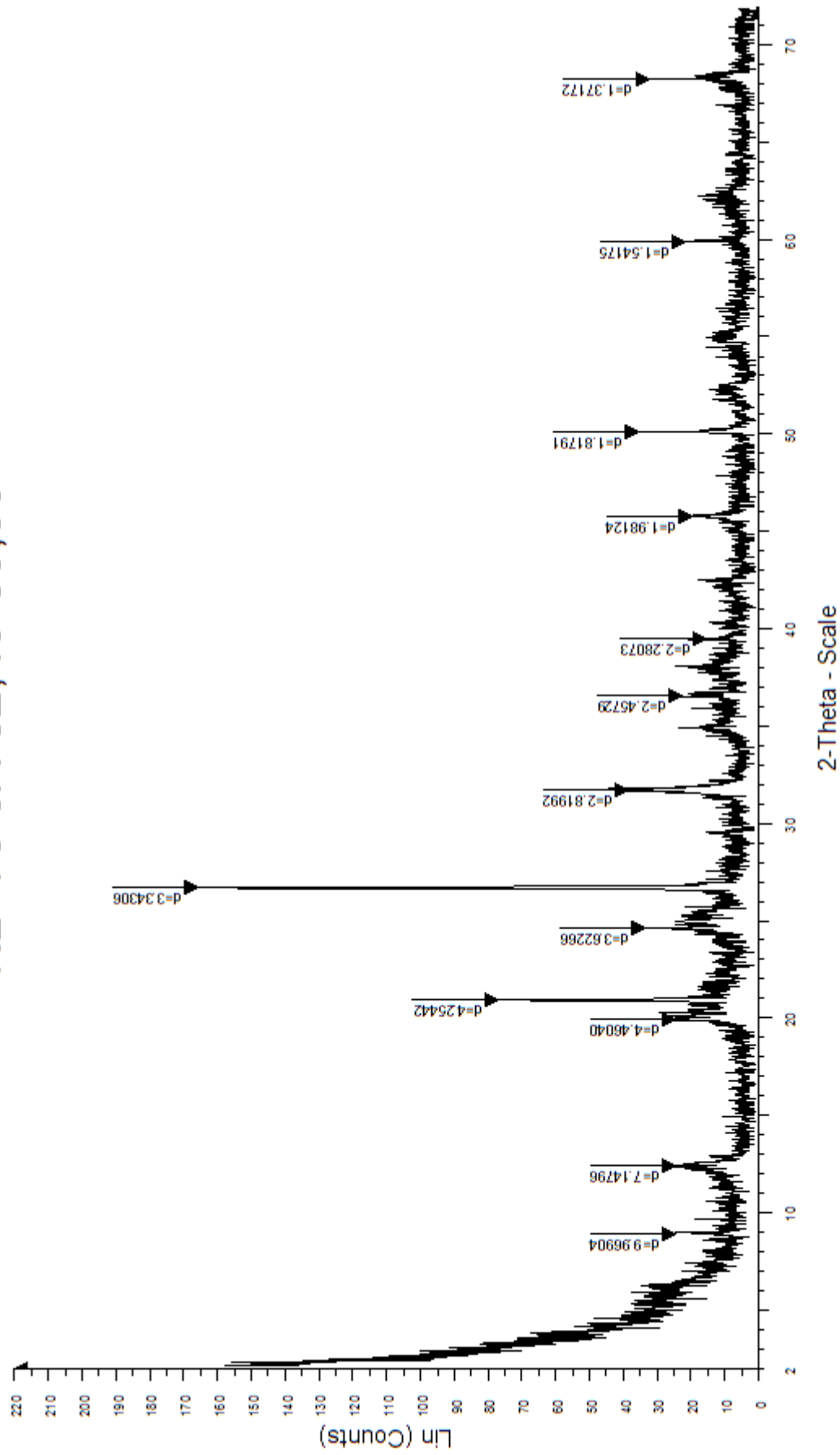
# KL-75 4A 81,30-82,40



KL-75 4A 81,30-82,40 - File: KL 75 4A.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.0  
 Operations: Import  
 KL-75 4A VS GL - File: KL-75 4A VS GL.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 15.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 4 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.0  
 Operations: Y Scale Add -100 | Y Scale Add 300 | Import

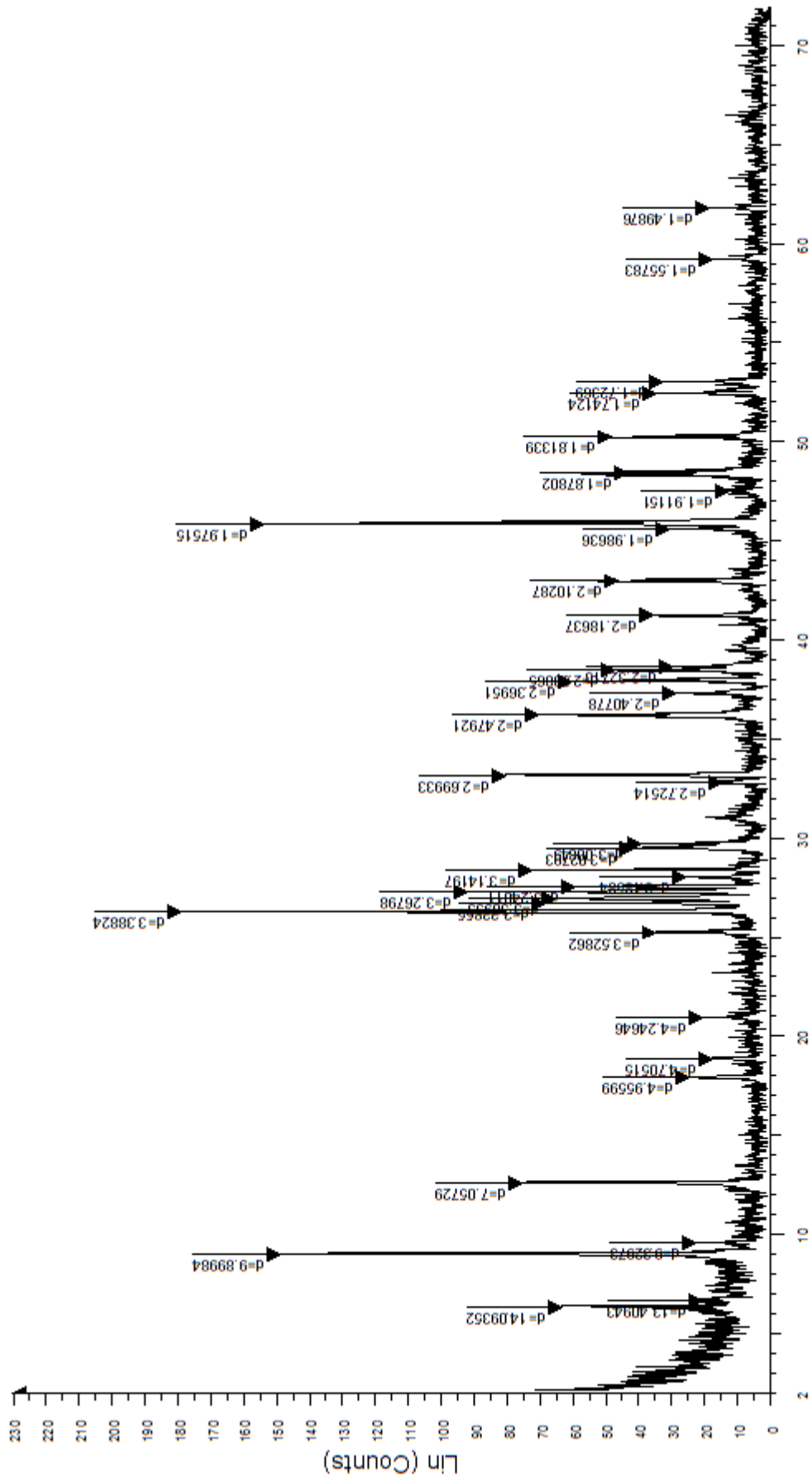


# KL -75 5A 82,40-85,50



KL -75 5A 82,40-85,50 - File: KL 75 5A.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Stated: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.0  
Operations: Import

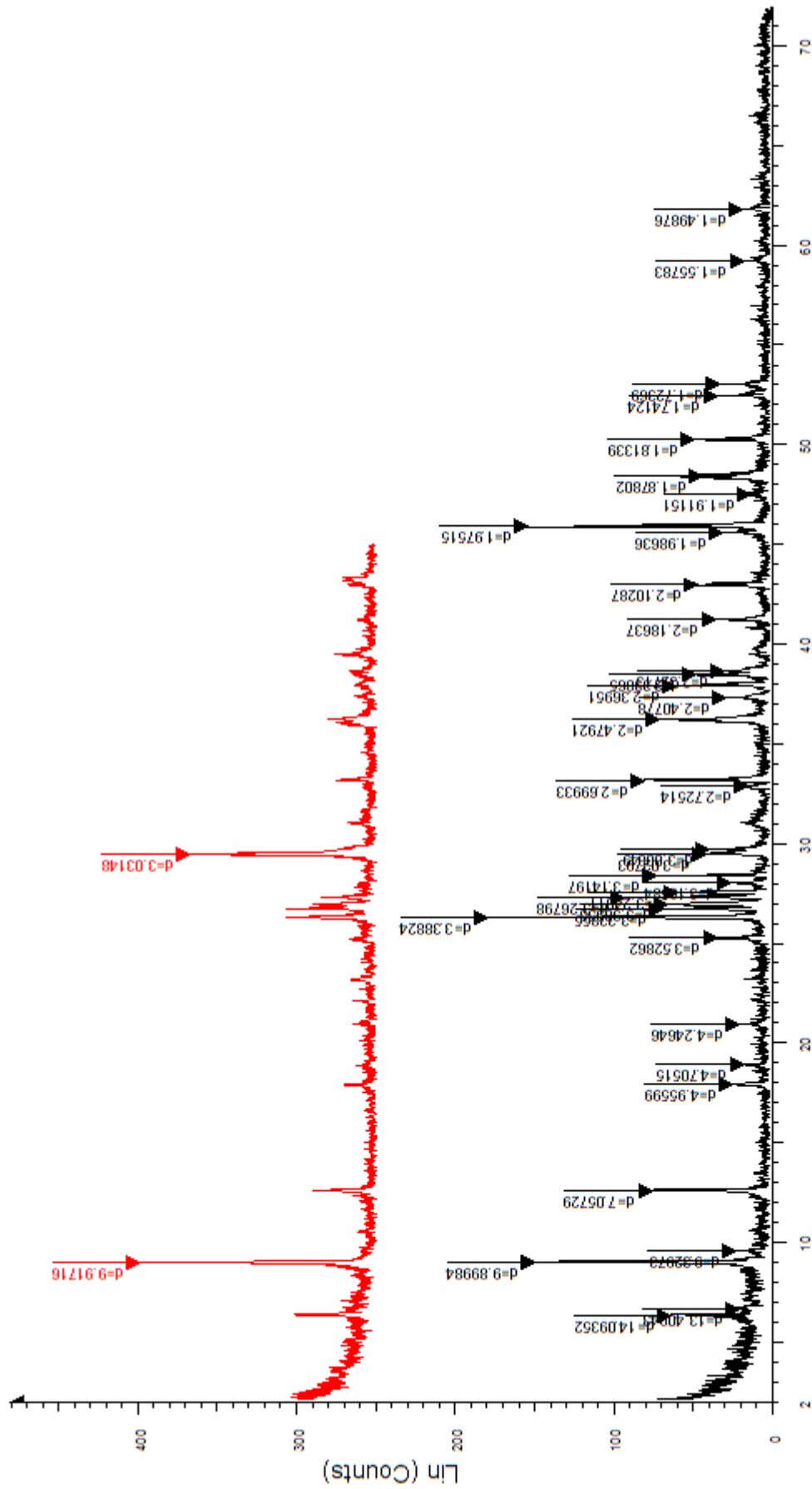
# NKP9 237.81-238



2-Theta - Scale

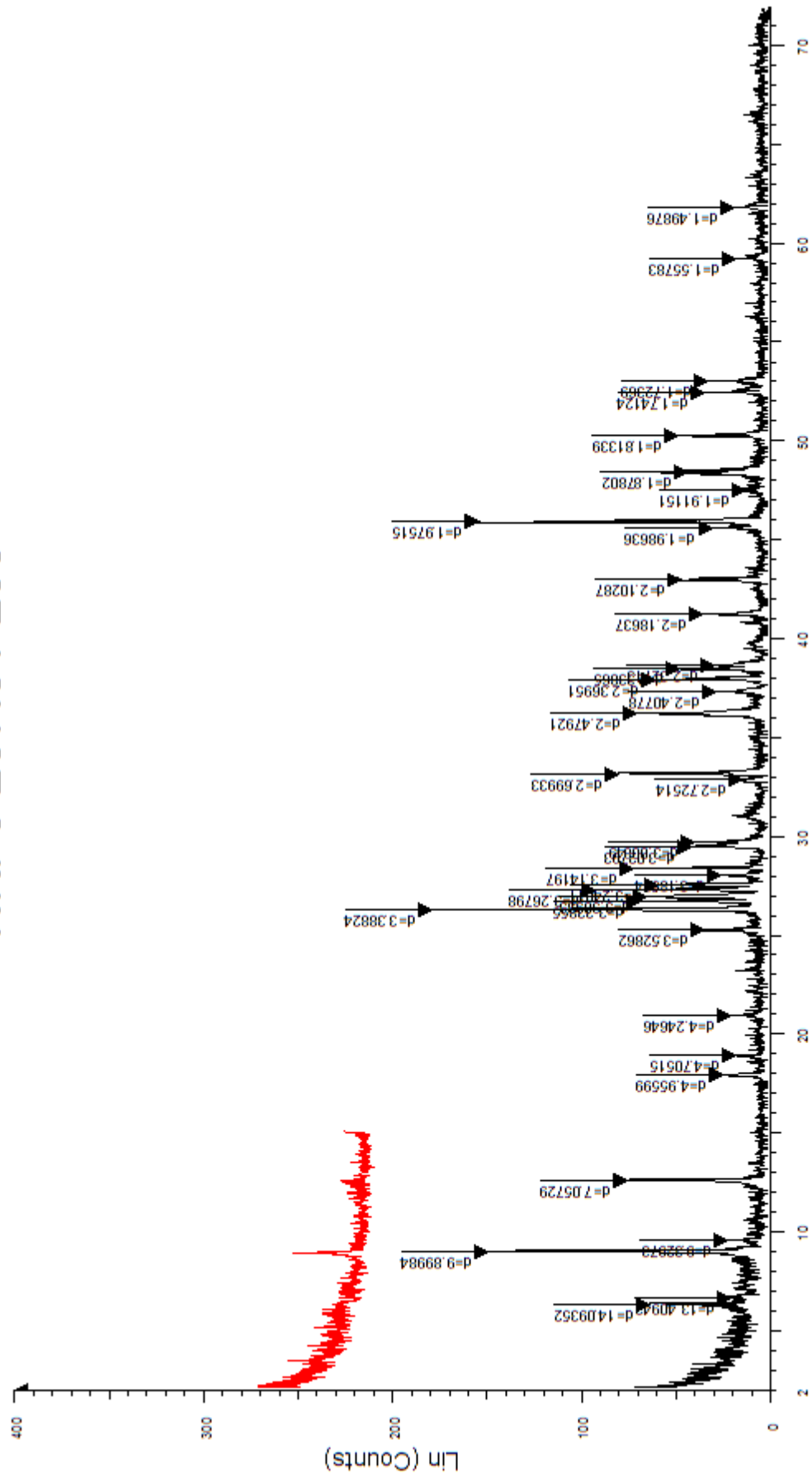
NKP9 237.81-238 - File: NKP9.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - C  
Operations: import

# NKP9 237.81-238



NKP9 237.81-238 - File: NKP9.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000° - End: 72.000° - Step: 0.020° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Stated: 14 s - 2-Theta: 2.000° - Theta: 1.000° - C  
 Operations: Import  
 NKP 9 5500C - File: NKP 9 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000° - End: 45.000° - Step: 0.020° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Stated: 11 s - 2-Theta: 2.000° - Theta: 1.000°  
 Operations: Y Scale Add -10 | Y Scale Add 100 | Y Scale Add 100 | Import

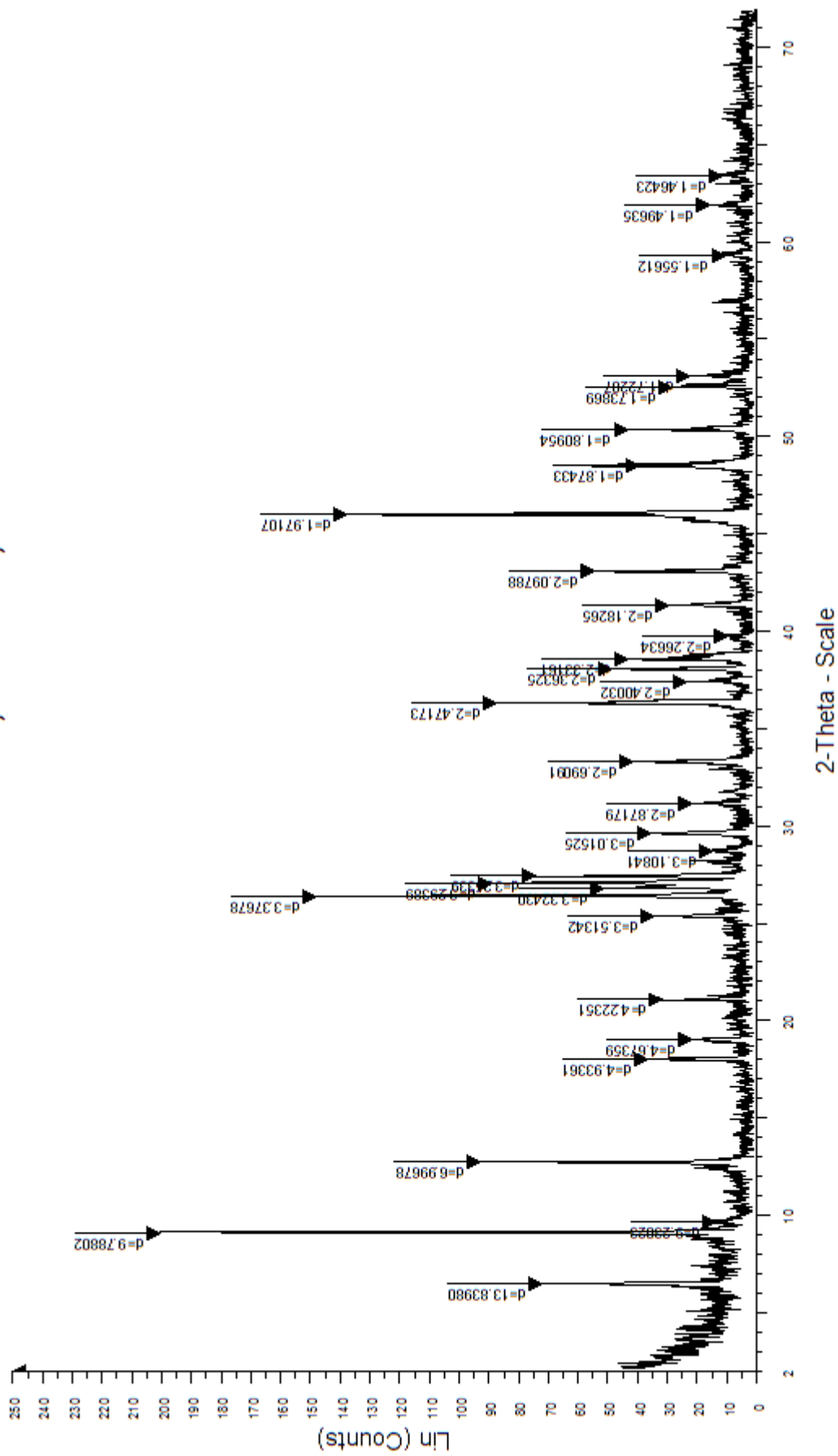
# NKP9 237.81-238



## 2-Theta - Scale

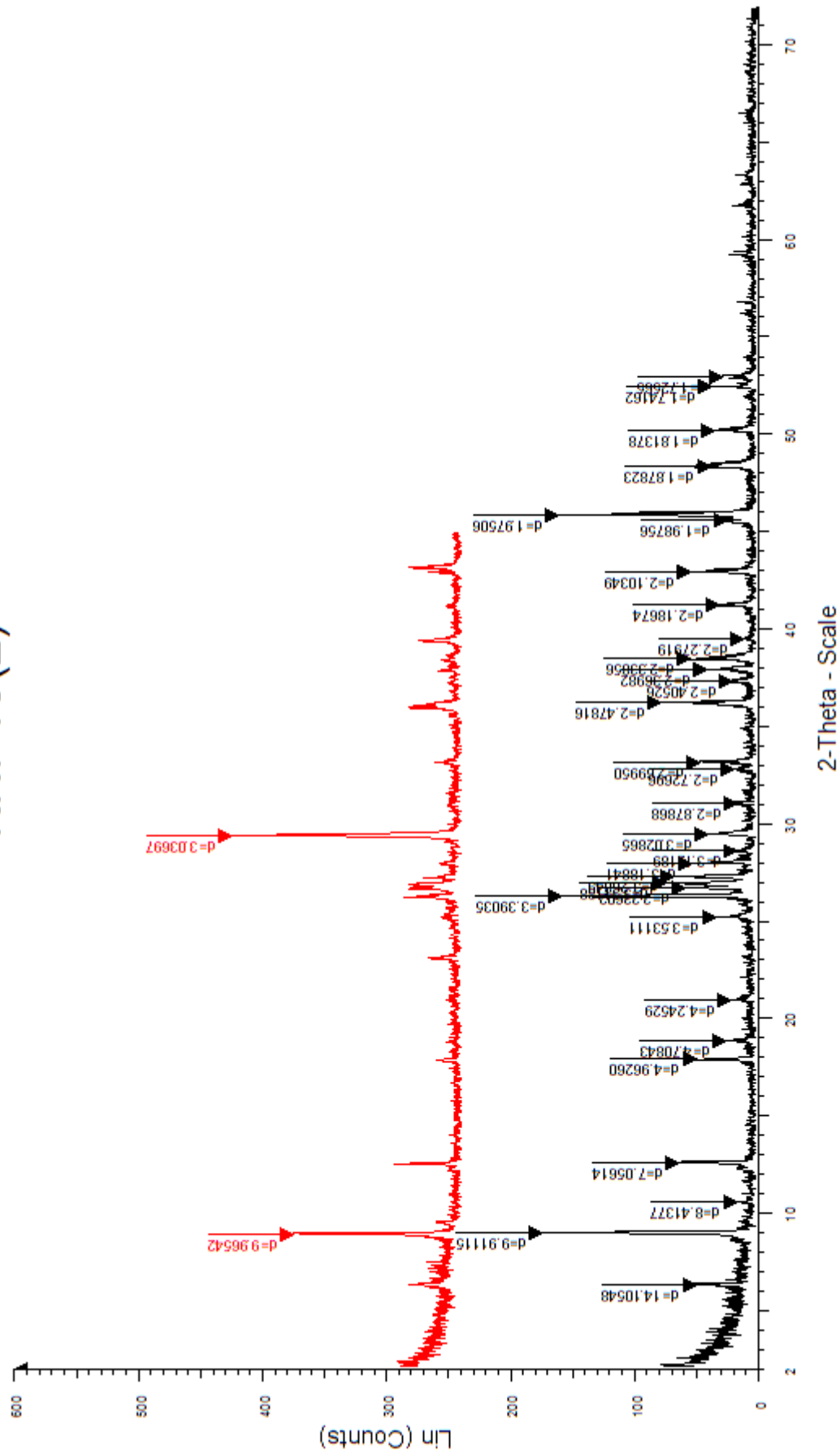
NKP9 237.81-238 - File: NKP9.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - C  
 Operations: Import  
 KNP 9 GL re - File: KNP 9 GL re.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 15.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 5 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - C  
 Operations: Y Scale Add 10 | Y Scale Add 50 | Y Scale Add 100 | Import

# NKP10 239,10-239,31



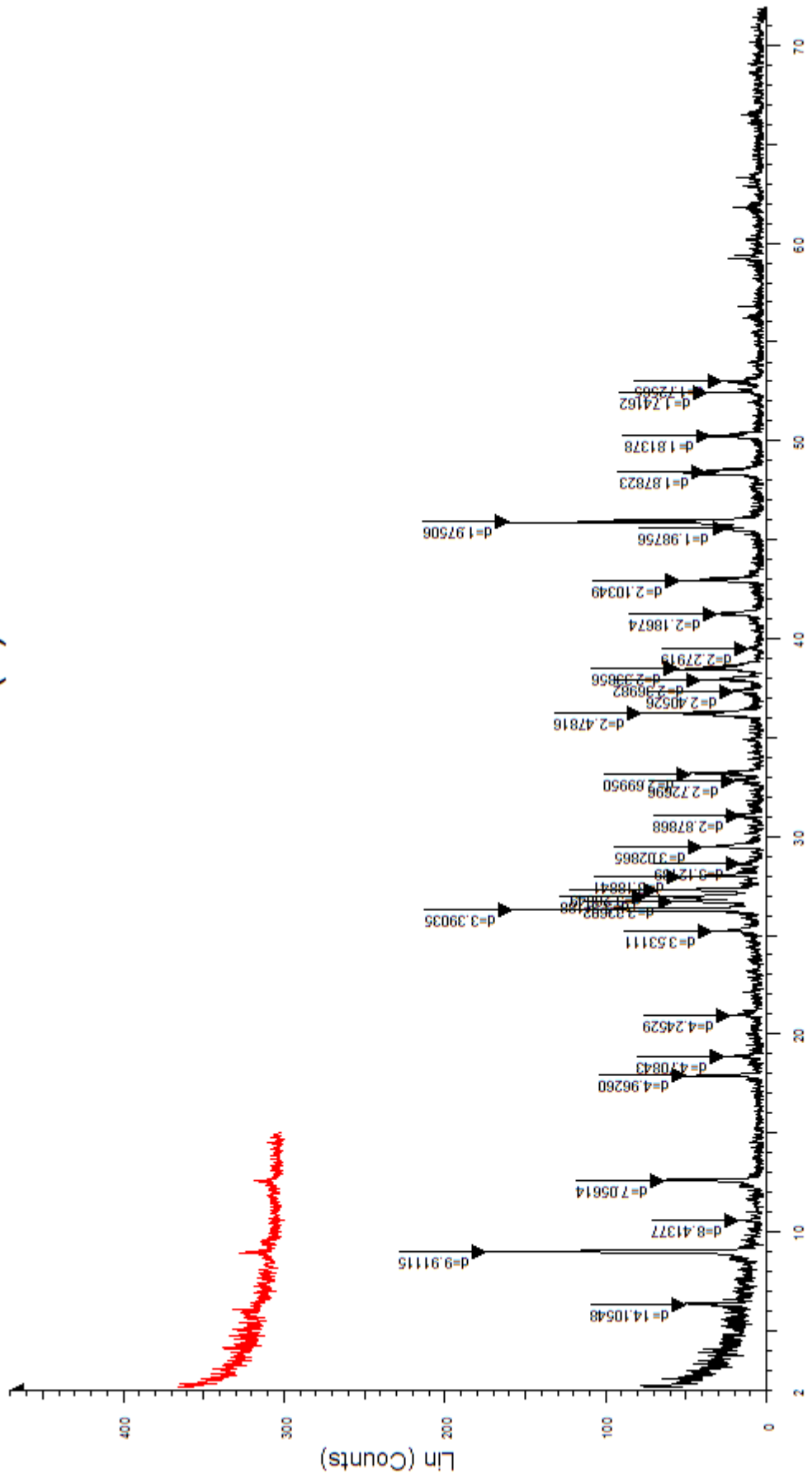
NKP10 239,10-239,31 - File: NKP10.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1.5 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Staked: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000  
 Operations: Import

# KNP10(2)



KNP10(2) - File: KNP10(2).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Cht: 0  
 Operations: Import  
 KNP 10 VS 5500C - File: KNP 10 VS 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 9 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta  
 Operations: Y Scale Add -50 | Y Scale Add 300 | Import

# KNP10(2)

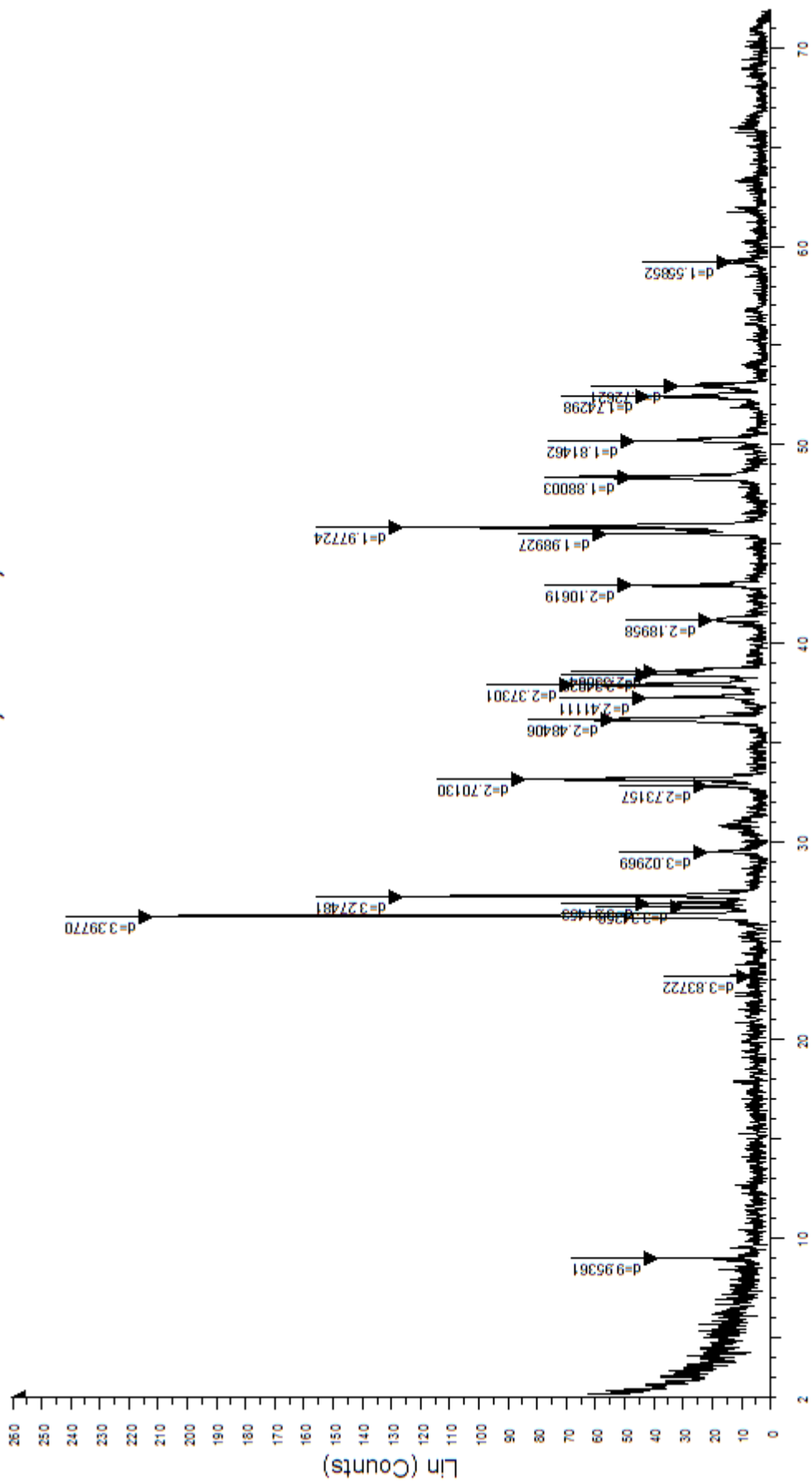


## 2-Theta - Scale

KNP10(2) - File: KNP10(2).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Cht: 0  
Operations: Import

KNP 10 VS GL - File: KNP 10 VS GL.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 15.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 5 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000  
Operations: Y Scale Add 100 | Y Scale Add 100 | Y Scale Add 100 | Import

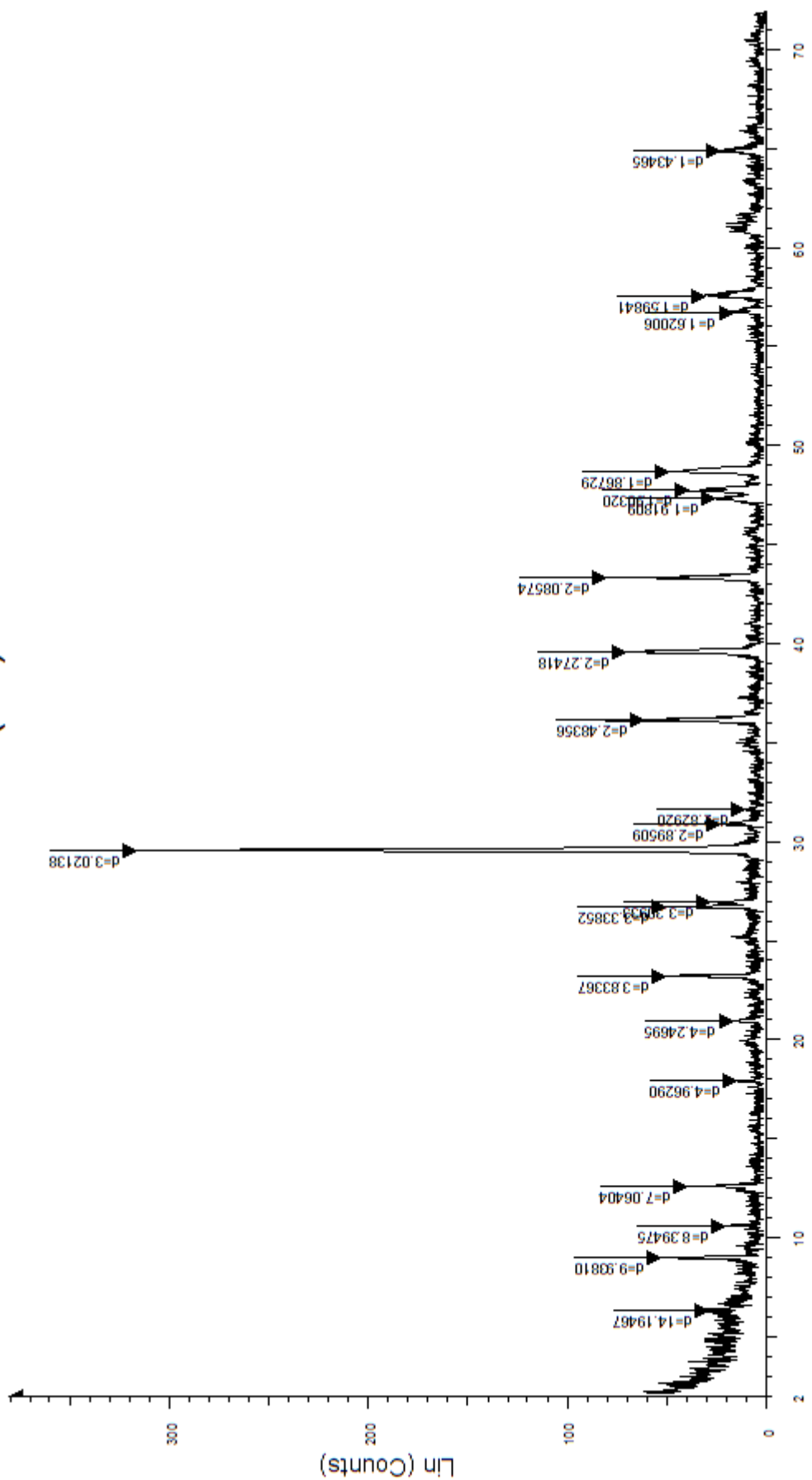
# KNP11 239,4-239,65



KNP11 239,4-239,65 - File: KNP11.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 13 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 °  
Operations: Import



# KNP(12)



2-Theta - Scale

KNP(12) - File: KNP12.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Cht: 0.00  
Operations: Import

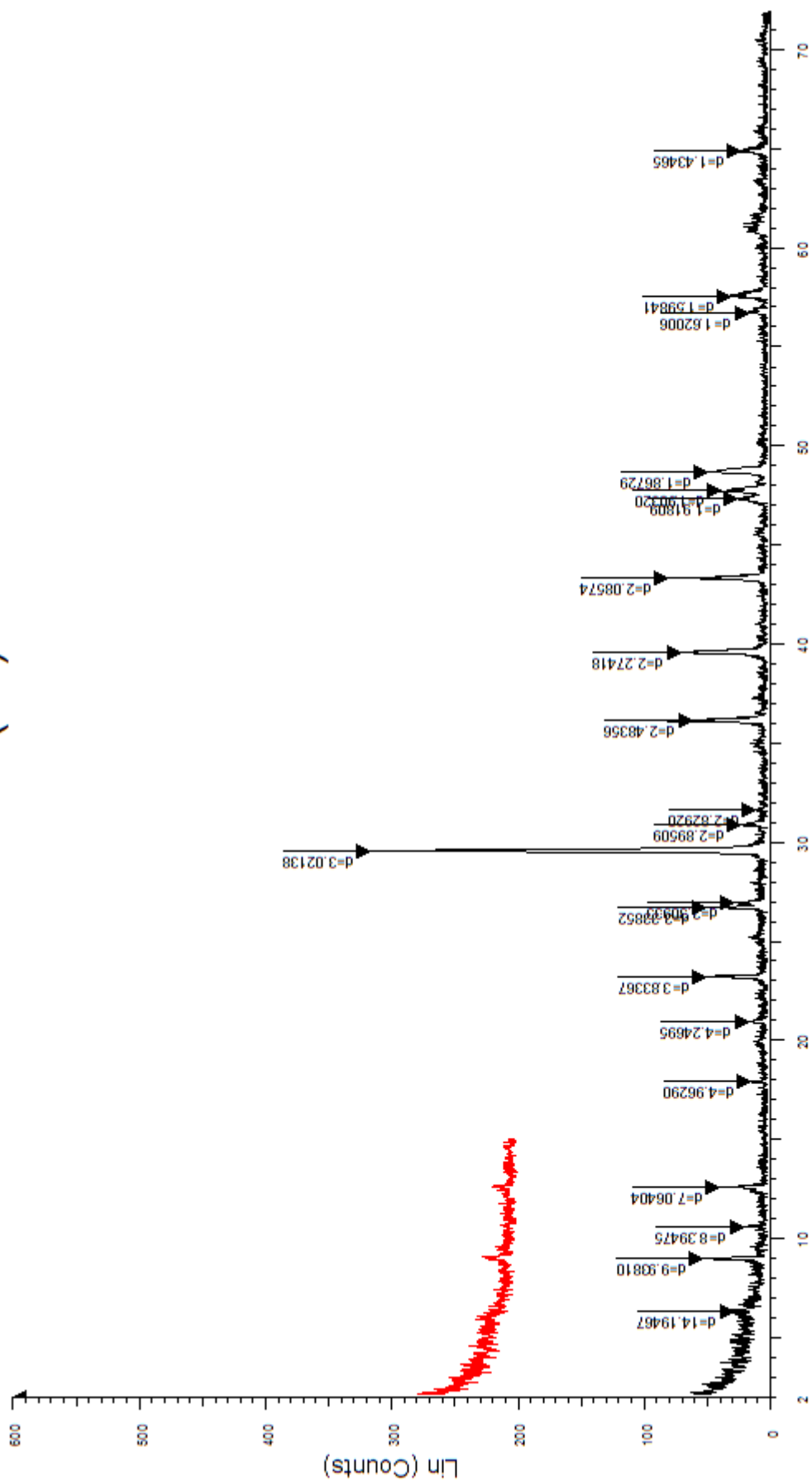
# KNP(12)



## 2-Theta - Scale

KNP(12) - File: KNP12.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Cht: 0.00  
Operations: Import  
KNP 12 VS 5500C - File: KNP\_12\_VS\_5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Cht: 0.00  
Operations: Y Scale Add 40 | Y Scale Add 100 | Y Scale Add 300 | Import

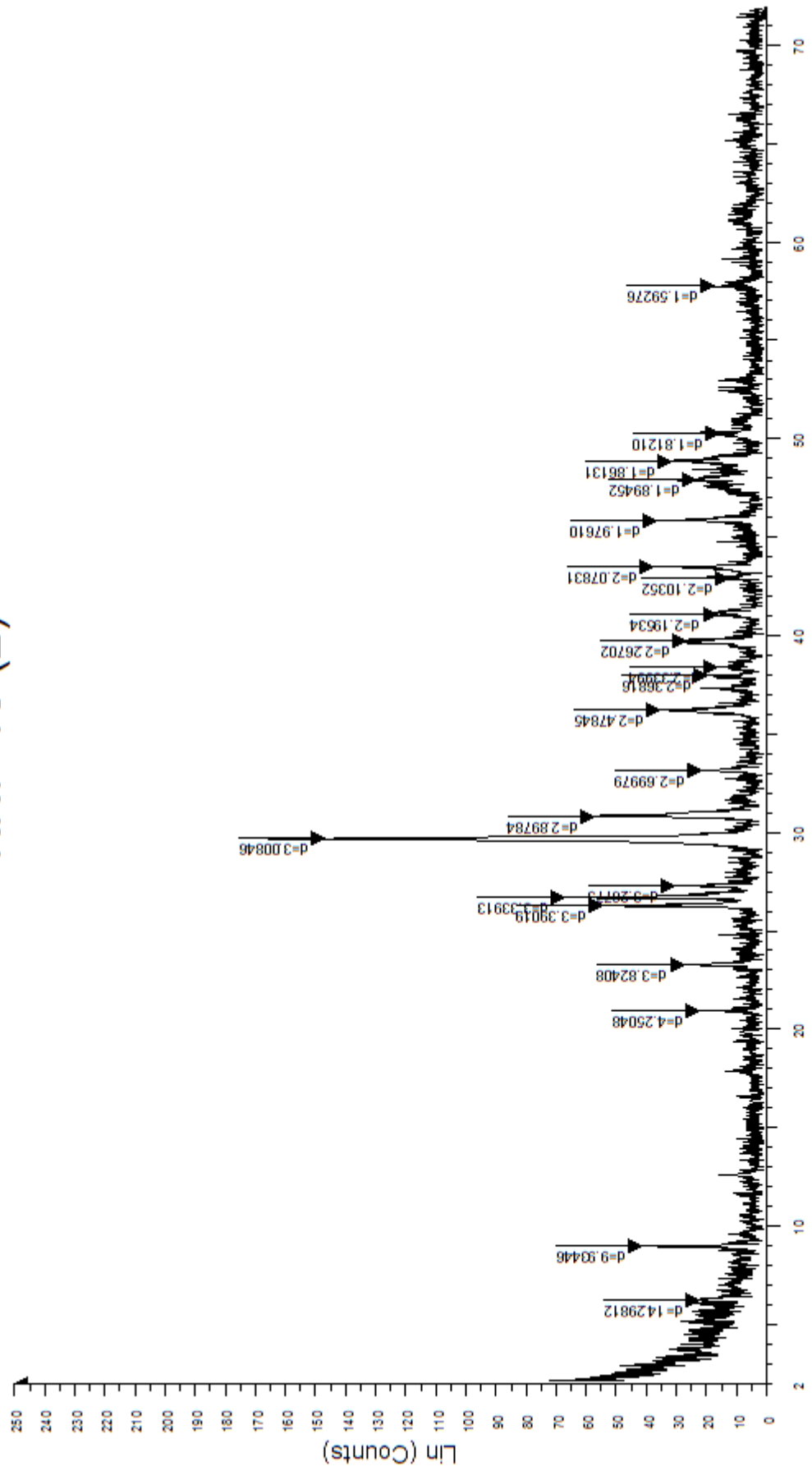
# KNP(12)



KNP(12) - File: KNP12.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 11 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Cht: 0.00  
Operations: Import

KNP 12 VS GL - File: KNP 12 VS GL.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 15.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 5 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000  
Operations: Y Scale Add 100 | Y Scale Add 100 | Import

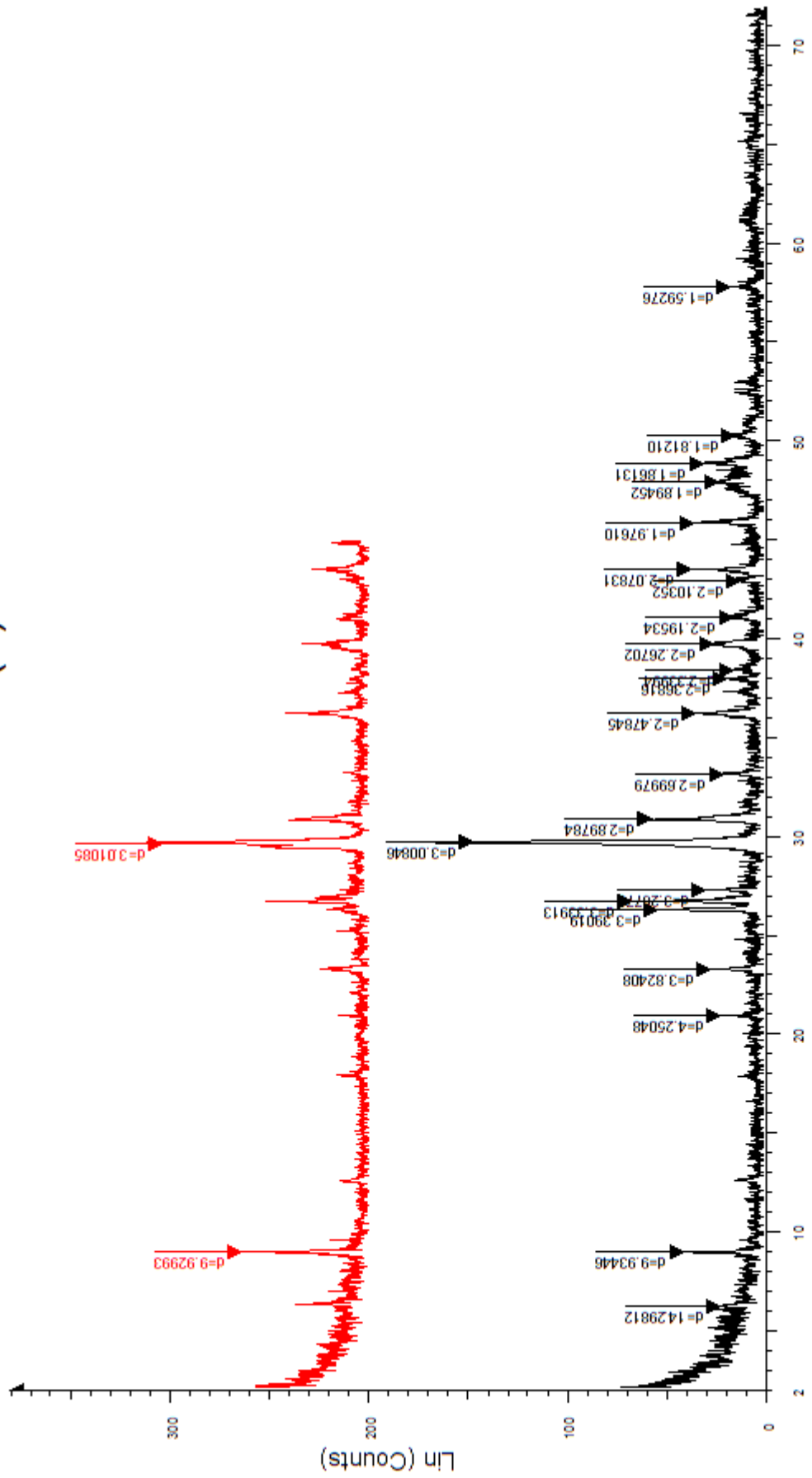
# KNP 13 (2)



2-Theta - Scale

KNP 13 (2) - File: KNP 13 (2).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Chi Operations: Import

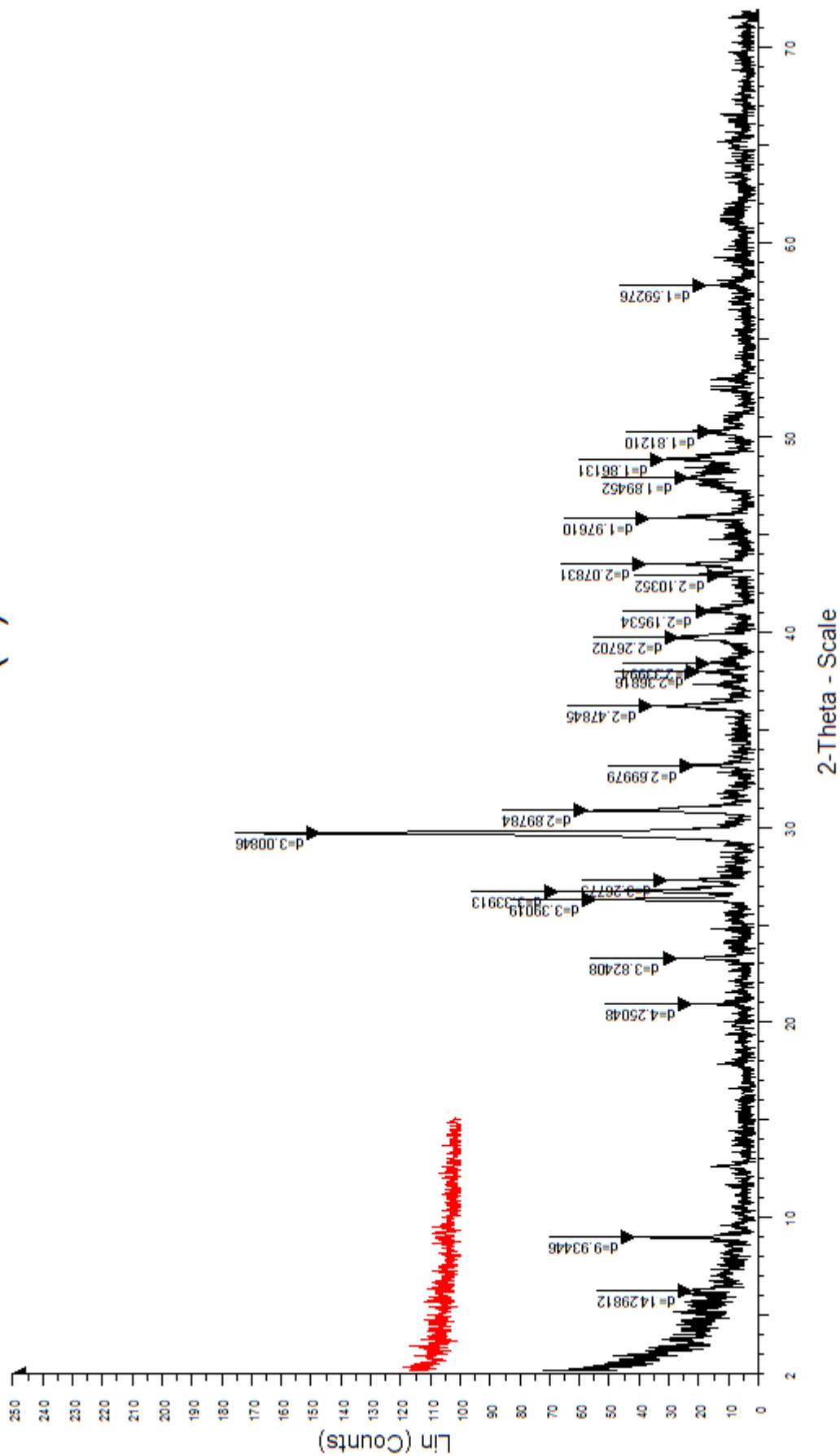
# KNP 13 (2)



## 2-Theta - Scale

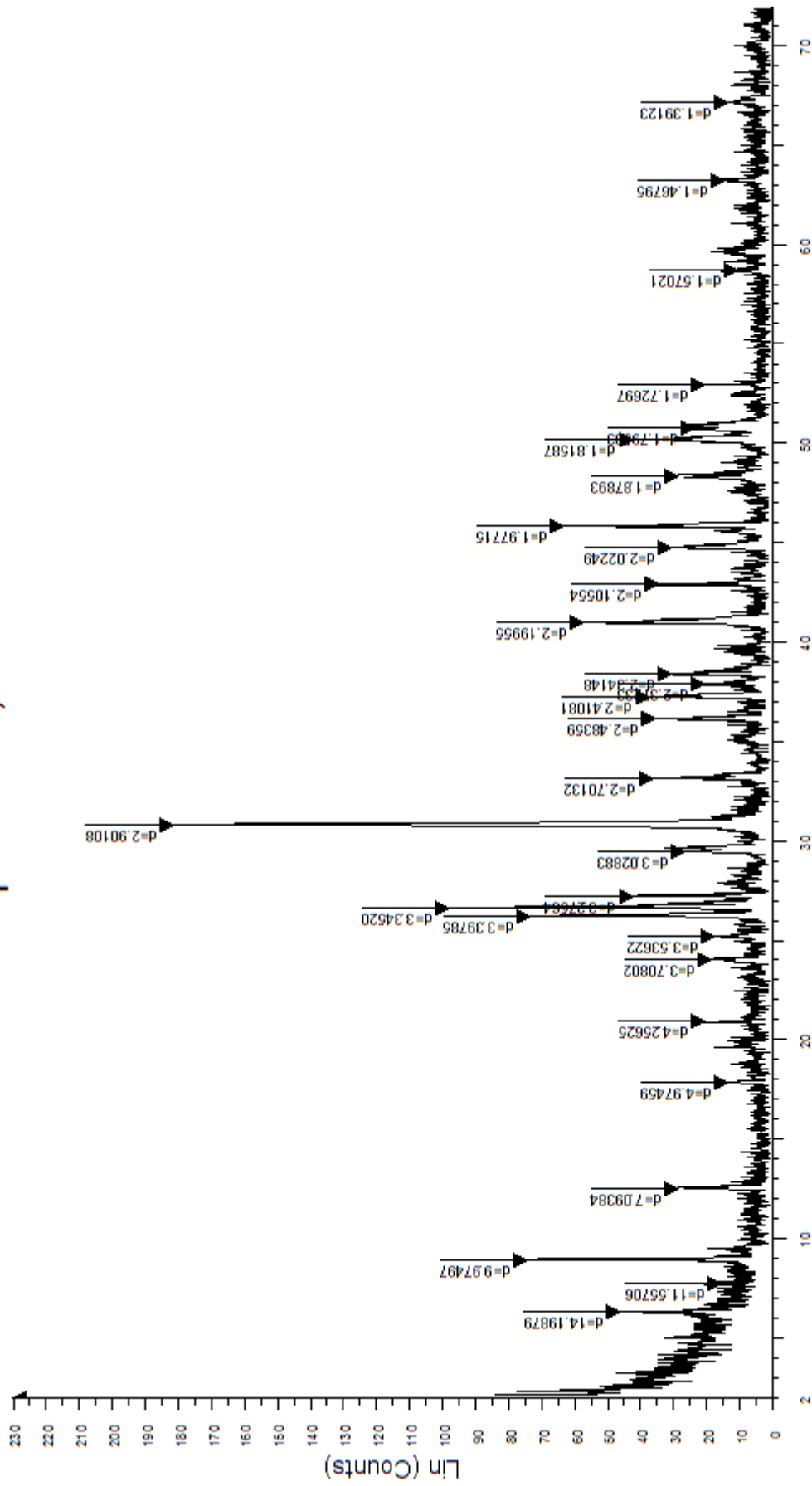
KNP 13 (2) - File: KNP 13 (2).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Chi: Operations: Import  
KNP 13 VS 5500C - File: KNP 13 VS 5500C.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 45.000 ° - Step: 0.020 ° - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 10 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: Operations: Y Scale Add -70 | Y Scale Add -100 | Y Scale Add -80 | Y Scale Add 180 | Y Scale Add 120 | Y Scale Add 150 |

# KNP 13 (2)



KNP 13 (2) - File: KNP 13 (2).raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Chi: 0.000 °  
 Operations: Import  
 KNP 13 VS GL - File: KNP 13 VS GL.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 15.000 ° - Step: 0.020 ° - Step time: 1. s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 5 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 °  
 Operations: Y Scale Add 100 | Import

# knp14 242,84-243



2-Theta - Scale

File: knp14 242,84-243 - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.000 ° - End: 72.000 ° - Step: 0.020 ° - Temp: 25 °C (Room) - Time Stated: 14 s - 2-Theta: 2.000 ° - Theta: 1.000 ° - Operations: Import