



Τεχνολογικό  
Πανεπιστήμιο  
Κύπρου

Σχολή Γεωτεχνικών  
Επιστημών και  
Διαχείρισης  
Περιβάλλοντος

**Πτυχιακή εργασία**

**ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΜΕΓΑΛΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ  
ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ  
ΔΙΑΠΥΡΩΜΕΝΑ ΤΣΟΦΛΙΑ ΑΥΓΩΝ ΚΑΙ Η ΣΥΝΘΕΣΗ  
BRUSHITE ΩΣ ΤΕΛΙΚΟ ΠΡΟΪΟΝ**

**Ευαγγελία Παναγιώτου**

**Λεμεσός, Μάιος 2017**



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Πτυχιακή εργασία

**ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΜΕΓΑΛΩΝ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΩΝ  
ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ  
ΔΙΑΠΥΡΩΜΕΝΑ ΤΣΟΦΛΙΑ ΑΥΓΩΝ ΚΑΙ Η ΣΥΝΘΕΣΗ  
BRUSHITE ΩΣ ΤΕΛΙΚΟ ΠΡΟΪΟΝ**

της

Ευαγγελίας Παναγιώτου

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Ιωάννης Βυρίδης

Λεμεσός, Μάιος 2017

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Ευαγγελία Παναγιώτου, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Πρώτα απ' όλα, θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή ευγνωμοσύνη στον επιβλέποντα και καθηγητή μου Δρ. Ιωάννη Βυρίδη για την προσφορά ενός ενδιαφέροντος θέματος και για τη βοήθεια στη διεκπεραίωση και ολοκλήρωση των πειραμάτων ξεπερνώντας τις όποιες δυσκολίες και εμπόδια συναντήθηκαν στην πορεία. Επιπλέον θα ήθελα να τον ευχαριστήσω ιδιαίτερα για την πολύτιμη καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές τις οποίες μου παρείχε όπως επίσης και για τη συναισθηματική υποστήριξη του. Δεν θα μπορούσα να παραλείψω να δώσω ιδιαίτερες ευχαριστίες στη συνεργάτη μου Νάσια Καφά η οποία στα πρώτα μου βήματα στον εργαστηριακό χώρο - δίνοντας μου συμβουλές και με πολλή υπομονή - μου έμαθε τις απαραίτητες τεχνικές για να μπορέσω να ολοκληρώσω την πτυχιακή μου. Δεν θα μπορούσα βέβαια να μην ευχαριστήσω τον Δρ. Γιώργο Κωνσταντινίδη και το εργαστήριο του **Νάνο και Μικρο Μηχανική Υλικών** για τις πολύτιμες αναλύσεις XRD και SEM των δειγμάτων μου τις οποίες χωρίς τη βοήθεια τους δεν θα μπορούσα να έχω. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω το ΣΑΛΑ για την παροχή των αστικών λυμάτων για χρήση και διεξαγωγή των πειραμάτων μου. Ένα μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να εκφράσω στη αγαπημένη μου θεία Ελένη Κυπριανού η οποία πρόσφερε την απαραίτητη ποσότητα τσοφλιών για να ξεκινήσουν οι πειραματικές διαδικασίες της πτυχιακής μου διατριβής. Για τη παροχή πολύτιμων συμβουλών, συζητήσεων, ψυχολογικής υποστήριξης όπως και βοήθειας στον εργαστηριακό χώρο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους υποψήφιους διδακτορικούς φοιτητές Χάρη Σαμανίδη, Παναγιώτη Χαραλάμπους, Μαρία Κυριάκου, Στέλλα Παρμάκη και Μαρία Πάτσαλου, όπως επίσης και τους υποψήφιους προπτυχιακούς φοιτητές Χρίστο Γιακουμή, Στέφανη Ιωάννου, Ελένη Κυριάκου και Ιρένα Κυπριανίδου. Τις θερμότερες ευχαριστίες τις οφείλω στην αγαπημένη μου οικογένεια δηλαδή τους γονείς και τον αδερφό μου όπως επίσης και στους φίλους μου οι οποίοι με την υποστήριξη και τις συμβουλές τους μου έδωσαν ένα μεγάλο κίνητρο για να ολοκληρώσω την πτυχιακή μου διατριβή.

Σας ευχαριστώ όλους που κάνατε τη πτυχιακή μου διατριβή στο Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου μια τόσο υπέροχη και ευχάριστη εμπειρία!

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν η διερεύνηση της δυνατότητας των διαπυρωμένων τσοφλιών αυγού για την απομάκρυνση υψηλής συγκέντρωσης φωσφόρου από συνθετικά μέσα και από απόβλητα και ο προσδιορισμός των βέλτιστων συνθηκών (θερμοκρασία διαπύρωσης, μέγεθος σωματιδίων, επίδραση άλλων ιόντων, θερμοκρασία όπως επίσης ο χρόνος και η συγκέντρωση προσροφητικού υλικού). Επιπλέον, για να επισημανθούν οι ενώσεις που σχηματίζονται μετά την προσρόφηση φωσφόρου σε διαπυρωμένα τσόφλια αυγών και να επισημανθούν οι μηχανισμοί προσρόφησης. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι η παρουσία των νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων όχι μόνο δεν επιδρούν αρνητικά, αλλά ενισχύουν τη μείωση του φωσφόρου, ενώ η παρουσία οξικού οξέος καθυστερεί τη μείωση του. Επιπλέον, ανάμεσα στις συνθήκες που μελετήθηκαν στη παρούσα πτυχιακή, το βέλτιστο μέγεθος σωματιδίων είναι μικρότερο από 1 mm, η βέλτιστη θερμοκρασία διαπύρωσης είναι 900 °C, η βέλτιστη θερμοκρασία για προσρόφηση φωσφόρου είναι 33 °C, η βέλτιστη συγκέντρωση προσροφητικού υλικού είναι 50 g/L και ο βέλτιστος χρόνος για την μέγιστη αφαίρεση του φωσφόρου είναι 24 ώρες. Επιπλέον, η χρήση μικτής καλλιέργειας η οποία συμπεριλαμβάνει *Acidocella* χρησιμοποιείται για τη μείωση του σιδήρου μέσω της κατανάλωσης οργανικού. Οι μηχανισμοί προσρόφησης χαρακτηρίζονται καλύτερα από την ισόθερμη Freundlich. Μέσω της επεξεργασίας των αποβλήτων και της προσρόφησης φωσφόρου στα διαπυρωμένα τσόφλια αυγών, αποδεικνύεται μέσω μετρήσεων XRD ότι παράγεται το Brushite.

**Λέξεις κλειδιά:** Φώσφορος, Brushite, Διαπυρωμένα τσόφλια αυγών, Προσρόφηση, Προϊόντα υψηλής αξίας.

## ABSTRACT

The aim of this study was to examine the potential of calcined eggshell for the removal of high concentration of phosphorous from synthetic media and from wastewater and to determine the optimum conditions (calcination temperature, particle size, effect of other ions, temperature as well as time and concentration of adsorbent). Moreover, to point out the compounds that are formed after phosphorous adsorption at calcined eggshell and to point out the mechanisms of adsorption. The results proved that the presence of nitrate and ammonium ions not only don't act negatively but they enhance phosphorus reduction, whereas the presence of acetic acid delays its reduction. Moreover, the optimum particle size is less than 1 mm, the optimum calcination temperature is 900 °C, the optimum temperature for phosphorus adsorption is 33 °C, the optimum concentration of adsorbent is 50 g/L and the optimum time for the maximum phosphorus removal is 24 hours. In addition the use of mix culture including *Acidocella* is used for iron reduction through organic consumption. The adsorption mechanisms are better characterized through Freundlich isotherm. Through the wastewater treatment and phosphorous adsorption on calcined eggshell, it is proved through XRD analysis that is produced Brushite.

**Keywords:** Phosphate, Brushite, Διαπυρωμένα τσόφλια αυγών, Adsorption, High value products.