

# **ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΕΑΕΚ ΙΙ – ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ Ι**

## **ΜΕΤΡΟ 2.6 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ**

**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ : «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ - ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ -ΕΝΙΣΧΥΣΗ  
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΣΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ (ΕΕΟΠ) -  
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ»**

Κωδικός Υποέργου: Περιβάλλον 22

### **ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**

**«Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ  
ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΚΡΕΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΟΡΝΙΘΙΩΝ, ΑΠΟ ΤΗΝ  
ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΕΝΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΖΕΟΛΙΘΟΥ ΣΤΟ ΣΙΤΗΡΕΣΙΟ  
ΚΑΙ ΣΤΗ ΣΤΡΩΜΝΗ»**

**Επιστημονικός Υπεύθυνος: Ξάνθιππος Ν. Καραμανλής**

**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗ  
ΣΧΟΛΗ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2006

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα ερευνητική εργασία χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων στα πλαίσια του Προγράμματος: ΕΠΕΑΕΚ ΙΙ «Πυθαγόρας Ι - Περιβάλλον - Ενίσχυση Ερευνητικών Ομάδων στο Πανεπιστήμιο (ΕΕΟΠ) - Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης».

Ευχαριστούμε τους πτηνοτρόφους κ.κ. Γεώργιο Στροίκο, Κατάκαλο Στροίκο και Μανώλη Στροίκο τόσο για την παραχώρηση του πτηνοτροφείου τους στην περιοχή Γαλάτιστας Χαλκιδικής, προκειμένου να υλοποιηθεί το πειραματικό τμήμα της έρευνας, όσο και για την αμέριστη συμπαράσταση και την καθημερινή πρακτική τους ενασχόληση με τον πειραματισμό.

Ευχαριστούμε επίσης τον κ. Παύλο Γεωργιάδη και την κα Σοφία Πογαρίδου από την Επιτροπή Ερευνών του Α.Π.Θ. για τη διαρκή βοήθειά τους σε ό,τι αφορά τα θέματα Διοικητικής υποστήριξης για την υλοποίηση του προγράμματος.

## **ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ**

Η ερευνητική ομάδα αποτελείται από τα παρακάτω μέλη:

### Επιστημονικός Υπεύθυνος:

**Καραμανλής Ξάνθιππος**, επίκουρος καθηγητής του Τομέα Ζωικής Παραγωγής, Ιχθυολογίας, Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήματος Κτηνιατρικής Α.Π.Θ., με γνωστικό αντικείμενο «Οικολογία και Προστασία Περιβάλλοντος».

### Μέλη:

**Φορτομάρης Πασχάλης**, λέκτορας του Τομέα Ζωικής Παραγωγής, Ιχθυολογίας, Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήματος Κτηνιατρικής Α.Π.Θ., με γνωστικό αντικείμενο «Ζωική Παραγωγή».

**Αρσένος Γεώργιος**, επίκουρος καθηγητής του Τομέα Ζωικής Παραγωγής, Ιχθυολογίας, Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήματος Κτηνιατρικής Α.Π.Θ., με γνωστικό αντικείμενο «Ζωική Παραγωγή».

**Καμαριανός Αθανάσιος**, αναπληρωτής καθηγητής του Τομέα Ζωικής Παραγωγής, Ιχθυολογίας, Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήματος Κτηνιατρικής Α.Π.Θ., Δ/ντής του Εργαστηρίου Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, με γνωστικό αντικείμενο «Οικολογία και Προστασία Περιβάλλοντος».

**Μπάτζιος Χρήστος**, καθηγητής του Τομέα Ζωικής Παραγωγής, Ιχθυολογίας, Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήματος Κτηνιατρικής Α.Π.Θ., Δ/ντής του Εργαστηρίου Οικονομίας Ζωικής Παραγωγής, με γνωστικό αντικείμενο «Οικονομία Ζωικής Παραγωγής και Εφαρμοσμένη Στατιστική».

**Φιλιππίδης Ανέστης**, καθηγητής του Τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ.

**Καντηράνης Νικόλαος**, Δρ. Γεωλόγος, συνεργάτης του Εργαστηρίου Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ.

**Squires Clare**, Δρ. χημικός, συνεργάτης του Εργαστηρίου Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ.

**Δρακούλης Αλέξανδρος**, γεωλόγος, συνεργάτης του Εργαστηρίου Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ.

**Παπαϊωάννου Δημήτρης**, Δρ. κτηνίατρος, Διδάκτορας Τμήματος Κτηνιατρικής, Α.Π.Θ. (Μεταδιδάκτορας Ερευνητής).

**Δόσης Ιωάννης**, Χημικός, συνεργάτης του Εργαστηρίου Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήμα Κτηνιατρικής, Α.Π.Θ..

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	4
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ</b> .....	5
<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ</b> .....	12
ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	13
<b>ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ</b> .....	17
<b>ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b> .....	17
1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΖΕΟΛΙΘΟΥ .....	17
2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟ-ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΚΡΕΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΟΡΝΙΘΙΩΝ.....	17
2α. Α΄ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	
2β. Β΄ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	19
ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ – ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	19
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	21
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b> .....	23
1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΖΕΟΛΙΘΟΥ.....	23
2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟ-ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΚΡΕΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΟΡΝΙΘΙΩΝ.....	26
2.1. Α΄ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	26
2.1.α. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.....	27
2.1.β. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΚΡΕΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΟΡΝΙΘΙΩΝ.....	29
2.2 Β΄ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ.....	29
2.2.α. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.....	30
2.2.β. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΚΡΕΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΟΡΝΙΘΙΩΝ.....	31
<b>ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</b> .....	32
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	38
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b> .....	45

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στην εκτροφή των κρεοπαραγωγών ορνιθίων είναι οι υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας στους θαλάμους εκτροφής τους με δυσμενείς επιπτώσεις για την υγεία και τις αποδόσεις των πτηνών, αλλά και γενικότερα για το ευρύτερο περιβάλλον. Η αμμωνία που παράγεται στους χώρους εκτροφής προέρχεται από την αποδόμηση του ουρικού οξέος και των άπεπτων πρωτεϊνών και εξαρτάται από τις συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και pH (Groot Koerkamp P.W.G., 1994). Ήδη σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες αναπτύσσεται Νομοθεσία για τον περιορισμό των εκπομπών αμμωνίας από τις κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις.

Τελευταία, υπάρχει έντονο ενδιαφέρον για την εφαρμογή και τη χρήση των διαφόρων τύπων φυσικών ζεόλιθων στην εκτροφή των πτηνών. Η προσθήκη ζεόλιθου στο σιτηρέσιο των πτηνών φαίνεται ότι έχει ευεργετική επίδραση στις αποδόσεις τους γεγονός που αποδίδεται στις διάφορες φυσικοχημικές ιδιότητες του ζεόλιθου χωρίς όμως να διευκρινίζεται ο ακριβής μηχανισμός δράσης. Εξαιτίας αυτού, πολλές φορές τα αποτελέσματα πειραματισμών που διενεργήθηκαν ήταν αντιφατικά γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στη χρήση φυσικών υλικών που δεν πληρούν τον όρο του φυσικού ζεόλιθου που περιγράφεται παρακάτω.

Η αποτελεσματικότητα της χρήσης φυσικών ζεόλιθων στην εκτροφή των πτηνών εξαρτάται από τον τύπο του ζεόλιθου, την ορυκτοχημεία του, από την ορυκτολογική και χημική σύσταση του φυσικού ζεόλιθου και τις φυσικοχημικές ιδιότητες του ζεόλιθου και του ζεολιθοφόρου πετρώματος. Μεταξύ αυτών περιγράφεται και η ικανότητα δέσμευσης της αμμωνίας, γεγονός που προκαλεί ενδιαφέρον ως προς τη μείωση των εκπομπών της από τους θαλάμους εκτροφής αλλά και ως προς τη σύσταση και τη ρυπαντική ισχύ των αποβλήτων των πτηνοτροφικών εγκαταστάσεων.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία πέτρωμα που περιέχει αργιλικά ορυκτά και κλινοπτιλόλιθο (ένα είδος ζεόλιθου) έχει επίσημα εγκριθεί στα πλαίσια της Ε.Ε. ως συνδετική και αντισυσσωματική πρόσθετη ύλη στην τροφή των πτηνών, στη μέγιστη επιτρεπόμενη δόση των 20g/kg τελικού μείγματος τροφής (Commission Regulation No 1245/1999) και όχι για τη βελτίωση των αποδόσεών τους. Με τον όρο «φυσικός ζεόλιθος» εννοείται το πέτρωμα εκείνο που περιέχει πάνω από 60% ζεόλιθο και μικρές ποσότητες αργιλικών και αργιλοπυριτικών ορυκτών. Οι φυσικοί ζεόλιθοι, ανάλογα με

την ορυκτολογική, ορυκτοχημική και χημική τους σύσταση, παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις στις φυσικοχημικές ιδιότητές τους.

Είναι προφανές ότι η παραπάνω αξιολόγηση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των ζεολιθοφόρων πετρωμάτων στην Ελλάδα δημιουργεί νέα δεδομένα για τις δυνατότητες αξιοποίησής τους.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

### **ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΖΕΟΛΙΘΟΥΣ**

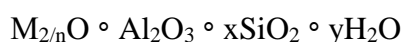
Οι ζεόλιθοι αποτελούν μια μεγάλη ομάδα ένυδρων υδροξυλιο-αργιλιο-τεκτοπυριτικών ορυκτών των αλκαλίων και αλκαλικών γαιών. Ανακαλύφθηκαν το 1756 από το Σουηδό ορυκτολόγο Freiherr Axel Fredrick Cronstedt, στον οποίο αποδίδεται και η ονομασία τους. Ετυμολογικά, η λέξη «ζεόλιθος» (“zeolite”) προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις “ζέω” και “λίθος”, λόγω της ιδιάζουσας αναβράζουσας εμφάνισης του ορυκτού κατά την αποβολή νερού, όταν υφίσταται θέρμανση (*Mumpton και Fishman 1977*).

Οι ζεόλιθοι είναι δευτερογενή υλικά που προήλθαν από εξαλλοίωση διάφορων αργιλιο-πυριτικών ορυκτών (*Τσιραμπίδης 1996*). Οι αποθέσεις των φυσικών ζεόλιθων προέρχονται στην πλειονότητά τους από εξαλλοίωση ηφαιστειακών υλικών κατά την επίδραση υδατικών διαλυμάτων. Ο σχηματισμός τους ευνοείται σε αλκαλικό περιβάλλον ( $\text{pH} > 8$ ), αφού η διαλυτότητα των πυριτικών αλάτων αυξάνει σε υψηλές τιμές pH, ενώ παράλληλα απαιτείται η άφθονη παρουσία ασβεστίου (Ca), νατρίου (Na) και καλίου (K) που αποτελούν βασικά στοιχεία της δομής τους (*Hawkins 1984*). Μάλιστα, η συγκέντρωση των ιόντων  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  και  $\text{K}^+$ , καθώς και των ιόντων  $\text{H}^+$  και του  $\text{SiO}_2$  στα υδάτινα διαλύματα, είναι καθοριστικός παράγοντας του είδους του ζεόλιθου που θα σχηματιστεί (*Τσιραμπίδης 1996*).

Η εξόρυξη και η εκμετάλλευση των φυσικών ζεόλιθων εντατικοποιήθηκαν σε παγκόσμια κλίμακα από τα τέλη της δεκαετίας του '50. Η αφθονία τους, η υψηλή περιεκτικότητα των αποθέσεων σε ορυκτό και η ανεύρεση εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων σε μικρό βάθος, προσέδωσαν στους φυσικούς ζεόλιθους τεράστιο εμπορικό ενδιαφέρον, οδηγώντας στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στον τομέα των εφαρμογών τους. Αν και έχουν αναγνωριστεί σχεδόν 50 διαφορετικά είδη φυσικών ζεόλιθων και έχουν δημιουργηθεί περισσότερα από 100 είδη συνθετικών ζεόλιθων, το κοιτασματολογικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται στους ιζηματογενείς σχηματισμούς

που περιέχουν τα είδη: κλινοπιλόλιθο, χιουλανδίτη, μορντενίτη, ανάλκιμο, χαμπαζίτη, νατρόλιθο και φιλλιψίτη (Hawkins 1984, Φιλιππίδης 1996). Η επιλογή των εφαρμογών για τις οποίες προορίζεται το κάθε είδος ζεόλιθου καθορίζεται από τις θεμελιώδεις φυσικο-χημικές του ιδιότητες, οι οποίες με τη σειρά τους σχετίζονται άμεσα με τη χαρακτηριστική κρυσταλλική του δομή και τη χημική του σύσταση (Mumpton και Fishman 1977).

Τα κοιτάσματα των φυσικών ζεόλιθων δεν έχουν 100% περιεκτικότητα σε ορυκτό. Η ορυκτολογική ανάλυση των ζεολιθοφόρων αποθέσεων αποδεικνύει ότι συνυπάρχουν και άλλα υλικά σε διάφορες συγκεντρώσεις, όπως αδρανής ηφαιστειακή ύαλος, άργιλοι, χαλαζίας, άστριοι κ.α. (Sheppard 1984). Το τρισδιάστατο κρυσταλλικό πλέγμα των ζεόλιθων αποτελείται από τετράεδρα  $\text{SiO}_4^{4-}$ , διατεταγμένα στο χώρο με τέτοιο τρόπο, ώστε τα άτομα οξυγόνου που καταλαμβάνουν τις γωνίες του κάθε τετράεδρου να διατίθενται ταυτόχρονα και στα γειτονικά τετράεδρα. Με τη διάταξη αυτή η αναλογία οξυγόνο:πυρίτιο μειώνεται στο 2:1. Στην πραγματικότητα, ωστόσο, ορισμένα τετρασθενή ιόντα Si αντικαθίστανται από τρισθενή Al, με αποτέλεσμα το κρυσταλλικό πλέγμα να φορτίζεται αρνητικά. Η ισορροπία αποκαθίσταται με την παρουσία διάφορων μονοσθενών και δισθενών μεταλλικών ιόντων και κυρίως των ιόντων  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  και  $\text{Mg}^{2+}$  (Mumpton και Fishman 1977). Ο εμπειρικός τύπος του ζεόλιθου είναι ο εξής:



**M** είναι το αλκάλιο ή η αλκαλική γαία που περιέχεται στη δομή του πλέγματος,

**n** είναι το σθένος του

**x** αντιπροσωπεύει έναν αριθμό από το 2 έως το 10 και

**y** έναν αριθμό από το 2 έως το 8

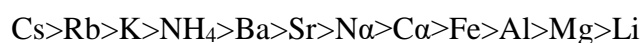
Εκτός από τα δομικά κατιόντα ( $\text{Si}^{4+}$  και  $\text{Al}^{3+}$ ), τα υπόλοιπα μεταλλικά στοιχεία βρίσκονται στο πλέγμα ως ελεύθερα κατιόντα και κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορούν να ανταλλάσσονται με κατιόντα του περιβάλλοντος, χωρίς ουσιαστική αλλοίωση της δομής (Hawkins 1984).

Επίσης, χαρακτηριστικό γνώρισμα των ζεόλιθων είναι το γεγονός ότι τα κενά στο εσωτερικό του πλέγματος, λόγω του εξαιρετικά υδρόφιλου περιβάλλοντος, είναι γεμάτα από χαλαρά συνδεδεμένα μόρια νερού που περιβάλλουν τα ελεύθερα (ή ανταλλάξιμα) κατιόντα. Η ποσότητα του “ζεολιθικού ύδατος” κυμαίνεται από 10 έως 20% του αφυδατωμένου μέλους. Κατά τη θέρμανση, το νερό ζέει και αποβάλλεται,

χωρίς ωστόσο να καταστρέφεται το κρυσταλλικό πλέγμα του ζεόλιθου, ενώ με σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας σε θερμοκρασία δωματίου, το νερό μπορεί να επαναπροσληφθεί (Flanigen 1984, Τσιραμπίδης 1996).

Μία από τις κυριότερες ιδιότητες των ζεόλιθων είναι η ικανότητά τους να προσροφούν και να δεσμεύουν μεγαλομοριακές ενώσεις στις κοιλότητές τους. Οι παράγοντες που καθορίζουν την προσροφητική ικανότητα (adsorption) περιλαμβάνουν το διαμέτρημα των αγωγών και των κοιλοτήτων, το είδος, τη συγκέντρωση και τις θέσεις κατάληψης των μεταλλικών στοιχείων μέσα στο πλέγμα, το πορώδες και το βαθμό κρυσταλλικής συσσωμάτωσης (Flanigen 1984, Kantiranis και συν. 2002, Kassoli – Fournaraki και συν. 2002).

Ο κλινοπτιλόλιθος εμφανίζει εκλεκτικότητα στα μεγάλου μεγέθους ιόντα και σύμφωνα με τον Ames (1960) η σειρά με την οποία εκφράζεται αυτή η εκλεκτικότητα είναι η ακόλουθη:



Η γνώση της σύστασης του ζεολιθικού υλικού, η οποία εξαρτάται από τις γεωλογικές συνθήκες γένεσής του, είναι απαραίτητη διότι καθορίζει την επιδεκτικότητα που παρουσιάζεται κατά την ιοντοανταλλαγή.

## **ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΖΕΟΛΙΘΩΝ**

Οι φυσικοί ζεόλιθοι έχουν βρει εφαρμογή σε πολλά πεδία της βιομηχανικής παραγωγής. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η χρήση τους στην παραγωγή ανθεκτικών δομικών υλικών, στη βιομηχανία απορρυπαντικών (ως αντικαταστάτες των φωσφορικών ενώσεων), στην παραγωγή χαρτιού (ως υλικά πλήρωσης σε αντικατάσταση των αργίλων), στη βιομηχανία καταλυτών και στην παραγωγή αποξηραντικών και απορροφητικών υλικών (Φιλιππίδης 1996, Mumpton 1999).

Ζεολιθικά υλικά έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για τη δέσμευση ραδιενεργών ισοτόπων (π.χ.  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) κατά την επεξεργασία πυρηνικών αποβλήτων και για την κατεργασία αστικών, βιομηχανικών και αγροτικών λυμάτων, με στόχο τη συγκράτηση ιχνοστοιχείων και βαρέων μετάλλων (Vdovina και συν. 1976, Liberti και συν. 1981, Baumann και συν. 1981, Tarasevich 1988, Giesecke 1999, Faghihian και συν. 1999). Προς την ίδια κατεύθυνση και εκμεταλλευόμενοι την ιδιότητα της ιοντοανταλλαγής, πολλοί ερευνητές χρησιμοποίησαν φυσικούς ζεόλιθους για τη δέσμευση ραδιενεργών νουκλιδίων και βαρέων μετάλλων από το έδαφος διάφορων καλλιεργειών (Shenber και Johanson 1992, Chlopecka και Andriano 1997, Haidouti



1997). Επιπλέον, είναι αποδεδειγμένη η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών, καθώς και η αναβάθμιση των φυσικών ιδιοτήτων των εδαφών από τη χρήση των φυσικών ζεόλιθων και ιδιαίτερα του κλινοπιλόλιθου (*Torii 1978, Hershey 1980, Barbarick και Pirela 1984, Mumpton 1999*).

Οι φυσικοί ζεόλιθοι βρίσκουν επίσης εφαρμογή στον τομέα των ιχθυοκαλλιεργειών. Η ιοντοανταλλακτική τους ικανότητα έχει αξιοποιηθεί από πολλούς ερευνητές για την απομάκρυνση των  $\text{NH}_4^+$  από το κλειστό κύκλωμα νερού των ιχθυοκαλλιεργειών (*Klieve και Semmens 1980, Piper και Smith 1984*), τη δέσμευση βαρέων μετάλλων, όπως του μολύβδου (*Jain 1999*) και για την παραγωγή οξυγονούχων ρευμάτων στα ενυδρεία και στους περιέκτες μεταφοράς ζωντανών ψαριών (*Mumpton 1999*).

Τέλος, στη συνοπτική αυτή αναφορά των χρήσεων των φυσικών ζεόλιθων θα πρέπει να συμπεριληφθούν και οι εφαρμογές τους στην ιατρική επιστήμη. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η χρήση τους σε υλικά στίλβωσης των δοντιών (*Kato και συν. 1970*), στην παραγωγή οδοντιατρικών εμφρακτικών υλικών (*Matsuura και συν. 1997, Kawahara και συν. 2000*), στο διαχωρισμό του αμμωνιακού αζώτου στα υγρά αιμοδιάλυσης (*Andersson και συν. 1975*) και στην παρασκευή αντι-διαρροϊκών θεραπευτικών ιδιοσκευασμάτων (*Rodriguez-Fuentes και συν. 1997*).

## **Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΖΕΟΛΙΘΩΝ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΖΩΩΝ**

Οι πρώτες αναφορές σχετικά με τη χρήση των ζεόλιθων ως προσθετικών στις ζωοτροφές εντοπίζονται στα μέσα της δεκαετίας του '60. Έκτοτε έχει διεξαχθεί μεγάλος αριθμός πειραματισμών προκειμένου να αποσαφηνιστεί ο ρόλος των φυσικών και συνθετικών ζεόλιθων στη διατροφή των παραγωγικών ζώων και να διευκρινιστεί ο ακριβής τρόπος δράσης που οδηγεί σε αύξηση των αποδόσεων και σε αντιμετώπιση ή περιορισμό ορισμένων παθολογικών καταστάσεων. Τα αποτελέσματα των πειραματισμών αυτών ήταν πολλές φορές αντικρουόμενα και οδήγησαν σε αντιφατικά συμπεράσματα σχετικά με την ευεργετική ή μη επίδραση των χρησιμοποιούμενων ζεόλιθων. Ωστόσο, όπως ήδη αναφέρθηκε, ο κλινοπιλόλιθος έχει επίσημα εγκριθεί στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης για χρήση ως συνδετική και αντισυσσωματική πρόσθετη ύλη στην τροφή των χοίρων, των κονίκλων και των πτηνών, στη μέγιστη επιτρεπόμενη δόση των 20 g/kg τελικού μείγματος τροφής, σύμφωνα με την οδηγία 70/524/ΕΟΚ και τις μετέπειτα τροποποιήσεις της (*Commission Regulation No1245/1999*).

## ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΩΝ ΖΩΩΝ

Αν και δεν έχει διευκρινιστεί ο ακριβής τρόπος με τον οποίο δρουν οι ζεόλιθοι για να επιτευχθούν οι προαναφερόμενες ευεργετικές επιδράσεις, από πειραματικά δεδομένα προκύπτει (Παπαϊωάννου, 2002) ότι:

α) Δεσμεύουν την αμμωνία που παράγεται από τη δράση της μικροβιακής χλωρίδας του γαστρεντερικού σωλήνα των ζώων.

β) Περιορίζουν την απορρόφηση από τον εντερικό βλεννογόνο των πτητικών φαινολικών και αρωματικών μεταβολιτών που προκύπτουν από τη δράση της μικροβιακής χλωρίδας του γαστρεντερικού σωλήνα των ζώων.

γ) Επιβραδύνουν το ρυθμό διόδου του εντερικού περιεχομένου

δ) Προάγουν την ενζυμική δραστηριότητα στο λεπτό έντερο των ζώων.

Φαίνεται, λοιπόν, ότι η παρουσία των ζεόλιθων καθιστά το περιβάλλον του γαστρεντερικού σωλήνα των ζώων ευνοϊκότερο για την αξιοποίηση της χορηγούμενης τροφής. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν και οι *Yannakopoulos και συν. (1998)*, ερμηνεύοντας τα αποτελέσματα έρευνάς τους, που αποδεικνύει ότι η προσθήκη κλινοπτιλόλιθου στην τροφή των αυγοπαραγωγών ορνίθων οδηγεί σε αύξηση του βάρους του λευκώματος των παραγόμενων αυγών.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα που επιτυγχάνονται με την προσθήκη των ζεόλιθων στην τροφή των παραγωγικών ζώων δεν είναι πάντοτε σταθερά, και από αρκετούς ερευνητές αμφισβητείται η ευεργετική επίδραση των εν λόγω πρόσθετων υλών στις αποδόσεις των ζώων. Κατά τους *Pond και συν. (1988)*, ένας από τους βασικότερους παράγοντες που καθορίζει την επίδραση των ζεόλιθων στις αποδόσεις των ζώων είναι το ποσοστό με το οποίο τα εν λόγω ορυκτά συμμετέχουν στα σιτηρέσια. Πράγματι, τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούνται αντικαθιστώντας ανάλογη ποσότητα δημητριακών καρπών, με αποτέλεσμα την ενεργειακή υποβάθμιση των σιτηρεσίων που χορηγούνται στα ζώα, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που το ποσοστό συμμετοχής τους σε αυτά είναι υψηλό. Τέλος, στους παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της χρήσης των ζεόλιθων ως πρόσθετων υλών των ζωοτροφών, συμπεριλαμβάνονται το μέγεθος των σωματιδίων που προκύπτει από την κατεργασία τους και η ιοντοανταλλακτική τους ικανότητα (*Pond και συν. 1988*).

Επιπλέον, η χρήση των ζεόλιθων στη διατροφή των ζώων φέρεται να έχει ευεργετικά αποτελέσματα στην αντιμετώπιση και πρόληψη παθολογικών καταστάσεων, όπως η αντιμετώπιση διαρροϊκών καταστάσεων και των

μυκοτοξινώσεων, ενώ δε διαπιστώθηκαν επιβλαβείς επιπτώσεις στη συμπεριφορά και γενικά στην κατάσταση της υγείας των ζώων.

### **ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΖΕΟΛΙΘΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΖΩΩΝ.**

Η κόπρος των ζώων που λαμβάνουν με την τροφή τους φυσικό ζεόλιθο μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς πρόβλημα για τη λίπανση των εδαφών. Εξάλλου, σε αυτήν την περίπτωση, η παρουσία του φυσικού ζεόλιθου στην κόπρο είναι δυνατό να αυξήσει χρονικά τη λιπαντική ισχύ της, λειτουργώντας ως παράγοντας βραδείας απελευθέρωσης της δεσμευμένης αμμωνίας (*Miner 1984*).

Σημαντικά, εξάλλου, είναι τα αποτελέσματα που συνεπάγεται η χρήση των ζεόλιθων σε ό,τι αφορά τις συνθήκες του περιβάλλοντος στους θαλάμους των ζωοστασίων, αλλά και στην εκλυόμενη ποσότητα αμμωνίας από τους χώρους συλλογής των λυμάτων των τελευταίων. Οι ζεόλιθοι έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για τη μείωση της υγρασίας και των συγκεντρώσεων της  $\text{NH}_3$  και του  $\text{CO}_2$  στους θαλάμους των χοιροστασίων, όταν τοποθετούνται μέσα σε ειδικούς περιέκτες που αναρτώνται από την οροφή (*Stankov και Veizovic 1993*). Τέλος, η προσθήκη των ζεόλιθων στην πλήρη τροφή των αναπτυσσόμενων και παχυνόμενων χοίρων έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί, εκτός των άλλων, τη μείωση της συγκέντρωσης της αμμωνίας (σε αέρια κατάσταση) στους θαλάμους διαβίωσης των ζώων (*Barrington και El Moueddeb 1995, Kyriakis και συν. 2000*).

### **Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΖΕΟΛΙΘΩΝ ΣΤΗ ΠΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ**

Στη σύγχρονη, βιομηχανικού τύπου πτηνοτροφία η διαχείριση των αποβλήτων της αποτελεί σημαντικό πρόβλημα. Η περιεκτικότητα των αποβλήτων των ορνιθοτροφείων σε υγρασία και η ποιοτική τους σύνθεση καθορίζουν τους τρόπους χειρισμού, εναπόθεσης και πιθανής ορθολογικής διάθεσής τους στο περιβάλλον (*Francesch and Brufau, 2004, Kim και συν. 2006*). Με τον όρο «πτηνοτροφικά απόβλητα» συμπεριλαμβάνονται τα απεκκρίματα των πτηνών, υπολείμματα τροφής, πτερά και το υλικό της στρωμνής (άχυρο ή πριονίδια) (*Nahm, 2005a*). Στη βιβλιογραφία γίνεται αναφορά στο ρόλο της υγρασίας αλλά και της ποιοτικής σύνθεσης των αποβλήτων των πτηνοτροφείων και στο ρόλο των παραγόντων αυτών στην υγεία, στην ανάπτυξη και την ευζωία των κρεοπαραγωγών και ωοπαραγωγών ορνίθων καθώς και στα περιβαλλοντικά και διαχειριστικά προβλήματα που

δημιουργούν στη πτηνοτροφική βιομηχανία (*Blair και συν. 1999, Al-Homidan και συν. 2003*).

Στα πλαίσια της επίλυσης αυτών των προβλημάτων δίνεται έμφαση στη διατροφική προσέγγιση του θέματος προκειμένου να ελεγχθεί τόσο η υγρασία όσο και η ποιοτική σύνθεση των αποβλήτων (*Francesch and Brufau, 2004*) καθώς και στη χρήση χημικών πρόσθετων τόσο στην τροφή όσο και στη στρωμνή (*McCrorry and Hobbs, 2001, Nahm, 2005α*). Η αποτελεσματικότητα αυτών των μεθόδων συχνά προκαλεί διαφωνίες (*Nahm, 2005β*). Μεταξύ των διαφόρων προσθετικών που χρησιμοποιούνται προκειμένου να επιτευχθούν καλύτερα αποτελέσματα στην ανάπτυξη και στις αποδόσεις όχι μόνο της πτηνοτροφίας αλλά γενικότερα της κτηνοτροφίας συγκαταλέγεται και ο ζεόλιθος (*Mumpton and Fishman, 1977, Pond, 1988, Ramos and Hernandez, 1997, McCrorry and Hobbs, 2001*).

Στη περίπτωση της πτηνοτροφίας, ειδικότερα, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον πάνω στη χρήση φυσικών ζεόλιθων προκειμένου να επιτευχθεί μείωση των εκπομπών αμμωνίας καθώς και των οσμών (*Amon και συν. 1997; McCrorry and Hobbs, 2001*). Οι έρευνες αφορούν τόσο στη χρήση του ζεόλιθου ως προσθετικού στην τροφή (*Tserveni-Gousi και συν. 1995, Yannakopoulos και συν. 1995, Tserveni-Gousi και συν. 1997, Christaki και συν. 2001; Suchy, και συν. 2006*) όσο και στη προσθήκη του στο υλικό της στρωμνής (*Ullman και συν. 2004; Eleroglu and Yalcin, 2005*). Παρόλα αυτά υπάρχει λίγη σχετικά πληροφόρηση για τη συνδυασμένη προσθήκη του κλινοπιλόλιθου τόσο στην τροφή όσο και στη στρωμνή των κρεοπαραγωγών ορνιθίων.

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στόχοι της προτεινόμενης έρευνας ήταν αφενός η μελέτη της ποιότητας του μικροπεριβάλλοντος εκτροφής και αφετέρου των αποδόσεων κρεοπαραγωγών ορνιθίων μετά από την ενσωμάτωση ελληνικού φυσικού ζεόλιθου στην τροφή και τη στρωμνή τους.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις ομοειδείς θάλαμοι εκτροφής κρεοπαραγωγών ορνιθίων, ανοικτού τύπου. Ο θάλαμος I χρησιμοποιήθηκε ως θάλαμος αναφοράς, ο θάλαμος II με προσθήκη ζεόλιθου μόνο στην τροφή, ο θάλαμος III με προσθήκη ζεόλιθου μόνο στη στρωμνή και ο θάλαμος IV με προσθήκη ζεόλιθου τόσο στην τροφή όσο και στη στρωμνή. Οι παράμετροι που εκτιμήθηκαν ήταν: η υγρασία, η θερμοκρασία και οι συγκεντρώσεις της αμμωνίας στην ατμόσφαιρα του θαλάμου καθώς και η υγρασία, οι συγκεντρώσεις αμμωνίας, ολικού οργανικού αζώτου, ολικών και πτητικών στερεών, τέφρας και B.O.D.<sub>5</sub> στη στρωμνή. Συγχρόνως μελετήθηκαν οι αποδόσεις των ορνιθίων (αύξηση, δείκτης μετατρεψιμότητας τροφής, θνησιμότητα, κλπ.) μετά την ενσωμάτωση διαφορετικών συγκεντρώσεων φυσικού ζεόλιθου καθώς και το συνολικό ρυπαντικό φορτίο (ρυπαντική ισχύς) των αποβλήτων που απορρέει στο περιβάλλον μετά από κάθε κύκλο εκτροφής και για κάθε διαφορετική μεταχείριση.

Η πρωτοτυπία του ερευνητικού έργου συνίσταται στον προσδιορισμό της δεσμευτικής ικανότητας Ελληνικού φυσικού ζεόλιθου ως προς την αμμωνία και της επίδρασης του στην ποιότητα του περιβάλλοντος κάτω από εμπορικές συνθήκες εκτροφής κρεοπαραγωγών ορνιθίων.

Επιπλέον, αντικείμενο του προγράμματος, το οποίο εντάσσεται στα πλαίσια της βασικής έρευνας, ήταν η χρησιμοποίηση των Ελληνικών φυσικών ζεόλιθων (που πληρούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για τη χρήση τους ως προσθετικό διατροφής των ζώων) στη διατροφή των κρεοπαραγωγών ορνιθίων αλλά και ως υλικό στρωμνής στους χώρους της εκτροφής τους (δάπεδο με βαθιά στρωμνή).

Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου συλλέχθηκαν τα απαραίτητα δείγματα ζεολιθοφόρων πετρωμάτων, αξιολογήθηκαν με σύγχρονο μηχανολογικό εξοπλισμό και προχωρημένες αναλυτικές μεθόδους και συνδυάστηκαν ώστε να επιτευχθούν, μέσα από την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος αξιολόγησης, οι ακόλουθοι στόχοι:

- Καθορισμός του είδους του ζεόλιθου και της χημείας του, της ορυκτολογικής και χημικής σύστασης των ζεολιθοφόρων κοιτασμάτων της Ελλάδας καθώς και προσδιορισμός των φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους.

- Δυνατότητα αξιοποίησής τους από τις διάφορες πτηνοτροφικές επιχειρήσεις στην εκτροφή των κρεοπαραγωγών ορνιθίων.

Τα στοιχεία αυτά θα χρησιμοποιηθούν ως βάση για να καταστρωθεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα παροχής τεχνογνωσίας προς άλλους ερευνητικούς φορείς καθώς και στις βιομηχανίες.

## **ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ**

Πριν από την έναρξη του πειραματισμού δημιουργήθηκε και κατατέθηκε ως «παραδοτέο» στην Επιτροπή Ερευνών του Α.Π.Θ. το παρακάτω πρωτόκολλο πειραματισμού σύμφωνα με το οποίο διενεργήθηκε η έρευνα. Στο πρωτόκολλο πειραματισμού περιγράφεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του ερευνητικού προγράμματος. Η λεπτομερής περιγραφή των υλικών και μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν περιγράφονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο του πειραματισμού υπό τον τίτλο «Υλικά και μέθοδοι».

### **1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΖΕΟΛΙΘΟΥ**

Η διερεύνηση της ορυκτολογικής και χημικής σύστασης καθώς και των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των ελληνικών ζεολιθοφόρων πετρωμάτων ήταν το αντικείμενο της μελέτης που υλοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος από την ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Κοιτασματολογίας του Τομέα Ορυκτολογίας - Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ..

Το σύνολο αυτών των ιδιοτήτων θα αποτελέσει τη βάση για μια σειρά νέων πιθανών χρήσεων των Ελληνικών φυσικών ζεόλιθων και η σημαντικότητα του καθενός χωριστά θα διευκρινιστεί μέσα από χρήση σύγχρονων αναλυτικών μεθόδων.

Χαρακτηριστικά διενεργήθηκαν:

α) Δειγματοληψίες από το ζεολιθοφόρο κοίτασμα της περιοχής Έβρου που δείχνει να παρουσιάζει οικονομικό ενδιαφέρον από πλευράς αποθεμάτων και κατάλληλων φυσικοχημικών χαρακτηριστικών χρήσης στην εκτροφή των κρεοπαραγωγών ορνιθίων.

β) Προσδιορισμός της ορυκτολογικής και χημικής σύστασης κάθε δείγματος χρησιμοποιώντας σύγχρονες αναλυτικές μεθόδους

γ) Προσδιορισμός της ορυκτοχημικής σύστασης (ορυκτοχημεία) των ζεόλιθων και

δ) Προσδιορισμός της δεσμευτικής ικανότητας των ζεολιθοφόρων πετρωμάτων.

Η μελέτη αυτή θα παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα των ελληνικών ζεολιθοφόρων πετρωμάτων, αναφορικά με τη θέση εμφάνισής τους και τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες. Αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή των δειγμάτων προσδιορίστηκε, στο Εργαστήριο, η ορυκτολογική και χημική σύσταση, η ορυκτοχημεία των ζεόλιθων και η δεσμευτική ικανότητα των ζεολιθοφόρων φυσικών υλικών με τις μεθόδους που αναφέρονται στο κεφάλαιο «Υλικά και μέθοδοι».

## **2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟ-ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΚΡΕΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΟΡΝΙΘΙΩΝ**

Το τμήμα αυτό της έρευνας πραγματοποιήθηκε σε θαλάμους εκτροφής κρεοπαραγωγών ορνιθίων κάτω από εντατικές (εμπορικές) συνθήκες εκτροφής. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις πανομοιότυποι χώροι εκτροφής, οι οποίοι και φιλοξένησαν τις ομάδες του πειραματισμού, σε θάλαμο ανοικτού τύπου (με φυσικό αερισμό). Τα ορνίθια ανήκαν στον ίδιο τύπο, είχαν κοινή προέλευση και τοποθετήθηκαν στους θαλάμους εκτροφής σε ηλικία νεοσσού ημέρας.

Η ενσωμάτωση ζεόλιθου στην τροφή γινόταν από την ηλικία του νεοσσού ημέρας έως το τέλος της πάχυνσης (42 ημέρες) στις ομάδες του πειραματισμού που προβλεπόταν από το πρωτόκολλο του πειραματισμού.

Σε ό,τι αφορά την προσθήκη του ζεόλιθου στη στρωμνή, αυτή γινόταν την παραμονή της 1<sup>ης</sup> ημέρας της εκτροφής.

Τα χορηγούμενα στα ορνίθια μείγματα τροφής είναι τριών τύπων, εναρκτήριο, ανάπτυξης και πάχυνσης. Σε κάθε ομάδα του πειραματισμού τα μείγματα της τροφής, ανάλογα με την ηλικία των ορνιθίων κατά την οποία χορηγούνται, διατηρούνταν ισοενεργειακά και ισοαζωτούχα.

### **1. Θάλαμος εκτροφής**

Διαμορφώνονται κατάλληλα χώροι εκτροφής ανοικτού τύπου, έτσι ώστε να δημιουργηθούν τέσσερις πανομοιότυποι θάλαμοι. Ο κάθε θάλαμος αντιστοιχούσε σε διαφορετική μεταχείριση (4 μεταχειρίσεις).

## 2. Ζωικό υλικό

Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά περίπου 2600 κρεοπαραγωγά ορνίθια σε κάθε κύκλο εκτροφής (φόρτιση δαπέδου 10 ή 12 ορνίθια/ τμ θαλάμου). Τα ορνίθια (τύπου Cobb) στην έναρξη της κάθε εκτροφής διαμοιράστηκαν τυχαία σε κάθε μεταχείριση στην ηλικία νεοσσού ημέρας. Ο χρόνος εκτροφής καθορίστηκε στις 42 ημέρες.

## 3. Πειραματικός σχεδιασμός – μεταχειρίσεις

Ο πειραματισμός ολοκληρώνεται σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση πραγματοποιούνται δύο διαδοχικές εκτροφές. Επίσης δύο διαδοχικές εκτροφές πραγματοποιούνται στη δεύτερη φάση. Ο πειραματικός σχεδιασμός δίνεται συνοπτικά στον πίνακα 1.

Πίνακας 1. Πειραματικός σχεδιασμός

Μεταχείριση (θάλαμος)	Ζεόλιθος στην τροφή	Ζεόλιθος στη στρωμνή
1 (control, n=650)	-	-
2 (n=650)	+	-
3 (n=650)	-	+
4 (n=650)	+	+

Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης ενσωματώθηκε στην τροφή ζεόλιθος σε ποσοστό 2% ενώ στη δεύτερη φάση σε ποσοστό 4%. Σε ό,τι αφορά την προσθήκη του ζεόλιθου στη στρωμνή, αυτή είχε προβλεφθεί να γίνεται την παραμονή της 1<sup>ης</sup> ημέρας της εκτροφής στην ποσότητα των 2 χιλ./ τ.μ. δαπέδου.

## 4. Διατροφή των ορνιθίων

Συνολικά χορηγήθηκαν τρία μείγματα. Εναρκτήριο, ανάπτυξης και πάχυνσης. Το εναρκτήριο μείγμα χορηγήθηκε από την ηλικία νεοσσού ημέρας έως εκείνη των 14 ημερών, το μείγμα ανάπτυξης τις ημέρες 15-28 και το μείγμα πάχυνσης τις ημέρες 29-42 (σφαγή). Τα μείγματα αυτά διατηρήθηκαν ισοαζωτούχα και ισοενεργειακά για όλες τις μεταχειρίσεις και για κάθε πειραματική φάση.

## **Μετρήσεις**

Στη διάρκεια της φάσης αυτής διενεργήθηκαν οι ακόλουθες μετρήσεις:



## 1. Αποδόσεις των ορνιθίων

Με σκοπό την καταγραφή των αποδόσεων των ορνιθίων έγιναν οι παρακάτω μετρήσεις:

A. Αύξηση Σ.Β. : ζυγίσεις στην ηλικία νεοσσού ημέρας και στις ηλικίες των 14, 28 και 42 ημερών. Από κάθε διαμέρισμα του κάθε υποθαλάμου ζυγίζονταν κάθε φορά 65 ορνίθια. Το ποσοστό αυτό (10%) θεωρείται αρκετό για να δώσει στατιστικό αποτέλεσμα.

B. Κατανάλωση τροφής: ζυγίσεις τροφής και περίσσειας στις 14, 28 και 42 ημέρες.

Γ. Μέση ημερήσια αύξηση και μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής.

Δ. Δείκτης μετατρεψιμότητας.

E. Θνησιμότητα

## 2. Μετρήσεις που αφορούν στη ποιότητα των μικροπεριβάλλοντος

Αμέσως μετά την εγκατάσταση των νεοσσών (1<sup>η</sup> ημέρα) πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες που αφορούσαν στην ποιότητα των μικροπεριβάλλοντος των τεσσάρων θαλάμων της εκτροφής. Αναλυτικότερα οι παράμετροι που εκτιμήθηκαν ήταν: η υγρασία, η θερμοκρασία και οι συγκεντρώσεις της αμμωνίας στην ατμόσφαιρα του θαλάμου καθώς και η υγρασία, οι συγκεντρώσεις αμμωνίας, ολικού οργανικού αζώτου, ολικών και πτητικών στερεών, τέφρας και B.O.D.<sub>5</sub> στη στρωμνή.

## **ΤΗΡΗΣΗ ΚΑΝΟΝΩΝ ΕΥΖΩΙΑΣ**

Με το σχεδιασμό που προτείνεται εξασφαλίζεται η ευζωία των ορνιθίων (άνετες συνθήκες διαβίωσης, χαμηλή φόρτιση δαπέδου, εξασφάλισης θερμοκρασίας, αερισμός, κατανάλωση τροφής κατά βούληση, επάρκεια σκευών παροχής τροφής και νερού κτλ.).

Προκειμένου να διεξαχθεί ο πειραματισμός ζητήθηκε και λήφθηκε άδεια διενέργειας πειραματισμού από την αρμόδια Διεύθυνση Κτηνιατρικής της Νομαρχίας Χαλκιδικής, (Αριθ. πρωτ.: 06/1408/12-04-2005).

## **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

### **ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

#### **1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΖΕΟΛΙΘΟΥ**

Η αξιολόγηση των Ελληνικών φυσικών ζεόλιθων ως προς την ορυκτολογική, την ορυκτοχημική και τη χημική τους σύσταση έγινε με τις ακόλουθες μεθόδους:

- α) Ορυκτολογική σύσταση των ζεολιθοφόρων πετρωμάτων με ακτίνες -X (XRD) και ημι-ποσοτικός προσδιορισμός των ορυκτών με τη χρήση προτύπων (standards)
- β) Ορυκτοχημική μελέτη των ζεόλιθων με τη μέθοδο μικροανάλυσης (SEM-EDS)
- γ) Χημική σύσταση των ζεολιθοφόρων πετρωμάτων με τη μέθοδο AAS που αφορά στα κύρια στοιχεία
- δ) Χημική σύσταση των ζεολιθοφόρων πετρωμάτων με τις μεθόδους AAS και ICP που αφορούν στα ιχνοστοιχεία
- ε) Δεσμευτική ικανότητα των ζεολιθοφόρων πετρωμάτων με τη μέθοδο  $\text{NH}_4\text{OAc}$  (AMAS).

#### **2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΚΡΕΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΟΡΝΙΘΙΩΝ.**

##### **2α. Α΄ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ**

Ο θάλαμος ορنيθοτροφείου στη περιοχή Γαλάτιστας (Καφαντάρη-Τροχαλιά) διαμορφώθηκε σε δύο ζεύγη ομοιόμορφων υποθαλάμων (5,2 x 8 μ.), μεταξύ των οποίων διαμορφώθηκε ένας κεντρικός χώρος όπου γινόταν η αποθήκευση των τροφών και ταυτόχρονα αποτελούσε τον προθάλαμο εισόδου σε κάθε ζεύγος υποθαλάμων. Ο διαχωρισμός των χώρων επιτεύχθηκε με την κατασκευή τεσσάρων διαχωριστικών από ξύλινο σκελετό, από το δάπεδο έως την οροφή, τα οποία καλύφθηκαν με συνθετικό κάλυμμα αντίστοιχο με αυτό που χρησιμοποιείται στην κατασκευή των θερμοκηπίων. Τα διαχωριστικά καθόλο το μήκος τους και μέχρι το ύψος των 60 εκατ. από το δάπεδο, έφεραν ξύλινη προσθήκη ώστε ν' αποτρέπεται η καταστροφή της συνθετικής τους επένδυσης εξαιτίας του ραμφισμού από τα πτηνά (εικόνα 1). Κάθε υποθάλαμος διέθετε από τρία (3) παράθυρα αερισμού, ιδίων διαστάσεων, δύο εξ' αυτών κατά μήκος της στενής διάστασης και ένα τοποθετημένο αντιδιαμετρικά.



Εικόνα 1. Διαμόρφωση υποθαλάμων πειραματισμού.

Οι θάλαμοι καθαρίζονταν και απολυμαίνονταν πριν από την τοποθέτηση των πτηνών. Σε κάθε θάλαμο τοποθετήθηκαν 5 ποτίστρες και 12 ταΐστρες ορνιθίων, στρωμένη από ροκανίδια και κατά περίπτωση (θάλαμοι 3 & 4) και με την προσθήκη ποσότητας ζεόλιθου (2 χλγ/τ.μ.). Ταυτόχρονα στο κέντρο κάθε θαλάμου και σε ύψος 50 εκατοστών από το έδαφος τοποθετήθηκαν συσκευές μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας της ατμόσφαιρας του τύπου HOBO H8 RH/Temp (Onset Computer Corporation). Στον κεντρικό χώρο μεταξύ των ζευγών των θαλάμων προζυγίστηκε και τοποθετήθηκε κατά περίπτωση το μείγμα τροφής ή τροφής - ζεόλιθου ώστε να χορηγείται ημερησίως η απαραίτητη ποσότητα ίδιας τροφής σύμφωνα με τον σχεδιασμό που προβλεπόταν από το πρωτόκολλο πειραματισμού, όπως περιγράφεται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2. Μεταχείριση θαλάμων ανάλογα με την προσθήκη ή μη ζεόλιθου στη στρωμένη και στην τροφή.

Μεταχείριση (θάλαμος)	Ζεόλιθος στην τροφή	Ζεόλιθος στη στρωμένη
Θ1 (BS)	-	-
Θ2 (ZS)	2%	-
Θ3 (BSz)	-	2 χλγ/τ.μ.
Θ4 (ZSz)	2%	2 χλγ/τ.μ.

## 2β. Β΄ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ

Στη δεύτερη φάση του πειραματισμού χρησιμοποιήθηκαν οι ήδη διαμορφωμένοι θάλαμοι που χρησιμοποιήθηκαν και στους δύο πρώτους κύκλους εκτροφής της πρώτης φάσης.

Οι θάλαμοι καθαρίζονταν και απολυμαίνονταν πριν από την τοποθέτηση των πτηνών. Σε κάθε θάλαμο τοποθετήθηκαν 5 ποτίστρες και 12 ταΐστρες ορνιθίων, στρωμένη από ροκανίδια και κατά περίπτωση (θάλαμοι 3 & 4) και με την προσθήκη ποσότητας ζεόλιθου (2 χλγ/τ.μ.). Ταυτόχρονα στο κέντρο κάθε θαλάμου και σε ύψος 50 εκατοστών από το έδαφος τοποθετήθηκαν συσκευές μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας της ατμόσφαιρας του τύπου HOB0 H8 RH/Temp (Onset Computer Corporation). Στον κεντρικό χώρο μεταξύ των ζευγών των θαλάμων προζυγίστηκε και τοποθετήθηκε κατά περίπτωση το μείγμα τροφής ή τροφής - ζεόλιθου ώστε να χορηγείται ημερησίως η απαραίτητη ποσότητα ίδιας τροφής σύμφωνα με τον σχεδιασμό που προβλεπόταν από το πρωτόκολλο πειραματισμού, όπως περιγράφεται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3. Μεταχείριση θαλάμων ανάλογα με την προσθήκη ή μη ζεόλιθου στη στρωμένη και στην τροφή.

Μεταχείριση (θάλαμος)	Ζεόλιθος στην τροφή	Ζεόλιθος στη στρωμένη
Θ1 (BS)	-	-
Θ2 (ZS)	4%	-
Θ3 (BSz)	-	2 χλγ/τ.μ.
Θ4 (ZSz)	4%	2 χλγ/τ.μ.

## ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ – ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τυχαίο δείγμα αποτελούμενο από εξήντα πέντε (65) ορνίθια, από κάθε υποθάλαμο του πειραματισμού, ζυγίστηκαν ατομικά κατά την είσοδό τους στην εκτροφή (ημέρα 0). Στη συνέχεια τυχαίο δείγμα από εξήντα πέντε (65) ορνίθια, από κάθε υποθάλαμο, ζυγίστηκαν ατομικά κατά τη 14<sup>η</sup>, 28<sup>η</sup> και 42<sup>η</sup> ημέρα της εκτροφής. Ταυτόχρονα, γινόταν καταγραφή της κατανάλωσης της τροφής σε κάθε θάλαμο για τα χρονικά διαστήματα που μεσολαβούσαν μεταξύ των δειγματοληψιών και εκτιμούνταν ο δείκτης μετατρεψιμότητας. Τέλος, καταγραφόταν η θνησιμότητα των

ορνιθίων σε κάθε θάλαμο για τα χρονικά διαστήματα που μεσολαβούσαν μεταξύ των δειγματοληψιών.

Η δειγματοληψία που αφορούσε στο μείγμα στρωμνής – περιττωμάτων γινόταν επίσης κατά τις παραπάνω ημερομηνίες. Η δειγματοληψία πραγματοποιούνταν με τη χρήση κυλινδρικού δειγματολήπτη μήκους 30 και διαμέτρου 8 εκατοστών. Από κάθε θάλαμο εκλαμβάνονταν πέντε κάθετα (καρώτο) δείγματα στρωμνής – περιττωμάτων έκαστο των οποίων αποτελούνταν από 4 υποδείγματα. Τα 4 δείγματα λαμβάνονταν από περιμετρικά του κάθε υποθαλάμου και το ένα κεντρικά αυτού. Τα δείγματα τοποθετούνταν σε πολυαιθυλενικούς περιέκτες του ενός λίτρου, εντός φορητού ψυγείου και μεταφέρονταν εντός μίας ώρας στο Εργαστήριο Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος της Κτηνιατρικής Σχολής του Α.Π.Θ. προς ανάλυση.

Για τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών του μείγματος στρωμνής-περιττωμάτων επιλέχθηκαν οι τεχνικές της χημικής ανάλυσης σύμφωνα με τις μεθόδους της APHA (Standard Methods, 17<sup>th</sup> Edition). Ειδικότερα:

Για τον προσδιορισμό της υγρασίας, η ξήρανση του δείγματος γινόταν σε προζυγισμένες κάψες πορσελάνης, οι οποίες φυλάσσονταν σε ξηραντήρα, αφού είχε απομακρυνθεί η υγρασία τους με την παραμονή τους σε κλίβανο στους 100°C κατά τη διάρκεια της προηγούμενης νύκτας. Οι κάψες πληρούνταν με νωπό δείγμα, ζυγίζονταν και παρέμεναν στον κλίβανο στους 105°C καθόλη τη διάρκεια της νύκτας. Στη συνέχεια επαναζυγίζονταν και ακολουθούσε ο υπολογισμός του ποσοστού υγρασίας %.

Για τη μέτρηση των οργανικών στερεών χρησιμοποιήθηκαν προζυγισμένες κάψες πορσελάνης. Οι κάψες φυλάσσονταν σε ξηραντήρα αφού προηγουμένως είχε απομακρυνθεί η υγρασία τους με την παραμονή τους σε κλίβανο τύπου Melag 100°C καθόλη τη διάρκεια της προηγούμενης νύκτας. Οι κάψες πληρούνταν με δείγμα, γνωστής περιεκτικότητας σε ολικά στερεά, ζυγίζονταν και στη συνέχεια μεταφέρονταν σε αποτεφρωτήρα τύπου Heraeus. Μετά την αποτέφρωση (550°C) ακολουθούσε ζύγιση, υπολογισμός της τέφρας και των οργανικών στερεών.

Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο μετρήθηκε με τη χρήση οξυγονομέτρου του τύπου YSI oxygen meter μετά από επώαση στους 20 °C (σε ψυχόμενο κλίβανο τύπου Forma Scientific Incubator), για χρονικό διάστημα 5 ημερών, σταδιακά αραιωμένου (έως 1:20000) δείγματος.

Για τον προσδιορισμό του ολικού οργανικού αζώτου (Total Kjeldahl Nitrogen) χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της Macro-Kjeldahl όπως περιγράφεται στο Standard

Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1989). Χρησιμοποιήθηκε συσκευή χώνευσης RAYPA (Compact Digestion System MBC-12) και αυτόματη συσκευή απόσταξης υπό ατμό RAYPA (Nitrogen Distiller DNP 2000). Ο τελικός προσδιορισμός έγινε με τη μέθοδο της τιτλοποίησης και τη χρήση διαλύματος 0,01N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Ο προσδιορισμός της αμμωνίας στη στρωμνή έγινε με τη μέθοδο της απόσταξης υπό ατμό RAYPA (Nitrogen Distiller DNP 2000), αραιωμένου δείγματος (5 γρ. στρωμνής/100 κυβ. εκατ. απεσταγμένου νερού). Κατά την απόσταξη δεν προστέθηκε διάλυμα NaOH οπότε δεν προσμετρήθηκε η αμμωνία που τυχόν είχε δεσμευτεί από τον ζεόλιθο. Ο τελικός προσδιορισμός έγινε με τη μέθοδο της τιτλοποίησης και τη χρήση διαλύματος 0,01N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων της αμμωνίας στην ατμόσφαιρα των υποθαλάμων έγινε με τη χρήση ηλεκτροχημικών αισθητήρων (DrägerSensor XS EC NH<sub>3</sub>) με τη χρήση Dräger Pac III S gas monitoring system (Dräger Safety AG Co). Οι δειγματοληψίες για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων της αμμωνίας στην ατμόσφαιρα γινόταν σε ύψος 50 εκατοστών από το δάπεδο στο κέντρο του κάθε υποθαλάμου και αφορούσαν στο χρονικό διάστημα μεταξύ 29<sup>ης</sup> και 42<sup>ης</sup> ημέρας της εκτροφής οπότε και οι συγκεντρώσεις ήταν ανιχνεύσιμες.

Στο κέντρο κάθε θαλάμου και σε ύψος 50 εκατοστών από το έδαφος τοποθετήθηκαν συσκευές μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας της ατμόσφαιρας του τύπου HOBO H8 RH/Temp (Onset Computer Corporation). Οι συσκευές ρυθμίστηκαν ώστε να καταγράφουν τον μέσο όρο των μετρήσεων ανά 10' λεπτά και η συλλογή των στοιχείων γινόταν με την αντίστοιχη συσκευή ανάγνωσης HOBO Shuttle Logger (Onset Computer Corporation).

### **Στατιστική ανάλυση**

Η στατιστική ανάλυση των στοιχείων του πειραματισμού πραγματοποιήθηκε με τη χρησιμοποίηση του στατιστικού προγράμματος MINITAB version 11 (Minitab corporation, 1993). Τα στοιχεία που αφορούσαν στις αποδόσεις των ορνιθίων (αύξηση σωματικού βάρους) αρχικά αναλύθηκαν σύμφωνα με το γενικό γραμμικό μοντέλο χρησιμοποιώντας την ανάλυση της διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one-way ANOVA). Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε ανάλυση της διακύμανσης διπλής κατεύθυνσης (two-way ANOVA) όπου δύο τύποι σιτηρεσίων (βασικό και ζεόλιθος)

και δύο τύποι δαπέδου με στρωμνή (ροκανίδι και ροκανίδι με ζεόλιθο) εισήχθησαν στο μοντέλο με σκοπό τη μελέτη της επίδρασης της διατροφής, του τύπου στρωμνής καθώς και τις τυχόν αλληλεπιδράσεις τους στις αποδόσεις των ορνιθίων και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του μικροπεριβάλλοντος της εκτροφής τους. Τέλος, σε ό,τι αφορά την επεξεργασία των στοιχείων για την κατανάλωση τροφής, το Δ.Μ. καθώς και τη θνησιμότητα των ορνιθίων χρησιμοποιήθηκε η διαδικασία *t-test* για ανεξάρτητα δείγματα (*independent samples t-test*).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται τα αποτελέσματα της έρευνας που αφορούν τόσο στην αξιολόγηση των Ελληνικών φυσικών ζεόλιθων όσο και στη διερεύνηση της επίδρασης στη ποιότητα του μικρο-περιβάλλοντος της εκτροφής και στις αποδόσεις κρεοπαραγωγών ορνιθίων, από την ενσωμάτωση ενός Ελληνικού φυσικού ζεόλιθου στο σιτηρέσιο και στη στρωμνή.

### 1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΖΕΟΛΙΘΟΥ

#### 1α. Ορυκτολογική μελέτη

Αντιπροσωπευτικό υλικό από τα ζεολιθοφόρα πετρώματα της περιοχής Πενταλόφου Ν. Έβρου που συλλέχθηκαν κονιοποιήθηκε σε αχάτινο γουδί για τον ποιοτικό και ημιποσοτικό προσδιορισμό της ορυκτολογικής σύστασης με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ. Χρησιμοποιήθηκε περιθλασίμετρο Philips (που διαθέτει ο Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ.) με ακτινοβολία  $CuK_{\alpha}$ , φίλτρο Ni, ταχύτητα γωνιομέτρου  $1,2^{\circ}/\text{min}$ , ταχύτητα καταγραφικού  $1 \text{ cm}/\text{min}$  και περιοχή σάρωσης  $3-63^{\circ} 2\theta$ . Η μορφή των παρασκευασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τυχαία προσανατολισμένα (κόνεως). Ο ημιποσοτικός προσδιορισμός των ορυκτολογικών φάσεων έγινε με βάση τις απαριθμήσεις συγκεκριμένων ανακλάσεων τους και λαμβάνοντας υπόψη την πυκνότητα και το συντελεστή απορρόφησης μάζας των ορυκτολογικών φάσεων. Η ορυκτολογία των αργιλικών ορυκτών προσδιορίστηκε με την διαδοχική προετοιμασία και εξέταση με ακτίνες-Χ παράλληλα προσανατολισμένων, γλυκοποιημένων και πυρωμένων στους  $550^{\circ} \text{C}$  παρασκευασμάτων.

Στον Πίνακα 4 που ακολουθεί δίνεται η μέση ημιποσοτική ορυκτολογική σύσταση του ζεολιθοφόρου πετρώματος που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στο σιτηρέσιο των ορνιθίων, αλλά και ως υλικό στρωμνής στο χώρο του ορνιθοτροφείου.

Πίνακας 4. Ημιποσοτική ορυκτολογική σύσταση (% κ.β.) του ζεολιθοφόρου πετρώματος.

Cpt	TCI		M	Q	F
	SC	NSC			
87	2	1	4	4	2

Cpt: Κλινοπιλόλιθος, TCI: Σύνολο αργιλικών ορυκτών, SC: Διογκούμενα αργιλικά ορυκτά, NSC: Μη διογκούμενα αργιλικά ορυκτά, M: Μαρμαρυγίες, Q: Χαλαζιάς, F: Αστριοί.



## 1β. Χημική ανάλυση

Ο προσδιορισμός της χημικής σύστασης του χρησιμοποιούμενου ζεολιθοφόρου πετρώματος έγινε με τη μέθοδο της ατομικής απορρόφησης μάζας (AAS). Χρησιμοποιήθηκε φασματογράφος μάζας τύπου Perkin Elmer 5000 εφοδιασμένος με φούρνο γραφίτη που διαθέτει ο Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ.

Τα αποτελέσματα του προσδιορισμού της χημικής σύστασης του χρησιμοποιούμενου ζεολιθοφόρου πετρώματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Χημική ανάλυση (% κ.β.) του ζεολιθοφόρου πετρώματος.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3T</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	Σύνολο
66,68	12,61	0,028	0,029	0,82	1,08	3,02	0,69	1,62	0,058	13,35	99,985

## 1γ. Ορυκτοχημική μελέτη

Η μελέτη της χημείας των κρυστάλλων του κλινοπτιλόλιθου που περιέχονται στο χρησιμοποιούμενο ζεολιθοφόρο πέτρωμα έγινε με σαρωτικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο τύπου JEOL (JSM-840) με σύστημα μικροανάλυσης LINK-AN 10000 Energy Dispersive System που διαθέτει το Εργαστήριο Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας του Α.Π.Θ.

Τα αποτελέσματα της μικροανάλυσης των κρυστάλλων του κλινοπτιλόλιθου δίνονται στον Πίνακα 6.

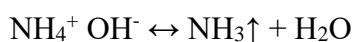
Πίνακας 6. Χημική ανάλυση (% κ.β.) του κλινοπτιλόλιθου.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3T</sub>	MgO	CaO	SrO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	LOI	Σύνολο
67,54	11,92	0,04	0,06	0,90	3,52	0,51	0,50	1,67	13,23	99,89

## 1δ. Προσδιορισμός της δεσμευτικής ικανότητας του ζεόλιθου

Ο προσδιορισμός της δεσμευτικής ικανότητας των εξεταζόμενων δειγμάτων έγινε σε τέσσερα διαφορετικά δείγματα από κάθε κοίτασμα με τη μέθοδο του κορεσμού σε οξικό αμμώνιο (Ammonium Acetate Saturation) όπως περιγράφεται από τους Chapman (1965) και Bain & Smith (1987). Συγκεκριμένη ποσότητα του κονιοποιημένου δείγματος (100-150 mg) τοποθετείται σε φιάλη φυγοκέντρησης όπου

προσθέτονται 10 ml διαλύματος 1N οξικού αμμωνίου ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) με pH 7. Το αιώρημα αναδεύεται έντονα με το χέρι και τοποθετείται σε περιστροφικό αναδευτήρα, όπου και αφήνεται για 24 ώρες. Με την ολοκλήρωση της κατεργασίας το διάλυμα του οξικού αμμωνίου απομακρύνεται από το αιώρημα με πλύση, φυγοκέντρηση και απόχυση. Κατόπιν προστίθεται πρόσφατο διάλυμα 1N οξικού αμμωνίου (10 ml) και επαναλαμβάνεται η παραπάνω διαδικασία. Συνολικά πραγματοποιείται δεκαήμερος κορεσμός, οπότε και ολοκληρώνεται ο κορεσμός του δείγματος σε οξικό αμμώνιο (Kantiranis και συν. 2005). Μετά το τέλος του δεκαήμερου κορεσμού το αιώρημα πλένεται με ισοπροπυλική αλκοόλη υψηλής καθαρότητας (99%) για την απομάκρυνση της περίσσειας οξικού αμμωνίου που με μηχανικό τρόπο συγκρατείται από τα τεμαχίδια του δείγματος. Η απομάκρυνση της αλκοόλης από τη φιάλη γίνεται με φυγοκέντρηση και απόχυση του υπερκείμενου διαυγούς διαλύματος. Το κάθε δείγμα πλένεται συνολικά έξι φορές, ενώ κατά την τελευταία πλύση γίνεται έλεγχος στο υπερκείμενο διάλυμα με την προσθήκη αντιδραστηρίου Nessler [αλκαλικό διάλυμα  $\text{K}_2(\text{HgI}_4)$ ] και πυκνού διαλύματος NaOH για τον σχηματισμό καστανού ιζήματος ή καστανοκίτρινου διαλύματος. Η παρουσία του ιζήματος ή του καστανοκίτρινου διαλύματος φανερώνει την ύπαρξη περίσσειας ιόντων  $\text{NH}_4^+$ , οπότε πρέπει να επαναληφθεί η διαδικασία της πλύσης. Τέλος, τα δείγματα ξηραίνονται σε θερμοκρασία δωματίου. Για τη μέτρηση της δεσμευτικής ικανότητας χρησιμοποιήθηκε ιοντόμετρο τύπου JENWAY 3340 Ion/pH Meter συνδυασμένο με ηλεκτρόδιο αμμωνίας τύπου ORION. Αρχικά μεταφέρουμε το ξηραμένο υλικό σε ποτήρι ζέσης των 100 ml εφοδιασμένο με πώμα και προσθέτουμε 50 ml  $\text{H}_2\text{O}$  ελεύθερο αζώτου. Αναδεύουμε σε μαγνητικό αναδευτήρα μέχρι το υλικό να έρθει σε αιώρηση και βυθίζουμε το ηλεκτρόδιο της αμμωνίας λαμβάνοντας προφυλάξεις για την αποφυγή παγίδευσης φυσαλίδων αέρα στη μεμβράνη του ηλεκτροδίου. Κατόπιν προσθέτουμε στο αιώρημα 0,5 ml 10M NaOH και το pH του διαλύματος ανέρχεται σε τιμές >11. Σε αυτή την περιοχή pH το δεσμευμένο στο δείγμα αμμώνιο μετατρέπεται σε αέρια αμμωνία σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



Εξαιτίας της παραγωγής αέριας φάσης ( $\text{NH}_3$ ) δημιουργείται δυναμικό στην επιφάνεια αιωρήματος και μεμβράνης ηλεκτροδίου το οποίο καταγράφεται από το ιοντόμετρο και μετατρέπεται σε συγκέντρωση ιόντων αμμωνίου. Περιμένουμε να σταθεροποιηθούν οι ενδείξεις του οργάνου και καταγράφουμε τις τιμές. Η ακρίβεια

του ηλεκτροδίου ελέγχεται κάθε δύο ώρες με τη χρήση πρότυπου διαλύματος  $\text{NH}_4\text{Cl}$  συγκέντρωσης 1M, 0,1M και 0,01M.

Η δεσμευτική ικανότητα του δείγματος δίνεται από τον τύπο:

$$UA = \frac{M \times V}{W} \times 100$$

όπου UA η δεσμευτική ικανότητα σε meq/100g, M η ένδειξη του ιοντόμετρου σε moles/l, V ο όγκος σε l του ελεύθερου από άζωτο νερού που προστίθεται στο ποτήρι ζέσης και είναι σταθερός ίσος με 0,05 l και W το αρχικό βάρος του δείγματος σε g. Σύμφωνα με το Δρακούλη (2005) η τυπική απόκλιση της μεθόδου είναι 5 meq/100g.

Τα αποτελέσματα της παραπάνω μεθόδου έδειξαν ότι το εξεταζόμενο ζεολιθοφόρο πέτρωμα που χρησιμοποιήθηκε στη στρωμνή και στο σιτηρέσιο κρεοπααραγωγών ορνιθίων έχει δεσμευτική ικανότητα 202 meq/100g.

## **2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΚΡΕΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΟΡΝΙΘΙΩΝ.**

### **2.1 Α΄ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ**

Κατά την πρώτη φάση του πειραματισμού ολοκληρώθηκαν οι δύο κύκλοι εκτροφής, έγινε εκτίμηση των αποδόσεων των ορνιθίων καθώς και της ποιότητας του περιβάλλοντος της εκτροφής με την καταγραφή των παραμέτρων που την προσδιορίζουν (Θερμοκρασία, υγρασία, αμμωνία στην ατμόσφαιρα και επιπλέον θερμοκρασία, υγρασία, ολικά πτητικά και σταθερά στερεά, ολικό άζωτο και B.O.D.5, στη στρωμνή).

#### **2.1.a ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Τα αποτελέσματα των ποιοτικών χαρακτηριστικών της στρωμνής των κρεοπααραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 2% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμνή από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμνή από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος (BSz και ZSz), κατά την πρώτη φάση του πειραματισμού δίνονται στον πίνακα 7. Όπως ήταν αναμενόμενο, με την πρόοδο της ηλικίας των ορνιθίων, παρατηρήθηκε αύξηση της

υγρασίας της στρωμνής σε όλους του θαλάμους του πειραματισμού κατά τη διάρκεια των 42 ημερών της εκτροφής, γεγονός που αποδίδεται στη συνεχή εναπόθεση νέων περιττωμάτων καθημερινά πάνω στη στρωμνή. Μολονότι, συγκρίνοντας τα δείγματα των θαλάμων μεταξύ τους τις ίδιες χρονικές περιόδους, φαίνεται ότι η χρήση ζεόλιθου μειώνει την υγρασία της στρωμνής, όπου αυτός χρησιμοποιήθηκε σε σχέση με τον θάλαμο «μάρτυρα», οι διαφορές αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.

Η ενσωμάτωση του ζεόλιθου στο σιτηρέσιο των ορνιθίων και στη στρωμνή (ZSz) είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός τελικού μείγματος στρωμνής-περιττωμάτων (κοπριά) με μειωμένο οργανικό υλικό στο τέλος του πειραματισμού σε σύγκριση με αυτό του θαλάμου «μάρτυρα» (BS). Η χαμηλότερη περιεκτικότητα σε οργανικό υλικό παρατηρήθηκε στη στρωμνή του θαλάμου ZSz όπου ο ζεόλιθος προστέθηκε τόσο στην τροφή όσο και στη στρωμνή. Επιπλέον, σημαντικές διαφορές προέκυψαν σε ό,τι αφορά το οργανικό φορτίο της στρωμνής μεταξύ του θαλάμου «μάρτυρα» (BS) και των θαλάμων όπου ο ζεόλιθος ενσωματώθηκε είτε μόνο στην τροφή (ZS) είτε μόνο στη στρωμνή (BSz).

Οι συγκεντρώσεις του ολικού οργανικού αζώτου (Total Kjeldahl Nitrogen) στη στρωμνή έδειξαν ν' αυξάνονται κατά τη διάρκεια των 42 ημερών της εκτροφής. Στατιστικά σημαντική ( $P < 0.001$ ) διαφορά σε ό,τι αφορά το ολικό οργανικό άζωτο της στρωμνής, καταγράφηκε μόνο κατά τη δειγματοληψία της 14<sup>ης</sup> ημέρας της εκτροφής μεταξύ του θαλάμου ZSz (ζεόλιθος στην τροφή και στη στρωμνή) και των θαλάμων BS (μάρτυρας) και ZS (ζεόλιθος μόνο στην τροφή).

Οι συγκεντρώσεις της αμμωνίας (Nitrogen ammonia) που αντιπροσώπευαν στη συγκεκριμένη έρευνα το ποσοστό της αμμωνίας της στρωμνής που δεν ήταν δεσμευμένο στο ζεόλιθο, έδειξαν ν' αυξάνονται ( $P < 0.001$ ) σε όλους τους θαλάμους κατά τη διάρκεια του κύκλου των 42 ημερών της εκτροφής. Επίσης, σε ό,τι αφορά τις συγκεντρώσεις της αμμωνίας στη στρωμνή και σε σύγκριση με το θάλαμο «μάρτυρα», οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν στο θάλαμο ZSz κατά την 28<sup>η</sup> και 42<sup>η</sup> ημέρα της εκτροφής.

Τέλος, η ενσωμάτωση του ζεόλιθου στην τροφή αλλά και η προσθήκη του στη στρωμνή προκάλεσε μείωση του ρυπαντικού φορτίου του τελικού μείγματος στρωμνής-περιττωμάτων, όπως αυτή προκύπτει από τη σημαντική ( $P < 0.05$ ) μείωση του B.O.D.<sub>5</sub> σε όλη τη διάρκεια της εκτροφής.

Η συγκέντρωση αμμωνίας στην ατμόσφαιρα των θαλάμων των ομάδων των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση

κατανάλωση που περιείχε φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος (BSz και ZSz) για την περίοδο 29-42 ημέρες στη διάρκεια του δεύτερου κύκλου της πρώτης πειραματικής φάσης δίνονται στον πίνακα 8. Η μέση συγκέντρωση αμμωνίας (ppm) στην ατμόσφαιρα ήταν στατιστικά σημαντικά ( $P < 0.01$ ) υψηλότερη στο θάλαμο όπου ο ζεόλιθος ενσωματώθηκε αποκλειστικά στην τροφή των ορνιθίων (ZS) σε σχέση με τους θαλάμους όπου ο ζεόλιθος ενσωματώθηκε στη στρωμή (BSz και ZSz). Ενδιαφέρον προκαλεί το γεγονός ότι η μέση συγκέντρωση αμμωνίας (23,64 ppm) στην ατμόσφαιρα του θαλάμου «μάρτυρα» (BS) ήταν χαμηλότερη ( $P < 0.052$ ) σε σύγκριση με αυτή (27,00 ppm) του θαλάμου ZS όπου ο ζεόλιθος χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά στην τροφή των ορνιθίων. Αντίθετα ο θάλαμος (BS) παρουσίασε υψηλότερη ( $P < 0,073$ ) μέση συγκέντρωση αμμωνίας (23,64 ppm) σε σύγκριση με το θάλαμο BSz όπου ο ζεόλιθος είχε ενσωματωθεί στη στρωμή (20,55 ppm).

Η θερμοκρασία (T) και η σχετική υγρασία (M) στις ομάδες των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 2% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος (BSz και ZSz) για την περίοδο 4-42 ημέρες της πρώτης πειραματικής φάσης δίνονται ενδεικτικά στο σχήμα 1. Όπως φαίνεται από τις μέσες τιμές η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία των θαλάμων κυμάνθηκαν στα ίδια μεταξύ τους επίπεδα γεγονός που πιστοποιεί την ομοιομορφία των συνθηκών που επικρατούσαν στους θαλάμους καθόλη τη διάρκεια του πειραματισμού.

### **2.1.β ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΚΡΕΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΟΡΝΙΘΙΩΝ**

Η σύνθεση (χλγ./ τόνο τροφής) και η χημική σύσταση (%) των χορηγούμενων μειγμάτων στην πρώτη φάση του πειραματισμού δίνονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 9

Στον πίνακα 10 δίνεται η αύξηση του Σωματικού Βάρους (Σ.Β.) των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 2% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμή

από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος (BSz και ZSz), στα πλαίσια της πρώτης φάσης του πειραματισμού.

Από τ' αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα συμπεραίνεται ότι το σωματικό βάρος (Σ.Β.) των ορνιθίων διαφέρει στατιστικά σημαντικά ( $P < 0.05$ ) μεταξύ των μεταχειρίσεων. Τα ορνίθια τα οποία ελάμβαναν ζεόλιθο με την τροφή καθώς και εκείνα τα οποία διατράφηκαν σε θάλαμο που είχε ζεόλιθο ενσωματωμένο στη στρωμνή, αναπτύσσονταν ταχύτερα από ότι τα ορνίθια στον υποθάλαμο «μάρτυρα». Οι διαφορές αυτές ήταν εμφανείς από την 28<sup>η</sup> ημέρα της εκτροφής.

Η κατανάλωση τροφής, ο δείκτης μετατρεψιμότητας και η θνησιμότητα των κρεοπαραγωγών ορνιθίων κατά την πρώτη φάση του πειραματισμού δίνονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 11. Όπως συμπεραίνεται από τ' αποτελέσματα, τα ορνίθια που διατράφηκαν με ζεόλιθο κατανάλωσαν συνολικά μεγαλύτερες ποσότητες τροφής καθόλη τη διάρκεια του πειραματισμού. Παρόλα αυτά, στατιστικά με την εφαρμογή του t-test, διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μόνο μεταξύ της ομάδας των πτηνών που περιελάμβανε την προσθήκη ζεόλιθου τόσο στην τροφή όσο και στη στρωμνή (ZSz) σε σύγκριση με τις ομάδες των πτηνών «μάρτυρας» (BS) και «προσθήκη ζεόλιθου στη στρωμνή» (BSz). Τέλος, ο δείκτης μετατρεψιμότητας και η θνησιμότητα των ορνιθίων δεν φαίνεται να επηρεάζονται από τη χρήση του φυσικού ζεόλιθου.

## **2.2 Β΄ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ**

Μετά το τέλος και του 2<sup>ου</sup> κύκλου της 1<sup>ης</sup> πειραματικής φάσης επιλέχθηκαν οι αναλογίες ζεόλιθου στη στρωμνή (2 χλγ/τ.μ., σταθερή) και στην τροφή (4%) για τους επόμενους δύο κύκλους (Β΄ φάση) του πειραματισμού.

### **2.2.α ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Τα αποτελέσματα των ποιοτικών χαρακτηριστικών της στρωμνής των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 4% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμνή από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμνή από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος (BSz και ZSz), κατά την δεύτερη φάση του πειραματισμού δίνονται στον πίνακα 12.

Όπως ήταν αναμενόμενο, με την πρόοδο της ηλικίας των ορνιθίων, παρατηρήθηκε αύξηση της υγρασίας της στρωμνής σε όλους του θαλάμους του

πειραματισμού κατά τη διάρκεια των 42 ημερών της εκτροφής, γεγονός που αποδίδεται στη συνεχή εναπόθεση νέων περιττωμάτων καθημερινά πάνω στη στρωμνή. Μολονότι, συγκρίνοντας τα δείγματα των θαλάμων μεταξύ τους τις ίδιες χρονικές περιόδους, φαίνεται ότι η χρήση ζεόλιθου μειώνει την υγρασία της στρωμνής, όπου αυτός χρησιμοποιήθηκε σε σχέση με τον θάλαμο «μάρτυρα», οι διαφορές αυτές ήταν στατιστικά σημαντικές ( $P < 0.05$ ) στις ηλικίες των 14 και 28 ημερών.

Η ενσωμάτωση του ζεόλιθου στο σιτηρέσιο των ορνιθίων και στη στρωμνή (ZSz) είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός τελικού μείγματος στρωμνής-περιττωμάτων (κοπριά) με μειωμένο οργανικό υλικό στο τέλος του πειραματισμού σε σύγκριση με αυτό του θαλάμου «μάρτυρα» (BS). Η χαμηλότερη περιεκτικότητα σε οργανικό υλικό παρατηρήθηκε στη στρωμνή του θαλάμου ZSz όπου ο ζεόλιθος προστέθηκε τόσο στην τροφή όσο και στη στρωμνή. Επιπλέον, σημαντικές διαφορές προέκυψαν σε ό,τι αφορά το οργανικό φορτίο της στρωμνής μεταξύ του θαλάμου «μάρτυρα» (BS) και των θαλάμων όπου ο ζεόλιθος ενσωματώθηκε είτε μόνο στην τροφή (ZS) είτε μόνο στη στρωμνή (BSz).

Οι συγκεντρώσεις του ολικού οργανικού αζώτου (Total Kjeldahl Nitrogen) στη στρωμνή έδειξαν ν' αυξάνονται κατά τη διάρκεια των 42 ημερών της εκτροφής. Στατιστικά σημαντική ( $P < 0.001$ ) διαφορά σε ό,τι αφορά το ολικό οργανικό άζωτο της στρωμνής, καταγράφηκε κατά τη δειγματοληψία της 14<sup>ης</sup> ημέρας της εκτροφής μεταξύ του θαλάμου ZSz (ζεόλιθος στην τροφή και στη στρωμνή) και των θαλάμων BS (μάρτυρας) και ZS (ζεόλιθος μόνο στην τροφή). Αξίζει να σημειωθεί ότι την 42η ημέρα παρατηρήθηκε αύξηση του ολικού οργανικού αζώτου στους θαλάμους ZS, BSz και ZSz σε σύγκριση με το θάλαμο BS ωστόσο, στατιστικά σημαντική ( $P < 0.05$ ) διαφορά καταγράφηκε μόνο μεταξύ των θαλάμων BS και ZSz.

Οι συγκεντρώσεις της αμμωνίας (Nitrogen ammonia) που αντιπροσώπευαν στη συγκεκριμένη έρευνα το ποσοστό της αμμωνίας της στρωμνής που δεν ήταν δεσμευμένο στο ζεόλιθο, έδειξαν ν' αυξάνονται ( $P < 0.001$ ) σε όλους τους θαλάμους κατά τη διάρκεια του κύκλου των 42 ημερών της εκτροφής. Επίσης, σε ό,τι αφορά τις συγκεντρώσεις της αμμωνίας στη στρωμνή και σε σύγκριση με το θάλαμο «μάρτυρα», οι χαμηλότερες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν στο θάλαμο ZSz κατά την 28<sup>η</sup> και 42<sup>η</sup> ημέρα της εκτροφής.

Τέλος, η προσθήκη του ζεόλιθου στη στρωμή προκάλεσε μείωση του ρυπαντικού φορτίου του τελικού μείγματος στρωμνής-περιττωμάτων, εντούτοις η διαφορά αυτή δεν είναι σημαντική.

Η συγκέντρωση αμμωνίας στην ατμόσφαιρα των θαλάμων των ομάδων των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 4% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος (BSz και ZSz) για την περίοδο 23-41 ημέρες στους δύο διαδοχικούς κύκλους της δεύτερης πειραματικής φάσης δίνονται στον πίνακα 13. Η μέση συγκέντρωση αμμωνίας (ppm) στην ατμόσφαιρα ήταν στατιστικά σημαντικά ( $P < 0.001$ ) υψηλότερη στο θάλαμο όπου ο ζεόλιθος ενσωματώθηκε αποκλειστικά στην τροφή των ορνιθίων (ZS) σε σχέση με τους θαλάμους όπου ο ζεόλιθος ενσωματώθηκε στη στρωμή (BSz και ZSz). Η τάση αυτή παρατηρήθηκε και στους δύο κύκλους της Β' φάσης.

Η θερμοκρασία (T) και η σχετική υγρασία (M) στις ομάδες των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 4% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος (BSz και ZSz) για την περίοδο 1-42 ημέρες της δεύτερης πειραματικής φάσης δίνονται ενδεικτικά στο σχήμα 2. Όπως φαίνεται από τις μέσες τιμές η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία των θαλάμων κυμάνθηκαν στα ίδια μεταξύ τους επίπεδα γεγονός που πιστοποιεί την ομοιομορφία των συνθηκών που επικρατούσαν στους θαλάμους καθόλη τη διάρκεια του πειραματισμού.

## **2.2.β. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΚΡΕΟΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΟΡΝΙΘΙΩΝ**

Η σύνθεση (χλγ./ τόνο τροφής) και η χημική σύσταση (%) των χορηγούμενων μειγμάτων στη δεύτερη φάση του πειραματισμού δίνονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 14

Στον πίνακα 15 δίνεται η αύξηση του Σωματικού Βάρους (Σ.Β.) των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμή



από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος (BSz και ZSz), στα πλαίσια της δεύτερης φάσης του πειραματισμού.

Από τ' αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα συμπεραίνεται ότι τα ορνίθια τα οποία ελάμβαναν ζεόλιθο με την τροφή είχαν μεγαλύτερο σωματικό βάρος από εκείνα τα οποία δεν λάμβαναν ζεόλιθο στην τροφή και αυτή η διαφορά ήταν στατιστικά σημαντική ( $P < 0.05$ ) στην ηλικία των 28 ημερών. Επίσης η ίδια στατιστικά σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε στην ηλικία των 42 ημερών μόνο για τα ορνίθια του θαλάμου ZS.

Η κατανάλωση τροφής, ο δείκτης μετατρεψιμότητας και η θνησιμότητα των κρεοπαραγωγών ορνιθίων κατά τη δεύτερη φάση του πειραματισμού δίνονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 16.

Όπως συμπεραίνεται από τ' αποτελέσματα, δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων. Επίσης, ο δείκτης μετατρεψιμότητας και η θνησιμότητα δεν φαίνεται να επηρεάζονται από τη χρήση του φυσικού ζεόλιθου.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η εντατική πτηνοτροφία, όπως άλλωστε όλες οι εντατικές μορφές κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων, δημιουργεί το πρόβλημα της παραγωγής μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων. Ειδικότερα, στις εντατικές εκτροφές κρεοπαραγωγών ορνιθίων, προκύπτουν μεγάλες ποσότητες μείγματος στρωμνής (άχυρο, πριονίδι) με τ' απόβλητα των πτηνών. Η διαχείριση των πτηνοτροφικών αποβλήτων καθώς και η διάθεσή τους σε τελικό αποδέκτη αποτελεί σημαντικό πρόβλημα σε σχέση με τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Ταυτόχρονα, η παραμονή των αποβλήτων στο χώρο της εκτροφής (θαλάμους) δημιουργεί προβλήματα στο μικροπεριβάλλον της εκτροφής με δυσμενείς επιπτώσεις τόσο στην υγεία και στις αποδόσεις των πτηνών όσο και στην υγεία των εργαζομένων σ' αυτή. Ως εκ τούτου οι τεχνικές διαχείρισης των αποβλήτων αποκτούν ιδιαίτερη σημασία ως προς τον έλεγχο αλλά και τη μείωση των ρύπων που προκύπτουν από τις πτηνοτροφικές επιχειρήσεις. Στα πλαίσια αυτά, κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα υλικά τα οποία είτε ενσωματώνονται στην τροφή των πτηνών είτε προστίθενται στη στρωμνή με στόχο κυρίως τη μείωση των εκπομπών αμμωνίας ή τον περιορισμό των οσμών. Διάφορα φυσικά υλικά όπως οι φυσικοί ζεόλιθοι αποτελούν υλικά επιλογής, ιδιαίτερα εξαιτίας των θετικών ιδιοτήτων τους σε ό,τι αφορά τις αποδόσεις των κρεοπαραγωγών ορνιθίων (Christaki και συν. 2001). Επιπλέον, οι φυσικοί ζεόλιθοι έχουν χρησιμοποιηθεί, αρκετές φορές με επιτυχία, στην προσπάθεια μείωσης των οσμών και των εκπομπών αμμωνίας σε θαλάμους κρεοπαραγωγών ορνιθίων, (Al Homidan και συν. 2003). Εξαιτίας του γεγονότος ότι οι πληροφορίες σχετικά με τη χρήση ζεόλιθου τόσο ως προσθετικό στην τροφή όσο και με την προσθήκη του στη στρωμνή ποικίλουν, δοκιμάστηκε στα πλαίσια αυτής της έρευνας ο συνδυασμός και των δύο παραπάνω εφαρμογών. Δηλαδή, μελετήθηκε η επίδραση στην ποιότητα του μικροπεριβάλλοντος της εκτροφής και στις αποδόσεις κρεοπαραγωγών ορνιθίων, από την ενσωμάτωση ενός ελληνικού φυσικού ζεόλιθου (πλούσιου σε κλινοπτιλόλιθο) στο σιτηρέσιο και στη στρωμνή.

Η χρήση των φυσικών ζεόλιθων στο σιτηρέσιο των παραγωγικών ζώων αποτέλεσε αντικείμενο ερευνών αρχικά στην Ιαπωνία στα μέσα της 10ετίας του 1960 (Mumpton and Fishman, 1977). Έκτοτε, στη διεθνή βιβλιογραφία εμφανίζεται πληθώρα εργασιών σχετικών με τη χρήση φυσικών ζεόλιθων στη διατροφή διαφόρων ειδών ζώων που αναφέρονται στον τύπο του υλικού που χρησιμοποιείται, στη καθαρότητά του, στις φυσικοχημικές του ιδιότητες καθώς και στο ποσοστό

χορήγησής του στο σιτηρέσιο, (Papaioannou και συν. 2005). Από τα μέχρι τώρα ερευνητικά δεδομένα, προκύπτει ότι δύο είναι οι κύριοι μηχανισμοί της θετικής δράσης των ζεολίθων στην εκτροφή των ζώων: α) Η δέσμευση της αμμωνίας (Shurson και συν. 1984, Pond και συν. 1988) και β) η καθυστέρηση της διέλευσης του εντερικού περιεχομένου που πιθανόν οδηγεί σε καλύτερη αξιοποίηση της τροφής, (Mumpton and Fishman, 1977, Olver, 1997).

Από τ' αποτελέσματα της παρούσας έρευνας προκύπτει ότι η ενσωμάτωση του φυσικού ζεόλιθου σε ποσοστό 2% στην τροφή οδήγησε σε αύξηση της κατανάλωσης της τροφής. Τα πτηνά που το σιτηρέσιό τους περιείχε ζεόλιθο σε ποσοστό 2% κατανάλωσαν μεγαλύτερες ποσότητες τροφής σε σχέση με αυτά που το σιτηρέσιό τους δεν περιείχε ζεόλιθο. Επειδή όμως ο δείκτης μετατρεψιμότητας της τροφής δεν φάνηκε να επηρεάζεται από την προσθήκη ή όχι του ζεόλιθου στην τροφή, οι διαφορές που προέκυψαν σε ό,τι αφορά το Σ.Β. των πτηνών θα μπορούσαν ν' αποδοθούν μερικώς στην αυξημένη κατανάλωση της τροφής. Η αύξηση της κατανάλωσης της τροφής πιθανόν να οφείλεται στη διαφορετική σύνθεση των χορηγούμενων σιτηρεσίων. Καθότι τα σιτηρέσια διατηρήθηκαν ισοαζωτούχα και ισοενεργειακά, η προσθήκη ζεόλιθου οδήγησε στη διαφοροποίηση των σιτηρεσίων ως προς το περιεχόμενό τους σε λιπαρές ουσίες (3,9% και 5,0% για το σιτηρέσιο έναρξης, 5,3% και 6,5% για το σιτηρέσιο ανάπτυξης και τέλος 6,5% και 7,9% για το σιτηρέσιο τελικής πάχυνσης). Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι στη διάρκεια της Β' πειραματικής φάσης (ενσωμάτωση ζεόλιθου σε ποσοστό 4% στην τροφή) η κατανάλωση της τροφής από τα κρεοπαραγωγά ορνίθια δεν διαφοροποιήθηκε σημαντικά μεταξύ των μεταχειρίσεων.

Από τα αποτελέσματα των πειραματισμών, διαπιστώθηκε ότι η προσθήκη του ζεόλιθου στην τροφή των ορνιθίων, σε ποσοστό τόσο 2% όσο και 4% επηρέασε θετικά την αύξηση του Σ.Β. των ορνιθίων. Τα κρεοπαραγωγά ορνίθια των θαλάμων ZS και ZSz (όπου δηλαδή ενσωματώθηκε ο ζεόλιθος στην τροφή) ήταν βαρύτερα σε σχέση με αυτά του θαλάμου BS (μάρτυρας) τόσο στην ηλικία των 28 όσο και στην ηλικία των 42 ημερών. Η επίδραση αυτή ήταν ιδιαίτερα εμφανής στην Α' πειραματική φάση. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν και οι Christaki και συν. (2001) που διαπίστωσαν τη θετική συμβολή στην ανάπτυξη των κρεοπαραγωγών ορνιθίων της προσθήκης ζεόλιθου (περιεκτικότητας 67% σε κλινοπτιλόλιθο) σε ποσοστό 2% επί του σιτηρεσίου.

Ενδιαφέρουσα, στην παρούσα ερευνητική εργασία και στις δύο πειραματικές φάσεις, ήταν επίσης η διαπίστωση ότι η προσθήκη ζεόλιθου στη στρωμνή (2 χλγ. ζεόλιθου / τ.μ. δαπέδου) επηρεάζει επίσης θετικά την ανάπτυξη των κρεοπαραγωγών ορνιθίων. Τα ορνίθια του θαλάμου BSz (ζεόλιθος μόνο στη στρωμνή) ήταν σημαντικά βαρύτερα από αυτά του θαλάμου «μάρτυρας», ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές σε σχέση με τους θαλάμους όπου ο ζεόλιθος δινόταν στην τροφή (ZS & ZSz). Παρόμοια συμπεράσματα παρουσίασαν και οι Eleroğlu and Yalçın (2005), οι οποίοι αναφέρουν διαφορές στην ανάπτυξη κρεοπαραγωγών ορνιθίων οφειλόμενες στη προσθήκη ζεόλιθου (50% κλινοπιλόλιθος και 40% μορντενίτης) στη στρωμνή κρεοπαραγωγών ορνιθίων.

Σημαντικό πρόβλημα της εντατικής πτηνοτροφίας είναι ο έλεγχος της ποιότητας των αποβλήτων της. Το πρόβλημα συνίσταται αφενός στον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος και αφετέρου στο θέμα της ευζωίας των πτηνών και στη μείωση των απωλειών της παραγωγής, (Francesch and Brufau, 2004). Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι για τον έλεγχο της ποιότητας των αποβλήτων συμπεριλαμβανομένων των μεθόδων διατροφής (Francesch and Brufau, 2004) καθώς και των μεθόδων διαχείρισης (McCroly and Hobbs, 2001, Patterson and Adrizal, 2005).

Ο ποιοτικός έλεγχος του μικροπεριβάλλοντος της εκτροφής κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα πλαίσια αυτής της έρευνας έγινε με τον προσδιορισμό των παρακάτω παραμέτρων: υγρασία, οργανικά στερεά, ολικό οργανικό άζωτο (Total Kjeldahl Nitrogen), αμμωνιακό άζωτο και B.O.D.<sub>5</sub> στη στρωμνή καθώς και η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η συγκέντρωση αμμωνίας στην ατμόσφαιρα των θαλάμων.

Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων της στρωμνής (μείγμα στρωμνής και περιττωμάτων) για τον προσδιορισμό των προαναφερθέντων παραμέτρων προέκυψαν τα ακόλουθα:

Η ενσωμάτωση του φυσικού ζεόλιθου τόσο στη στρωμνή όσο και στην τροφή (2% και 4%) των κρεοπαραγωγών ορνιθίων συνετέλεσαν στη μείωση της υγρασίας της στρωμνής. Σε πρόσφατη εργασία οι Eleroğlu and Yalçın (2005) προσδιόρισαν χαμηλότερες μέσες τιμές υγρασίας σε στρωμνή θαλάμων κρεοπαραγωγών ορνιθίων στην οποία είχε ενσωματωθεί ζεόλιθος σε ποσοστά 25%, 50% και 75%. Επίσης, οι Öztürk και συν. (1998) αναφέρουν χαμηλότερο ποσοστό υγρασίας στην κόπρο αυγοπαραγωγών ορνιθίων των οποίων το σιτηρέσιο περιείχε ζεόλιθο, αποδίδοντας το γεγονός στη δεσμευτική ως προς το νερό ικανότητα του ζεόλιθου.

Το οργανικό υλικό (οργανικά στερεά) της στρωμνής διαπιστώθηκε ότι ήταν μικρότερο στους θαλάμους όπου ο ζεόλιθος ενσωματώνονταν στην τροφή των ορνιθίων σε σχέση με αυτό της στρωμνής του θαλάμου «μάρτυρα». Τα αποτελέσματα αυτά που παρατηρήθηκαν και στις δύο φάσεις του πειραματισμού, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η ενσωμάτωση του ζεόλιθου στην τροφή των ορνιθίων έχει θετική επίδραση στην αξιοποίηση της προσλαμβανόμενης τροφής διαμέσου της καλύτερη αξιοποίησης του οργανικού υλικού, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται και από τις διαφορές που προέκυψαν στο Σ.Β. των ορνιθίων στους αντίστοιχους θαλάμους. Επιπλέον, τα αποτελέσματα που αφορούν στο Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (B.O.D.<sub>5</sub>), την παράμετρο δηλαδή με την οποία εκτιμάται έμμεσα το οργανικό φορτίο των αποβλήτων και ο βαθμός ρύπανσης που αυτά προκαλούν από την αποδόμηση των οργανικών ουσιών στον τελικό αποδέκτη, υποδεικνύουν ότι η προσθήκη ζεόλιθου στην τροφή και στη στρωμνή συντελεί στην παραγωγή αποβλήτων με μικρότερο ρυπαντικό φορτίο. Η επίδραση αυτή όμως επιβεβαιώθηκε ιδιαίτερα στην πρώτη πειραματική φάση όπου το ποσοστό συμμετοχής του ζεόλιθου στην τροφή ήταν 2%.

Αν και οι συγκεντρώσεις του ολικού οργανικού αζώτου στη στρωμνή ήταν σχεδόν παρόμοιες σε όλους τους θαλάμους, η συγκέντρωση της αμμωνίας (που δεν ήταν δεσμευμένη από τον ζεόλιθο και συνεπώς πιο εύκολα διαθέσιμη στο να μετατραπεί σε αέριο αμμωνία) ήταν χαμηλότερη στους θαλάμους όπου χρησιμοποιήθηκε ζεόλιθος. Η παρατήρηση αυτή καταγράφηκε χαρακτηριστικά στη περίπτωση του θαλάμου ZSz (συνδυασμός ενσωμάτωσης ζεόλιθου στην τροφή και στη στρωμνή) και στις δύο φάσεις του πειραματισμού.

Επιπλέον, σύμφωνα με τ' αποτελέσματα και των δύο φάσεων του πειραματισμού οι συγκεντρώσεις αμμωνίας στην ατμόσφαιρα του θαλάμου ZS (όπου ο ζεόλιθος δινόταν σε ποσοστό 2% ή 4% ενσωματωμένος μόνο στην τροφή), ήταν υψηλότερες σε σχέση με τις τιμές αμμωνίας που μετρήθηκαν στην ατμόσφαιρα των θαλάμων BSz και ZSz. Τ' αποτελέσματα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η ενσωμάτωση ζεόλιθου στην τροφή σε ποσοστό (2% ή 4%) προκαλεί αύξηση της αμμωνίας στην ατμόσφαιρα των θαλάμων των κρεοπαραγωγών ορνιθίων, πιθανόν εξαιτίας της δέσμευσης της αμμωνίας από τον ζεόλιθο μέσα στον πεπτικό σωλήνα των πτηνών. Το παραπάνω συμπέρασμα μπορεί επίσης να αποδοθεί στη θετική επίδραση του φυσικού ζεόλιθου στην απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών και ιδιαίτερα του πρωτεϊνικού αζώτου. Η προσθήκη φυσικού ζεόλιθου στα σιτηρέσια των

κρεοπαραγωγών ορνιθίων πιθανόν επιδρά σε μεγαλύτερη απορρόφηση των πρωτεϊνών γεγονός που διαδοχικά συμμετέχει στη διαδικασία των εκπομπών αμμωνίας στην ατμόσφαιρα των θαλάμων. Σε ανάλογα συμπεράσματα καταλήγουν και οι Robertson και συν. (2002), οι οποίοι περιέγραψαν μια αξιοσημείωτη συσχέτιση μεταξύ των συγκεντρώσεων της εκπεμπόμενης αμμωνίας και των ολικών πρωτεϊνών που προσλάμβαναν κρεοπαραγωγά ορνίθια διατρεφόμενα με σιτηρέσια διαφορετικής σύστασης ως προς το περιεχόμενό τους σε πρωτεΐνες. Στην παρούσα έρευνα διαπιστώθηκε ότι η προσθήκη του ζεόλιθου στη στρωμνή οδήγησε σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις αμμωνίας στην ατμόσφαιρα των θαλάμων. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν και οι Nakaue και συν. (1981), οι οποίοι διαπίστωσαν ότι η ενσωμάτωση 5 χλγ κλινοπιλόλιθου/ τ.μ. στρωμνής μείωσε τις συγκεντρώσεις αμμωνίας σε ποσοστό έως και 35%. Αντίθετα οι Amon και συν. (1997) διαπίστωσαν υψηλότερες συγκεντρώσεις αμμωνίας σε θαλάμους όπου προστέθηκε κλινοπιλόλιθος, όμως οι μετρήσεις τους έγιναν σε θαλάμους με συνθήκες χαμηλότερου αερισμού και υψηλότερης υγρασίας.

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι η χρήση ζεόλιθου τόσο με την ενσωμάτωση του σε ποσοστό 2% στην τροφή όσο και με την προσθήκη του στη στρωμνή στην αναλογία των 2 χλγ./τ.μ. στρωμνής έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξη των κρεοπαραγωγών ορνιθίων και οδηγεί σε βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων των ορνιθοτροφείων προς όφελος του περιβάλλοντος.

Η χρήση λοιπόν των φυσικών ζεόλιθων μπορεί να συμπεριληφθεί στις εκτροφές κρεοπαραγωγών ορνιθίων, αλλά παράγοντες όπως ο τύπος του φυσικού ζεόλιθου και το ποσοστό ενσωμάτωσής του είτε στην τροφή είτε στη στρωμνή απαιτούν ακόμη μεγαλύτερη έρευνα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AL-HOMIDAN. A., ROBERTSON, J.F., & PETCHEY, A.M. (2003) Review of the effect of ammonia and dust concentration on broiler performance. *Poultry Science*, **59**: 340-349.
- AMES L.L. JR. (1960) The cation sieve properties of clinoptilolite. *American Mineralogy* 45: 689-700.
- AMON, M., DOBEIC, M. SNEATH, R.W., PHILLIPS, V. R., MISSELBROOK, T.H., PAIN, B.F. (1997) A farm-scale study on the use of clinoptilolite zeolite and De-Odorase® for reducing odour and ammonia emissions from broiler houses. *Bioresource Technology*, 61: 229-237.
- ANDERSSON S., GRENTHE I., JOHNSON E. (1975) Separation of poisons from the dialysis liquid of a recycle dialysis system. German Patent 2,512,212. Αναφέρεται από τον Mumpton F.A. (1999)
- APHA (1989) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17<sup>th</sup> edition. 1989. American Public Health Association, Washington DC, U.S.A.
- BAIN C. & SMITH L. 1987. Chemical analysis. In: Wilson M. (ed.), A handbook of determinative methods in clay mineralogy, Glasgow, Blackie, pp. 248-274.
- BARBARICK K.A. & PIRELA H.J. (1984) Agronomic and horticultural uses of zeolites: A review. In: *Use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*. Pond W.G., Mumpton F.A. (eds), Boulder, Colorado, Westview Press Inc., pp. 95-106
- BARRINGTON S. & EL-MOUEDDEB K. (1995) Zeolite as feed additive to control swine manure odours and to improve animal growth performance. Paper 95-510. Presentation to the Canadian Society of Agricultural Engineering at the Agricultural Institute of Canada Annual Conference, July 9-12. Ottawa, Ontario, p.15
- BAUMANN E.R., HOPPING W.D., WARNER F.D. (1981) Field evaluation of the treatability of type A zeolite in a trickling filter plant. *Water Research* 15:889-901
- BLAIR, R., JACOB, J.P., IBRAHIM, S., WANG, P. (1999) A quantitative assessment of reduced protein diets and supplements to improve nitrogen utilization. *Journal of Applied Poultry Research*, 8:25-47.

- CHAPMAN D.H. 1965. Cation exchange capacity. In: A. Black (Ed.), *Methods of soil analysis*. No 9 in the series *Agronomy*, Am. Inst. Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 891-901.
- CHLOPECKA A. & ADRIANO D.C. (1997) Influence of zeolite, apatite and Fe-oxide on Cd and Pb uptake by crops. *Sci Total Environ* 207: 195-206 (abstract)
- CHRISTAKI, E., FLOROU- PANERI, P., TSERVENI- GOUSI, A., YANNAKOPOULOS, A., FORTOMARIS, P. (2001) Effects of dietary inclusion of a natural zeolite on broiler performance and carcass characteristics. In 13<sup>th</sup> International Zeolite Conference: "Zeolites and mesoporous materials at the dawn of the 21<sup>st</sup> century", Montpellier, France, pp 1-7.
- COMMISSION REGULATION, (1999) No 1245, 70/ 524/ EEC, 16 June 1999.
- ELEROĞLU H., YALÇIN, H. (2005) Use of natural zeolite-supplemented litter increased broiler production. *South African Journal of Animal Science* 35: 90-97.
- FAGHIHIAN H., MARAGEH M.G., KAZEMIAN H. (1999) The use of clinoptilolite and its sodium form for removal of radioactive cesium and strontium from nuclear wastewater and  $Pb^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$  from municipal wastewater. *Appl. Radiat. Isot.* 50: 655-660 (abstract)
- FLANIGEN E.M. (1984) Adsorption properties of molecular sieve zeolites. In: *Use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*. Pond W.G., Mumpton F.A. (eds), Boulder, Colorado, Westview Press Inc., pp. 55-68
- FRANCESCH, M. AND BRUFAU, J. (2004) Nutritional factors affecting excreta/litter moisture and quality. *World's Poultry Science Journal*, 60: 64-75.
- GIESEKKE E.W. (1999) Mineral-based treatment strategies for wastes and effluents. *South African Journal of Science* 95: 367-372
- GROOT KOERKAMP P.W.G. (1994). Review on emissions of ammonia from housing systems for laying hens in relation to sources processes, building design and manure handling. *J. agric. Engng Res.* 59: 73-87.
- HAIDOUTI C. (1997) Inactivation of mercury in contaminated soils using natural zeolites. *Sci Total Environ* 208: 105-109 (abstract)



- HAWKINS D.B. (1984) Occurrence and availability of natural zeolites. In: *Use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*. Pond W.G., Mumpton F.A. (eds), Boulder, Colorado, Westview Press Inc., pp. 69-79
- HERSHEY D.R., PAUL J.L., CARLSON R.M. (1980) Evaluation of potassium-enriched clinoptilolite as a potassium source of potting media. *HortSci.* 15: 87-89. Αναφέρεται από τους Barbarick K.A. & Pirela H.J. (1984)
- JAIN S.K. (1999) Protective role of zeolite on short- and long-term lead toxicity in the teleost fish *Heteropneustes fossilis*. *Chemosphere* 39: 247-251
- KANTIRANIS N., FILIPPIDIS A. & GEORGAKOPOULOS A. 2005. Investigation of the uptake ability of fly ashes produced after lignite combustion. *Journal of Environmental Management*, 76, 119-123.
- KANTIRANIS, N., FILIPPIDIS, A., MOUHTARIS, TH., CHARISTOS, D., KASSOLI-FOURNARAKI, A., TSIRAMBIDES, A. (2002) The uptake ability of the Greek natural zeolites. In *ZEOLITE '02*, 6th International Conference on the occurrence, properties and utilization of natural zeolites, Thessaloniki, pp. 155–156.
- KASSOLI-FOURNARAKI, A., STAMATAKIS, M., HALL, A., FILIPPIDIS, A., MICHAILIDIS, K., TSIRAMBIDES, A., KOUTLES, TH. (2002) The Ca-rich clinoptilolite deposit of Pentalofos, Thrace, Greece. In: Colella and Mumpton (Eds) *Natural zeolites for the third millenium*, De Frede Editore, Napoli pp. 193–202.
- KATO K., NAOSHIRO N., YOSHIHIRO S., MITSUE S., MASAHUMI K., MASAO O. (1970) Zeolites as polishing agent for dentrifice. II. Abrasive action and active fluoride ion in zeolite-containing fluoride. *Iyokizikai Kenkyushu Hokoku* 4: 115-128
- KAWAHARA K., TSURUDA K., MORISHITA M., UCHIDA M. (2000) Antibacterial effect of silver-zeolite on oral bacteria under anaerobic conditions. *Dental Materials* 16: 452-455
- KIM WK, FROELICH CA, PATTERSON PH, RICKE SC (2006) The potential to reduce poultry nitrogen emissions with dietary methionine or methionine analogues supplementation. *Worlds Poultry Science Journal* 62: 338-353

- KLIEVE J.R. & SEMMENS M.J, (1980) An evaluation of pretreated natural zeolites for ammonium removal. *Water Research* 14: 161-168
- KYRIAKIS S.C., ALEXOPOULOS C., SAOULIDIS K., PAPAIOANNOU D., BALKAMOS G.C. (2000) An experimental study on the effect of in-feed inclusion of a natural zeolite (clinoptilolite) on health status and performance of weaned, growing and finishing pigs. In: *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Pig Veterinary Society Congress*. Cargill C., McOrist S. (eds), Melbourne, Australia, Causal Productions Pty Ltd, p. 381
- LIBERTI L., BOARI G., PETRUZZELLI D., PASSINO R. (1981) Nutrient removal and recovery from wastewater by ion exchange. *Water Research* 15:337-342
- MATSUURA T., ABE Y., SATO Y., OKAMOTO K., UESHIGE M., AKAGAWA Y. (1997) Prolonged antimicrobial effect of tissue conditioners containing silver-zeolite. *Journal of Dentistry* 25: 373-377
- MCCRORY, D.F. AND HOBBS, P.J. (2001) Additives to reduce ammonia and odor emissions from livestock wastes: a review. *Journal of Environmental Quality* 30:345-355.
- MINER J.R. (1984) Use of natural zeolites in the treatment of animal wastes. In: *Use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*. Pond W.G., Mumpton F.A. (eds), Boulder, Colorado, Westview Press Inc., pp 263-269
- MUMPTON F.A. AND FISHMAN, P.H. (1977) The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. *Journal of Animal Science*, 45:1188–1203.
- MUMPTON F.A. FREDERICK, P.H. (1999) La roca magica: uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proceedings of the National Academy of Science* 99:3463 – 3470.
- NAHM, K.H. (2005A) Factors influencing nitrogen mineralization during poultry litter composting and calculations for available nitrogen. *Poultry Science*, 61: 238-253.
- NAHM, K.H. (2005B) Environmental effects of chemical additives used in poultry litter and swine manure. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 35:487-513.
- NAKAUE, H.S., KOELLIKER, J.K. AND PIERSON, M.L. (1981) Studies with clinoptilolite in poultry: 2. Effect of feeding broilers and the direct application

- of clinoptilolite (zeolite) on clean and reused broiler litter on broiler performance and house environment. *Poultry Science* 60: 1221-1228.
- OLVER, M. D. (1997) Effect of feeding clinoptilolite (zeolite) on the performance of three strains of laying hens. *British Poultry Science* 38: 220- 222.
- ÖZTÜRK, G., ERENER, M.S. AND SARICA, M. (1998) Influence of natural zeolite on performance of laying hens and egg quality. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 22: 623-628.
- PAPAIOANNOU, D., KATSOULOS, P.D., PANOUSIS, N. AND KARATZIAS, H. (2005) The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or treatment of certain farm animal diseases. *Microporous and Mesoporous Materials* 84: 161-170.
- PATTERSON, P. H. AND ADRIZAL, T. (2005) Management Strategies to Reduce Air Emissions: Emphasis—Dust and Ammonia. *Journal of Applied Poultry Research* 14: 638-650.
- PIPER R.G. & SMITH C.E. (1984) Use of clinoptilolite for ammonia removal in fish culture systems. In: *Use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*. Pond W.G., Mumpton F.A. (eds), Boulder, Colorado, Westview Press Inc., pp. 229-234
- POND, W. G., YEN, J. T. AND VAREL, V. H. (1988) Response of growing swine to dietary copper and clinoptilolite supplementation. *Nutrition Reports INTERNATIONAL* 37: 795- 803.
- RAMOS, A.J., HERNANDEZ, E. (1997) Prevention of aflatoxicosis in farm animals by means of hydrated sodium calcium aluminosilicate addition to feedstuffs: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 65: 197-206.
- ROBERTSON, A.P., HOXEY, R.P., DEMMERS, T.G.M., WELCH, S.K., SNEATH, R.W., STACEY, K.F., FOTHERGILL, A, FILMER, D, FISHER, C. (2002) Commercial-scale studies of the effect of broiler-protein intake on aerial pollutant emissions. *Biosystems Engineering*, 82: 217-225.
- RODRIGUEZ-FUENTES G., BARRIOS M.A., IRAIZOZ A., PERDOMO I., CEDRE B. (1997) Enterex : Anti-diarrheic drug based on purified natural clinoptilolite. *Zeolites* 19 : 441-448
- SHENBER M.A. & JOHANSON K.J. (1992) Influence of zeolite on the availability of radiocaesium in soil to plants. *Sci Total Environ* 113: 287-295 (abstract)

- SHEPPARD R.A. (1984) Characterization of zeolitic materials in agricultural research. In: *Use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*. Pond W.G., Mumpton F.A. (eds), Boulder, Colorado, Westview Press Inc., pp. 81-90
- SHURSON, G. C., KU, P. K., MILLER, E. R. AND YOKOYAMA, M. T. (1984) Effects of zeolite a or clinoptilolite in diets of growing swine. *Journal of Animal Science* 59:1536- 1545.
- STANKOV M. & VEIZOVIC D. (1993) Use of Ambizel V (zeolite) in pig houses to improve the microclimate and productivity. *Veterinarski Glasnik* 47: 169-175 (abstract)
- SUCHY, P., STRAKOVA, E., VECEREK, V., KLOUDA, Z., KRACMAROVA, E. (2006) The effect of a clinoptilolite-based feed supplement on the performance of broiler chickens. *Czech Journal of Animal Science*, 51: 168-173.
- TARASEVICH Y.I. (1988) Natural zeolites in water treatment processes. *Sov. J. Water Chem. Tech.* 10: 22-32. Αναφέρεται από τους Bernal M.P. & Lopez-Real J.M. (1993)
- TORII K. (1978) Utilization of natural zeolites in Japan. In: *Natural zeolites: Occurrence, Properties, Use*. Sand L.B., Mumpton F.A. (eds), Elmsford, New York, Pergamon Press, pp. 441-450
- TSERVENI- GOUSI, A.S, YANNAKOPOULOS, A.L., KATSAOUNIS, N.K., FILIPPIDIS, A. KASSOLI- FOURNARAKI, A. & FORTOMARIS, P. (1995) Influence of Greek clinoptilolite bearing rocks on the egg-shell quality in the early stage of laying. *International Symposium and Exhibition of Natural zeolites, Sofia, Bulgaria. Extended Abstracts*, pp. 118.
- TSERVENI- GOUSI, A.S., YANNAKOPOULOS, A.L., KATSAOUNIS, N.K., FILIPPIDIS, A. & KASSOLI- FOURNARAKI, A. (1997) Some interior egg characteristics as influenced by addition of Greek Clinoptilolitic rock material in the hen diet. *Archiv für Geflügelkunde*, **61**:291-296.
- ULLMAN, J.L., MUKHTAR, S., LACEY, R.E., CAREY, J.B. (2004) A review of literature concerning odors, ammonia, and dust from broiler production facilities: 4. Remedial management practices. *Journal of Applied Poultry Research* 13: 521-531.

- VDOVINA E.D., RADYUK R.I., SULTANOV A.S. (1976) Use of Uzbekistan natural zeolites for the purification of low-level wastewaters. I. Sorption of radioactive cesium. *Radiokhimiya* 18: 422-423
- YANNAKOPOULOS A.L., TSERVENI-GOUSHI A.S., CHRISTAKI E. (1998) Effect of natural zeolite on yolk:albumen ratio in hen eggs. *British Poultry Science* 39: 506-510
- YANNAKOPOULOS, A.L., TSERVENI- GOUSHI, A.S., KATSAOUNIS, N.K., FILIPPIDIS, A., KASSOLI- FOURNARAKI, A. & TSOLAKIDOU A. (1995) The influence of Greek clinoptilolite bearing rocks on the performance of laying hens, in the early stage of laying. *International Symposium and Exhibition of Natural zeolites, Sofia, Bulgaria. Extended Abstracts*, pp. 120.
- ΔΡΑΚΟΥΛΗΣ Α. (2005) Ο ρόλος του ηφαιστειακού γυαλιού στη δεσμευτική ικανότητα βιομηχανικών πετρωμάτων της Μήλου. Διατριβή Ειδίκευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 43σ.
- ΠΑΠΑΙΩΑΝΝΟΥ Δ. (2002). Μελέτη των επιπτώσεων στην υγεία των χοίρων από την ενσωμάτωση του ζεόλιθου στην τροφή τους. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Κτηνιατρικής, Α.Π.Θ.
- ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ Α.Ε. (1996) Πετρολογία ιζηματογενών πετρωμάτων. Θεσσαλονίκη, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ.
- ΦΙΛΙΠΠΙΔΗΣ Α. (1996) Ορυκτοί πόροι και περιβάλλον. Σημειώσεις για το μάθημα «Περιβαλλοντική Γεωλογία» Ζ' εξαμήνου. Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

**Πίνακας 7.** Αποτελέσματα των ποιοτικών χαρακτηριστικών της στρωμνής των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 2% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμνή από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμνή από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος σε αναλογία 2 χλγ/ τ.μ. (BSz και ZSz).

Παράμετροι	Ομάδες						SEM	P	Επίδραση
	Ημέρα Δειγ/ψίας	BS (n=130)	ZS (n=130)	BSz (n=130)	ZSz (n=130)				
	14	32,25	31,67	27,09	27,28	3,45	0.643	NS <sup>1</sup>	
Υγρασία	28	46,02	39,07	42,14	40,97	4,49	0.769	NS	
% δειγ/τος.	42	51,74	49,41	46,02	44,59	3,01	0.381	NS	
Οργανικά	14	94,46 <sup>a</sup>	91,80 <sup>a,b</sup>	85,82 <sup>b</sup>	78,98 <sup>c</sup>	1,81	0.002	***	
στερεά	28	86,03 <sup>a</sup>	83,00 <sup>b</sup>	78,98 <sup>c</sup>	75,91 <sup>d</sup>	0,91	<0.001	***	
% ολικ.στ.	42	83,29 <sup>a</sup>	78,39 <sup>b</sup>	80,50 <sup>a,b</sup>	74,75 <sup>c</sup>	1,08	0.003	***	
Kjeldahl	14	17,11 <sup>a</sup>	17,72 <sup>a</sup>	14,49 <sup>a,b</sup>	12,68 <sup>b</sup>	1,40	0.075	NS	
Nitrogen	28	22,88	23,55	23,03	21,91	2,01	0.958	NS	
γρμ/χλγ δειγ.	42	24,80	23,24	23,46	22,50	1,90	0.897	NS	
Nitrogen	14	0,90 <sup>a</sup>	0,54 <sup>b</sup>	0,46 <sup>b</sup>	0,62 <sup>b</sup>	0,07	0.014	*	
Ammonia	28	3,28 <sup>a</sup>	2,82 <sup>a</sup>	2,75 <sup>a</sup>	2,52 <sup>b</sup>	0,19	0.124	NS	
γρμ/χλγ δειγ.	42	6,16 <sup>a</sup>	5,20 <sup>a,b</sup>	5,34 <sup>a,b</sup>	4,56 <sup>b</sup>	0,57	0.392	NS	
B.O.D. <sub>5</sub>	14	134,00 <sup>a</sup>	113,20 <sup>a</sup>	83,60 <sup>b</sup>	70,80 <sup>b</sup>	8,32	0.105	NS	
γρμ/χλγ δειγ.	28	129,60 <sup>a</sup>	110,60 <sup>a,b</sup>	100,85 <sup>b</sup>	86,70 <sup>b</sup>	7,83	0.009	**	
	42	132,00 <sup>a</sup>	115,40 <sup>a,b</sup>	110,56 <sup>a,b</sup>	105,70 <sup>b</sup>	8,55	0.198	NS	

<sup>a, b, c, d</sup> Μέσοι όροι στην ίδια γραμμή με διαφορετικό εκθέτη διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (P<0.05) \*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001 <sup>1</sup>NS: μη σημαντική

**Πίνακας 8.** Συνολική συγκέντρωση αμμωνίας στις ομάδες των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 2% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμένη από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμένη από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος σε αναλογία 2 χλγ/ τ.μ. (BSz και ZSz) για την περίοδο 29-42 ημέρες στη διάρκεια του 2<sup>ου</sup> πειραματικού κύκλου.

	Ομάδες					SEM	P	Επίδραση
	Περίοδος (ημέρες)	BS (n=56)	ZS (n=56)	BSz (n=56)	ZSz (n=56)			
Συγκέντρωση αμμωνίας (ppm)	29-42	23,64 <sup>a,b</sup>	27,00 <sup>b</sup>	20,55 <sup>a</sup>	21,71 <sup>a</sup>	1,20	0.002	**

<sup>a, b</sup> Μέσοι όροι στην ίδια γραμμή με διαφορετικό εκθέτη διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους ( $P < 0.05$ ) \*\* $P < 0.01$



**Πίνακας 9.** Σύνθεση και χημική σύσταση των μειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην Α΄φάση του πειραματισμού

Σύνθεση (γρμ/ χλγ)	Εναρκτήριο (ημέρες 0-14)		Grower (ημέρες 15-28)		Finisher (ημέρες 29-42)	
	B	Z	B	Z	B	Z
Αλεσμένα σπέρματα σιταριού	617,9	580,9	614,4	576,9	624,4	583,4
Σογιάλευρο	289	290	287	287	273	275
Σογιέλαιο	20	31	24,5	32	28	32
Ζωικό λίπος	0	0	10	15	20	30
Ιχθυάλευρο	30	35	20	25	10	15
Φυσικός ζεόλιθος	0	20	0	20	0	20
Πρόμειγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων*	25	25	25	25	25	25
Ανθρακικό ασβέστιο	13,5	13,5	14,5	14,5	15	15
Biotronic	3	3	3	3	3	3
Φωσφορικό μονοασβέστιο	1	1	1	1	1	1
Αντικοκκιδιακό	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Φυτάση	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Χημική ανάλυση (%)</i>						
Ολικές αζωτούχες ουσίες	23,2	23,2	22,3	22,3	21,1	21,1
Λιπαρές ουσίες	3,9	5,0	5,3	6,5	6,5	7,9
Ασβέστιο	0,97	0,97	0,98	0,98	0,95	0,95
Διαθέσιμος φώσφορος	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47
Μεταβολιστέα Ενέργεια (kcal/kg)	3074	3074	3148	3148	3223	3223

\* Περιεκτικότητα (ανά kg) στο μείγμα : 14000 IU βιτ. A, 5000 IU βιτ. D<sub>3</sub>, 80 mg βιτ. E, 13mg βιτ. K, 26mg θειαμίνη, 8 mg ριβοφλαβίνη, 3 mg πυριδοζίνη, 0.02 βιτ. B<sub>12</sub>, 85 mg νιασίνη, 22 mg παντοθενικό οξύ, 2 mg φολικό οξύ, 0.15 mg βιοτίνη, 10 mg βιτ. C and 450 mg χολίνη, 100 mg Zn, 120 mg Mn, 30 mg Fe, 15 mg Cu, 0.20 mg Co, 1 mg I and 0.3 mg Se.

**Πίνακας 10.** Αύξηση Σ.Β. των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 2% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμένη από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμένη από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος σε αναλογία 2 χλγ/ τ.μ. (BSz και ZSz)

	Ηλικία (ημέρες)	Ομάδες				SEM	P	Επίδραση
		BS (n=130)	ZS (n=130)	BSz (n=130)	ZSz (n=130)			
Σωμ.	0	39,8	39,8	39,3	39,7	0,28	0.448	NS <sup>1</sup>
Βάρος (γρμ)	14	399,4 <sup>a,b</sup>	405,3 <sup>a</sup>	390,9 <sup>b,c</sup>	384,4 <sup>c</sup>	3,21	<0.001	***
	28	1283,3 <sup>a</sup>	1334,1 <sup>b</sup>	1333,5 <sup>b</sup>	1325,5 <sup>b</sup>	9,62	<0.001	***
	42	2317,5 <sup>a</sup>	2474,1 <sup>b</sup>	2468,1 <sup>b</sup>	2482,2 <sup>b</sup>	16,5	<0.001	***

<sup>a, b, c</sup> Μέσοι όροι στην ίδια γραμμή με διαφορετικό εκθέτη διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (P<0.05)

\*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001

<sup>1</sup>NS: μη σημαντική

**Πίνακας 11.** Κατανάλωση τροφής, Δείκτης Μετατρεψιμότητας και Θνησιμότητα των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 2% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος σε αναλογία 2 χλγ/τ.μ. (BSz και ZSz).

Μετρήσεις	Περίοδος (ημέρες)	Ομάδες			
		BS (n=2)	ZS (n=2)	BSz (n=2)	ZSz (n=2)
Κατανάλωση τροφής (γρμ)	0-14	472,2	484,6	498,8	486,5
	15-28	1416,9	1489,3	1401,4	1527,5
	28-42	2034,6	2294,9	2046,5	2420,8
	Συνολικά	3923,7 <sup>a</sup>	4268,8 <sup>a,b</sup>	3946,6 <sup>a</sup>	4434,8 <sup>b</sup>
Μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής (γρμ)	0-14	33,7	34,6	35,6	34,8
	15-28	101,2	106,4	100,1	109,1
	28-42	145,3	163,9	146,2	172,9
	Συνολικά	93,4 <sup>a</sup>	101,6 <sup>a,b</sup>	94,0 <sup>a</sup>	105,6 <sup>b</sup>
Δείκτης μετατρεψιμότητα	0-14	1,3	1,3	1,4	1,4
	15-28	1,6	1,6	1,5	1,6
	28-42	2,0	2,0	1,8	2,1
	Συνολικά	1,7	1,8	1,6	1,8
Θνησιμότητα (%)	0-14	1,5	1,7	3,3	3,1
	15-28	1,1	0,9	1,3	1,4
	29-42	5,2	4,6	4,4	4,8
	Συνολικά	7,7	7,1	8,8	9,1

<sup>a, b</sup> Μέσοι όροι στην ίδια γραμμή με διαφορετικό εκθέτη διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (P<0.05) στη σύγκριση με το t-test κριτήριο

**Πίνακας 12.** Αποτελέσματα των ποιοτικών χαρακτηριστικών της στρωμνής των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 4% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμνή από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμνή από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος σε αναλογία 2 χλγ/ τ.μ. (BSz και ZSz).

Παράμετροι	Ομάδες					SEM	P	Επίδραση
	Ημέρα Δειγ/ψίας	BS (n=130)	ZS (n=130)	BSz (n=130)	ZSz (n=130)			
	14	40,20 <sup>a</sup>	33,,51 <sup>b</sup>	31,65 <sup>b</sup>	32,75 <sup>b</sup>	2,19	0.019	*
Υγρασία	28	50,62 <sup>a</sup>	41,15 <sup>b</sup>	41,82 <sup>b</sup>	40,57 <sup>b</sup>	2,95	0.044	*
% δειγ/τος	42	52,52	51,04	51,84	48,24	2,47	0.646	NS <sup>1</sup>
Οργανικά	14	94,35 <sup>a</sup>	88,33 <sup>b</sup>	83,72 <sup>c</sup>	77,87 <sup>d</sup>	2,27	<0.001	***
στερεά	28	85,70 <sup>a</sup>	78,26 <sup>b</sup>	81,93 <sup>c</sup>	73,90 <sup>d</sup>	1,65	<0.001	***
% ολικ.στ.	42	83,02 <sup>a</sup>	72,55 <sup>b</sup>	80,30 <sup>c</sup>	72,12 <sup>d</sup>	1,64	<0.001	***
Kjeldahl	14	16,73 <sup>a,b</sup>	18,99 <sup>b</sup>	13,21 <sup>c</sup>	14,19 <sup>a,c</sup>	1,13	<0.001	***
Nitrogen	28	21,66	22,43	22,75	23,51	0,87	0.524	NS
γρμ/χλγ δειγ.	42	21,34 <sup>a</sup>	25,60 <sup>a,b</sup>	25,03 <sup>a,b</sup>	26,46 <sup>b</sup>	1,76	0.179	NS
Nitrogen	14	1,44 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a,b</sup>	1,28 <sup>a,b</sup>	1,00 <sup>b</sup>	0,15	0.183	NS
Ammonia	28	3,74 <sup>a</sup>	3,48 <sup>a,b</sup>	3,08 <sup>b,c</sup>	2,92 <sup>c</sup>	0,17	0.002	**
γρμ/χλγ δειγ.	42	5,90 <sup>a</sup>	5,98 <sup>a</sup>	6,94 <sup>b</sup>	5,25 <sup>a</sup>	0,36	0.005	**
B.O.D. <sub>5</sub>	14	112,40 <sup>ac</sup>	128,80 <sup>a</sup>	84,10 <sup>b</sup>	94,40 <sup>b,c</sup>	9,49	0.018	*
γρμ/χλγ δειγ.	28	97,20 <sup>a</sup>	93,60 <sup>a</sup>	77,60 <sup>b</sup>	84,00 <sup>a,b</sup>	5,33	0.030	*
	42	138,40 <sup>ab</sup>	148,00 <sup>b</sup>	131,60 <sup>a</sup>	126,80 <sup>a</sup>	4,90	0.009	**

<sup>a, b, c, d</sup> Μέσοι όροι στην ίδια γραμμή με διαφορετικό εκθέτη διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (P<0.05) \*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001 <sup>1</sup>NS: μη σημαντική

**Πίνακας 13.** Συνολική συγκέντρωση αμμωνίας στις ομάδες των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 4% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμένη από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμένη από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος σε αναλογία 2 χλγ/ τ.μ. (BSz και ZSz) για την περίοδο 23-41 ημέρες στους δύο διαδοχικούς κύκλους της πειραματικής φάσης

		Ομάδες					SEM	P	Επίδραση
		Περίοδος (ημέρες)	BS (n=56)	ZS (n=56)	BSz (n=56)	ZSz (n=56)			
Συγκέντρωση αμμωνίας (ppm)	Κύκλος 1	23-41	7,89 <sup>a</sup>	10,68 <sup>b</sup>	6,10 <sup>c</sup>	7,10 <sup>a,c</sup>	0,61	<0.001	***
	Κύκλος 2	23-41	9,73 <sup>a</sup>	10,47 <sup>b</sup>	8,15 <sup>c</sup>	7,15 <sup>c</sup>	0,48	<0.001	***
	Συνολικά <sup>1</sup>	23-41	8,81 <sup>a</sup>	10,57 <sup>b</sup>	7,13 <sup>c</sup>	7,13 <sup>c</sup>	0,39	<0.001	***

<sup>a, b, c</sup> Μέσοι όροι στην ίδια γραμμή με διαφορετικό εκθέτη διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (P<0.05)

\*\*\*P<0.001

<sup>1</sup>n=112 ανά ομάδα

**Πίνακας 14.** Σύνθεση και χημική σύσταση των μειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη Β' φάση του πειραματισμού.

Σύνθεση (γρμ/ χλγ)	Εναρκτήριο (ημέρες 0-14)		Grower (ημέρες 15-28)		Finisher (ημέρες 29-42)	
	B	Z	B	Z	B	Z
Αλεσμένα σπέρματα σιταριού	617,9	537,9	614,4	533,9	624,4	540,4
Σογιάλευρο	289	300	287	291	273	281
Σογιέλαιο	20	44	24,5	35,5	28	38
Ζωικό λίπος	0	0	10	25	20	38
Ιχθυάλευρο	30	35	20	30	10	18
Φυσικός ζεόλιθος	0	40	0	40	0	40
Πρόμειγμα βιταμινών και ιχνοστοιχείων*	25	25	25	25	25	25
Ανθρακικό ασβέστιο	13,5	13,5	14,5	14,5	15	15
Biotronic	3	3	3	3	3	3
Φωσφορικό μονοασβέστιο	1	1	1	1	1	1
Αντικοκκιδιακό	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Φυτάση	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Χημική ανάλυση (%)</i>						
Ολικές αζωτούχες ουσίες	23,2	23,2	22,3	22,3	21,1	21,1
Λιπαρές ουσίες	3,9	6,2	5,3	7,8	6,5	9,2
Ασβέστιο	0,97	0,97	0,98	0,98	0,95	0,95
Διαθέσιμος φώσφορος	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47
Μεταβολιστέα Ενέργεια (kcal/kg)	3074	3074	3074	3074	3074	3074

\* Περιεκτικότητα (ανά kg) στο μείγμα : 14000 IU βιτ. A, 5000 IU βιτ. D<sub>3</sub>, 80 mg βιτ. E, 13mg βιτ. K, 26mg θειαμίνη, 8 mg ριβοφλαβίνη, 3 mg πυριδοξίνη, 0.02 βιτ. B<sub>12</sub>, 85 mg νιασίνη, 22 mg παντοθενικό οξύ, 2 mg φολικό οξύ, 0.15 mg βιοτίνη, 10 mg βιτ. C and 450 mg χολίνη, 100 mg Zn, 120 mg Mn, 30 mg Fe, 15 mg Cu, 0.20 mg Co, 1 mg I and 0.3 mg Se.

**Πίνακας 15.** Αύξηση Σ.Β. των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 4% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμένη από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμένη από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος σε αναλογία 2 χλγ/ τ.μ. (BSz και ZSz).

	Ηλικία (ημέρες)	Ομάδες				SEM	P	Επίδραση
		BS (n=130)	ZS (n=130)	BSz (n=130)	ZSz (n=130)			
Σωμ.	0	43.95 <sup>a</sup>	44.06 <sup>a</sup>	43.38 <sup>a</sup>	45.89 <sup>b</sup>	0.4	0.448	NS <sup>1</sup>
Βάρους (γρμ)	14	364.72 <sup>a</sup>	403.06 <sup>b</sup>	364.80 <sup>a</sup>	414.69 <sup>b</sup>	5.54	<0.001	***
	28	1262.49 <sup>a</sup>	1409.63 <sup>b</sup>	1283.69 <sup>a</sup>	1378.48 <sup>b</sup>	16.01	<0.001	***
	42	2392.37 <sup>a</sup>	2544.57 <sup>b</sup>	2435.18 <sup>a</sup>	2454.74 <sup>a</sup>		<0.001	***

<sup>a, b, c</sup> Μέσοι όροι στην ίδια γραμμή με διαφορετικό εκθέτη διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους (P<0.05)

\*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001

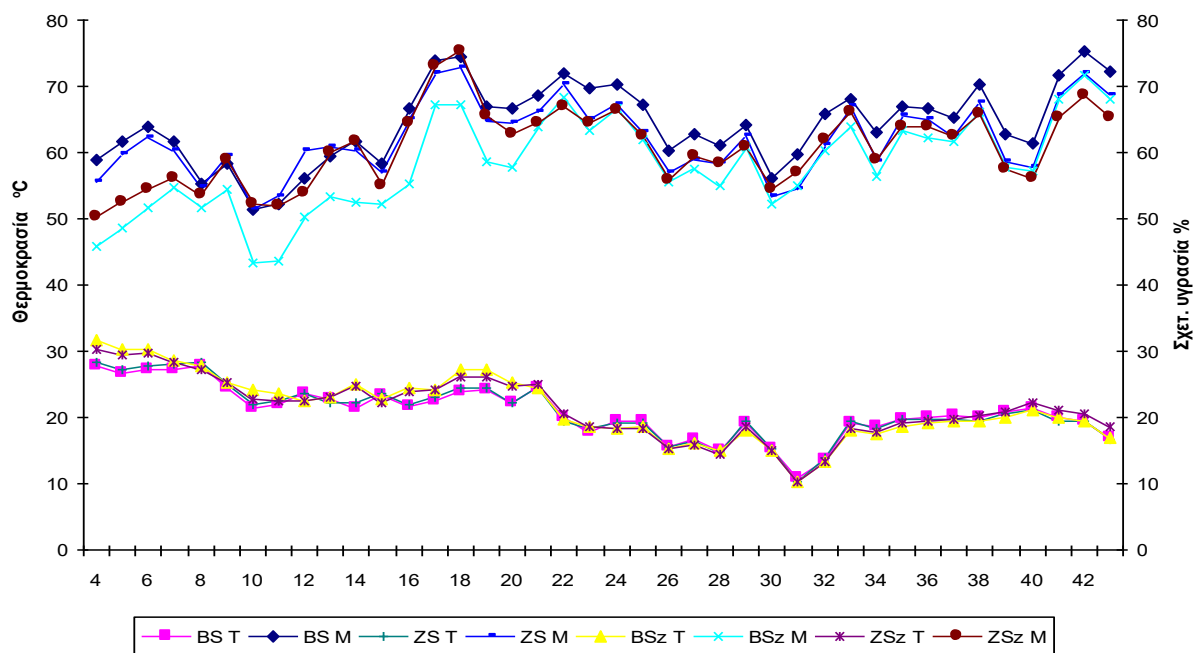
<sup>1</sup>NS: μη σημαντική

**Πίνακας 16.** Κατανάλωση τροφής, Δείκτης Μετατρεψιμότητας και Θνησιμότητα των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 4% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος σε αναλογία 2 χλγ/τ.μ. (BSz και ZSz).

<b>Μετρήσεις</b>	<i>Περίοδος (ημέρες)</i>	<b>Ομάδες</b>			
		<b>BS</b> (n=2)	<b>ZS</b> (n=2)	<b>BSz</b> (n=2)	<b>ZSz</b> (n=2)
<i>Κατανάλωση τροφής (γρμ)</i>	<i>0-14</i>	448,8	497,8	464,5	502,4
	<i>15-28</i>	1317,9	1387,6	1387,8	1411,5
	<i>28-42</i>	1919,8	1988,3	1925,4	1945,4
	<i>Συνολικά</i>	3717,3	3908,9	3820,9	3875,3
<i>Μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής (γρμ)</i>	<i>0-14</i>	32,06	35,55	33,18	35,88
	<i>15-28</i>	94,14	99,11	99,13	100,82
	<i>28-42</i>	137,13	142,02	137,53	138,95
	<i>Συνολικά</i>	93,07	93,07	90,98	93,86
<b>Δείκτης μετατρεψιμότητα</b>	<i>0-14</i>	1,40	1,39	1,46	1,37
	<i>15-28</i>	1,47	1,39	1,51	1,47
	<i>28-42</i>	1,71	1,75	1,68	1,81
	<i>Συνολικά</i>	1,59	1,56	1,60	1,63
<i>Θνησιμότητα (%)</i>	<i>0-14</i>	2,14	2,51	3,71	1,84
	<i>15-28</i>	0,71	0,48	0,53	0,94
	<i>29-42</i>	0,78	1,24	0,68	2,31
	<i>Συνολικά</i>	3,61	4,23	4,93	5,08



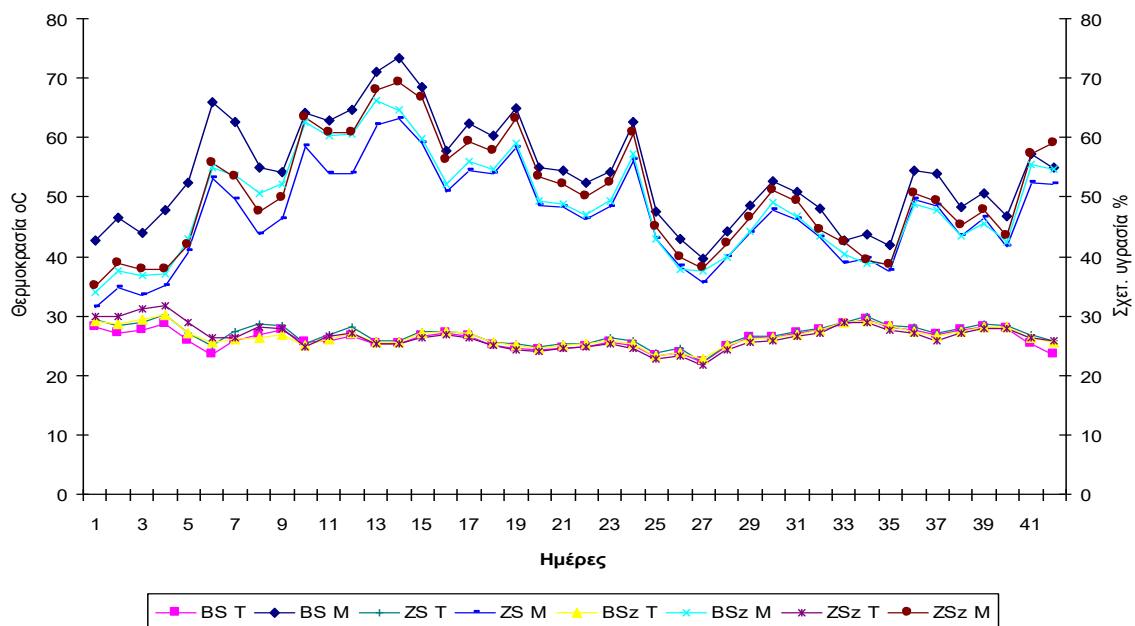
**Σχήμα 1.** Θερμοκρασία (°C) και σχετική υγρασία (%) στις ομάδες των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 2% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμή από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος σε αναλογία 2 χλγ/τ.μ. (BSz και ZSz) για την περίοδο 4-42 ημέρες.



T = Θερμοκρασία ατμόσφαιρας θαλάμου

M = Σχετική υγρασία ατμόσφαιρας θαλάμου.

Σχήμα 2. Θερμοκρασία (°C) και σχετική υγρασία (%) στις ομάδες των κρεοπαραγωγών ορνιθίων στα οποία χορηγήθηκε τροφή για κατά βούληση κατανάλωση που περιείχε 4% φυσικό ζεόλιθο (Z) ή όχι (B) και τοποθετήθηκαν σε θάλαμο με βαθιά στρωμένη από ροκανίδι (BS και ZS) ή σε θάλαμο με βαθιά στρωμένη από ροκανίδι στην οποία είχε ενσωματωθεί ο φυσικός ζεόλιθος σε αναλογία 2 χιλ/τ.μ. (BSz και ZSz) για την περίοδο 1-42 ημέρες.



T = Θερμοκρασία ατμόσφαιρας θαλάμου  
M= Σχετική υγρασία ατμόσφαιρας θαλάμου.