



Τεχνολογικό
Πανεπιστήμιο
Κύπρου

Σχολή Γεωτεχνικών
Επιστημών και
Διαχείρισης
Περιβάλλοντος

Πτυχιακή εργασία

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ
ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΕ
ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΙΔΗΡΟΥ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ
ΣΘΕΝΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΛΑΣΠΗΣ**

Στυλιανή Πιριπίτση

Λεμεσός, Μάϊος 2024

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Πτυχιακή εργασία

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ
ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΕ
ΒΙΟΜΕΘΑΝΙΟ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΙΔΗΡΟΥ ΜΗΔΕΝΙΚΟΥ
ΣΘΕΝΟΥΣ ΚΑΙ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΛΑΣΠΗΣ

της

Στυλιανής Πιριπίτση

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Ιωάννης Βυρίδης

Λεμεσός, Μάϊος 2024

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Στυλιανή Πιριπίτση, 2024

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή Δρ. Ιωάννη Βυρίδη για την πολύτιμη καθοδήγηση, την αμέριστη υποστήριξη αλλά πρωτίστως για την ευκαιρία που μου προσέφερε να συνεργαστούμε και να διευρύνω τις γνώσεις μου στο αντικείμενο αυτό. Επίσης, δεν θα μπορούσα να παραλείψω τις ευχαριστίες στην διδακτορικό φοιτήτρια Πωλίνα Χριστοφόρου, με την οποία είχαμε μια άριστη συνεργασία και η οποία ήταν πάντα πρόθυμη να μου προσφέρει την βοήθεια και τις γνώσεις της. Ιδιαίτερα, όμως, θέλω να αναφέρω την εκτίμησή μου για την βοήθεια που μου παρείχε όταν εγώ αδυνατούσα λόγω προσωπικών θεμάτων. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, την οικογένειά μου αλλά και τους φίλους μου που με υποστήριζαν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω την παρούσα πτυχιακή, στην μικρή μου πριγκίπισσα Καισαριανή Φερεντίνα, η οποία έφυγε νωρίς και παρά το μικρό της ηλικίας της στάθηκε γενναία στο ταξίδι της που είχε τους τελευταίους 10 μήνες. Ελπίζω, να νιώθει περήφανη για την Νανή της, όπως με έκανε να νιώθω πάντα εγώ για εκείνη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι γεγονός πώς στην σύγχρονη εποχή, η μάζα των αποβλήτων που συσσωρεύονται είναι ένα μεγάλο πλήγμα τόσο για το περιβάλλον όσο για την καλή διαβίωση των ανθρώπων και των ζώων. Για αυτό τον λόγο, αξιοποιούνται αρκετές τεχνικές επεξεργασίας και απόρριψης αποβλήτων με έμφαση στην ασφάλεια και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Μια από αυτές είναι η αναερόβια χώνευση. Επίσης, η αλόγιστη χρήση των μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, προξενεί περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου. Η αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας καθιστά τα ορυκτά καύσιμα μη βιώσιμα για το μέλλον. Επομένως, ερευνητές ανά το παγκόσμιο εκκίνησαν ενέργειες προς εύρεση νέων πράσινων καυσίμων όπως είναι το υδρογόνο και το βιομεθάνιο.

Η εξέταση της επίδρασης του σιδήρου μηδενικού σθένους (Fe^0) στην αναερόβια λάσπη κάτω από υψηλές συγκεντρώσεις γλυκόζης (4,8,16 g/L). Λόγο της αντίδρασης:

$Fe^0 + HCO_3^- + H^+ \rightarrow FeCO_3 + H_2$. Το διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα, που είναι το διττανθρακικό νάτριο δρα τόσο σαν αντιδρών με τον σίδηρο για παραγωγή υδρογόνου όσο και ως υπόστρωμα για τους υδρογονότροφους μεθανογόνους μικροοργανισμούς. Το διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα (HCO_3^-) προκύπτει από την βιοδιάσπαση της γλυκόζης. Κατόπιν επεξεργασίας των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε πως, οι βέλτιστες αναλογίες και σύσταση για παραγωγή μέχρι 96% βιομεθάνιο είναι 20 g/L GS-16g C- $_6H_{12}O_6$ – 20 g Fe^0 – 10g $NaHCO_3$.

Λέξεις κλειδιά: Εναλλακτικά καύσιμα, αναερόβια χώνευση, βιομεθάνιο, υδρογόνο

ABSTRACT

Nowadays, the volume of waste that accumulates is a significant blow both to the environment and to the well-being of humans and animals. As a result, several waste processing and disposal techniques are being used, with an emphasis on safety and reducing environmental impacts. One of these techniques is anaerobic digestion. Additionally, the unintentional use of non-renewable energy sources causes environmental problems, such as greenhouse gases emissions. The increasing demand for energy makes fossil fuels unsustainable for the future. Therefore, researchers worldwide have initiated efforts to find new green fuels such as hydrogen and biomethane.

The examination of the effect of zero-valent iron (Fe^0) on anaerobic sludge under high glucose concentrations (4, 8, 16 g/L). Due to the reaction:

$\text{Fe}^0 + \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{FeCO}_3 + \text{H}_2$. The dissolved carbon dioxide, which is bicarbonate, acts both as a reactant with iron for hydrogen production and as a substrate for hydrogenotrophic methanogenic microorganisms. The dissolved carbon dioxide (HCO_3^-) results from the biodegradation of glucose. In conclusion, after processing the results, the optimal rations and composition for producing up to 96% biomethane are 20 g/L GS – 16 g glucose – 20 g ZVI – 10 g NaHCO_3 .

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | |
|---|------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... | vi |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ | xi |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ | xii |
| ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ | xiii |
| 1 Εισαγωγή | 1 |
| 1.1 Αναερόβια χώνευση..... | 1 |
| 1.1.1 Γενικά | 1 |
| 1.1.2 Στάδια Αναερόβιας Χώνευσης | 2 |
| 1.1.2.1 Υδρόλυση..... | 2 |
| 1.1.2.2 Οξειογένεση | 3 |
| 1.1.2.3 Ακετογένεση | 4 |
| 1.1.2.4 Μεθανογένεση | 5 |
| 1.1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την αναερόβια χώνευση | 6 |
| 1.1.3.1 Θερμοκρασία | 6 |
| 1.1.3.2 Υδραυλικός χρόνος κατακράτησης | 7 |
| 1.1.3.3 Ενεργός οξύτητα (pH) | 8 |
| 1.1.3.4 Σύνθεση υποστρώματος..... | 9 |
| 1.1.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της αναερόβιας χώνευσης | 9 |
| 1.1.5 Αναερόβια κοκκώδης ιλύς (Granular sludge)..... | 10 |
| 1.2 Υδρογόνο | 11 |
| 1.2.1 Εισαγωγή | 11 |
| 1.2.2 Μέθοδοι παραγωγής | 13 |
| 1.2.3 Περιβαλλοντικό αντίκτυπο | 17 |
| 1.2.4 Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα | 19 |
| 1.3 Βιομεθάνιο | 20 |

| | | |
|-------|---|----|
| 1.4 | Ευρωπαϊκή συμφωνία..... | 22 |
| 1.5 | Σίδηρος και σίδηρος μηδενικού σθένους (ZVI) | 22 |
| 1.5.1 | Σιδηρίτης και παρεμπόδιση του..... | 23 |
| 1.6 | Αντιδραστήρια | 24 |
| 1.6.1 | Διτανθρακικό νάτριο (NaHCO ₃)..... | 24 |
| 1.6.2 | Γλυκόζη | 25 |
| 1.7 | Σκοπός | 25 |
| 2 | Μεθοδολογία έρευνας..... | 26 |
| 2.1 | Γενική ιδέα..... | 26 |
| 2.2 | Συνθήκες πειραμάτων | 26 |
| 2.2.1 | Αναερόβιες συνθήκες | 26 |
| 2.2.2 | Συνθήκες pH | 26 |
| 2.2.3 | Συνθήκες θερμοκρασίας | 27 |
| 2.3 | Όργανα και μετρήσεις..... | 27 |
| 2.3.1 | Αέρια χρωματογραφία (GC)..... | 27 |
| 2.3.2 | Μετρήσεις αέριας σύστασης..... | 28 |
| 3 | Πειραματική Διαδικασία..... | 29 |
| 3.1 | Πείραμα 1: Παραγωγή αερίου μεθανίου με χρήση αναερόβιας κοκκώδης λάσπης, μηδενικού σιδήρου και γλυκόζης (4g, 8g)..... | 29 |
| 3.2 | Πείραμα 2: Παραγωγή αερίου μεθανίου με χρήση αναερόβιας κοκκώδης λάσπης, μηδενικού σιδήρου και γλυκόζης (16g)..... | 30 |
| 3.3 | Αποτελέσματα/Συζήτηση | 32 |
| 3.3.1 | Πείραμα 1 | 32 |
| 3.3.2 | Πείραμα 2 | 37 |
| | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 42 |
| | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 43 |