



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Χρήση οργανικών αποβλήτων για την παραγωγή
στερεών καυσίμων: πειραματικές και θεσμικές
διαστάσεις»

ΠΑΠΠΑ ΠΟΛΥΞΕΝΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Γιδαράκος Ευάγγελος, Καθηγητής (Επιβλέπων)

Διαμαντόπουλος Ευάγγελος, Καθηγητής

Μαριά Ευπραξία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

ΧΑΝΙΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Γιδαράκο Ευάγγελο και διευθυντή του Εργαστηρίου Διαχείρισης Τοξικών και Επικίνδυνων Αποβλήτων για την ευκαιρία που μου έδωσε να συνεργαστώ μαζί του και να βρίσκομαι στο εργαστήριο από το 4^ο έτος των σπουδών μου. Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κα Μαριά Ευπραξία για τις γνώσεις που μου προσέφερε μέσω του μαθήματός της “Περιβαλλοντική και Τεχνική Νομοθεσία» και την καθοδήγησή της για τη διεκπεραίωση της διπλωματικής εργασίας μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Διαμαντόπουλο Ευάγγελο για τη συνεργασία μας και το χρόνο που διέθεσε για την αξιολόγηση της εργασίας μου. Ευχαριστώ όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Διαχείρισης Τοξικών και Επικίνδυνων Αποβλήτων κα Σημαντηράκη Φωτεινή, κα Καστανάκη Ελένη, κ.Χαχλαδάκη Ιωάννη και την κα Κουσαίτη Αθανασία. Τις θερμότερες ευχαριστίες μου θα ήθελα να δώσω στην κα Πελλέρα Φραντσέσκα- Μαρία που υπήρξε η στενότερη συνεργάτις μου και χωρίς εκείνη δε θα μπορούσα να πραγματοποιήσω τη μελέτη μου.

Επιπλέον ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στο Εργαστήριο Πετρολογίας και Οικονομικής Γεωλογίας του Τομέα Ανίχνευσης Μετάλλων και Εντοπισμού Ορυκτών της Σχολής ΜΗΧΟΠ, όπου στο Εργαστήριο Λείανσης Πετρωμάτων με τη βοήθεια του κου Αποστολάκη Γεώργιου ΕΤΕΠ, έγινε η συμπίεση των μπρίκετ και το Εργαστήριο Ανόργανης Γεωχημείας Οργανικής Γεωχημείας και Οργανικής Πετρογραφίας της Σχολής ΜΗΧΟΠ. Επίσης, ευχαριστώ το Εργαστήριο Αιωρούμενων Ατμοσφαιρικών Σωματιδίων για τη χορήγηση του οργάνου ανίχνευσης καυσαερίων και τον κ. Κοπανάκη Ηλία για τη βοήθειά του.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απονείμω στους συμφοιτητές και φίλους που με βοήθησαν να συλλέξω τα υλικά για την εργασία. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου και το σύντροφό μου Σωτήρη Παπαντωνίου για την αμέριστη στήριξη και αγάπη που μου παρέχουν και τη δύναμη που μου δίνουν για να προχωρώ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	i
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ	iv
Πίνακας Πινάκων	iv
Πίνακας Εικόνων.....	v
Πίνακας Διαγραμμάτων	vi
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vii
ABSTRACT	ix
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	4
2.1 Βιομάζα και αξιοποίησή της	4
2.2 Απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ (spent coffee waste)	8
2.3 Κελύφη σπόρων	10
3 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	12
3.1 Διεθνείς και Ενωσιακές ρυθμίσεις για την κλιματική αλλαγή	12
3.1.1 Διεθνείς ρυθμίσεις για την κλιματική αλλαγή	12
3.1.2 Ενωσιακές ρυθμίσεις για την κλιματική αλλαγή	13
3.2 Οι Ενωσιακές ρυθμίσεις για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	15
3.2.1 Οι Ενωσιακές ρυθμίσεις για τα βιοκαύσιμα	15
3.2.2 Οι Ενωσιακές ρυθμίσεις για τη βιομάζα	16
3.2.3 Η Οδηγία 2001/77/ΕΚ.....	16
3.2.4 Η Οδηγία 2009/28/ΕΚ.....	16
3.2.5 Σύνοψη Ενωσιακών Οδηγιών για τα βιοκαύσιμα και βιομάζα.....	19
3.3 Η Εθνική νομοθετική προσέγγιση για τα βιοκαύσιμα και τη βιομάζα	19

3.3.1	Ενσωμάτωση Οδηγιών στην κείμενη Εθνική Νομοθεσία	19
4	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	25
4.1	Προετοιμασία και χαρακτηρισμός των υλικών	25
	Στοιχειακή ανάλυση	25
	Μέτρηση ανώτερης θερμογόνου δύναμης (higher calorific value)	26
4.2	Προετοιμασία και κατασκευή μπρίκετ	27
4.3	Δοκιμές αντοχής σε πτώση (impact resistance test)	28
4.4	Δοκιμές αντοχής στο νερό (water resistance test)	28
4.5	Μέτρηση ανώτερης θερμογόνου δύναμης	28
4.6	Αποτέφρωση και χαρακτηρισμός τέφρας	28
4.7	Προσδιορισμός καυσαερίων	29
5	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	31
6	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	34
6.1	Υλικά	34
6.2	Μπρίκετ	37
6.2.1	Φαινομενική πυκνότητα (bulk density)	37
6.2.2	Τεστ αντοχής σε πτώση	39
6.2.3	Τεστ αντοχής στο νερό (30 s και 30 min)	39
6.2.4	Ανώτερη θερμογόνος δύναμη	40
6.2.5	Αποτέφρωση και χαρακτηρισμός τέφρας, ανάλυση καυσαερίων	42
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	45
7.1	Συμπεράσματα	45
7.2	Προτάσεις	47
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	48
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	51

A. Πίνακες μετρήσεων και υπολογισμών	51
B. Εικόνες.....	79

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1: Απαραίτητη ποσότητα βιοκαυσίμων, ώστε η Ελλάδα να πετύχει τους στόχους που έχουν θεσπιστεί με την οδηγία 2003/30/EK. [3]	5
Πίνακας 2: Υπολογισμός του ενεργειακού δυναμικού της βιομάζας ετησίως [3]	6
Πίνακας 3: Ενιαίο πρότυπο προϊόντος για μπρίκετ και πέλλετ σύμφωνα με ÖNORM M1735 [5]7	
Πίνακας 4: Χαρακτηρισμός χημικών και φυσικών ιδιοτήτων πριονιδιού, φλοιού ριζιού και καφέ. [11].....	9
Πίνακας 5: Σειρές μπρίκετ (Παράρτημα: Εικόνα 7, Εικόνα 8, Εικόνα 9).....	27
Πίνακας 6: Χαρακτηρισμός των υλικών.....	36
Πίνακας 7: Φαινόμενη πυκνότητα και μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας όλων των ειδών μπρίκετ.....	38
Πίνακας 8: Αποτελέσματα των τεστ και των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν για τα μπρίκετ	43
Πίνακας 9: Μετρήσεις καυσαερίων.....	44
Πίνακας 10: Ανάλυση XRF μπρίκετ με 1 % πρόσθετη υγρασία.....	44
Πίνακας 11: Διαστάσεις και φαινόμενη πυκνότητα μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το νερό... 51	
Πίνακας 12: Διαστάσεις και φαινόμενη πυκνότητα μπρίκετ 5 g με συνδετικό υλικό το νερό και το άμυλο.....	54
Πίνακας 13: Διαστάσεις και φαινόμενη πυκνότητα μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο 58	
Πίνακας 14: Διαστάσεις και φαινόμενη πυκνότητα μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο και πρόσθετο κέλυφος φιστικιού	61
Πίνακας 15: Διαστάσεις και φαινόμενη πυκνότητα μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο και πρόσθετο κέλυφος κολοκυθόσπορου	64

Πίνακας 16: Αποτελέσματα τεστ αντοχής σε πτώση για μπρίκετ 10 g με συνδετικά υλικό το νερό και το άμυλο.....	67
Πίνακας 17: Αποτελέσματα τεστ αντοχής σε πτώση για μπρίκετ 10 g με συνδετικά υλικό το άμυλο με πρόσθετο κέλυφος φιστικιού	69
Πίνακας 18: Αποτελέσματα τεστ αντοχής σε πτώση για μπρίκετ 10 g με συνδετικά υλικό το άμυλο με πρόσθετο κέλυφος κολοκυθόσπορου.....	70
Πίνακας 19: Αποτελέσματα τεστ αντοχής στο νερό για 30 s για μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το νερό και το άμυλο	71
Πίνακας 20: Αποτελέσματα τεστ αντοχής στο νερό για 30 s για μπρίκετ 5 g με συνδετικό υλικό το νερό και το άμυλο	73
Πίνακας 21: Αποτελέσματα τεστ αντοχής στο νερό για 30 s για μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο και πρόσθετο κέλυφος φιστικιού	74
Πίνακας 22: Αποτελέσματα τεστ αντοχής στο νερό για 30 s για μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο και πρόσθετο κέλυφος κολοκυθόσπορου.....	75
Πίνακας 23: Ανώτερη θερμογόνος δύναμη μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το νερό.....	76
Πίνακας 24: Ανώτερη θερμογόνος δύναμη μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο	76
Πίνακας 25: Ανώτερη θερμογόνος δύναμη μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο και πρόσθετο κέλυφος φιστικιού	77
Πίνακας 26: Ανώτερη θερμογόνος δύναμη μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο και πρόσθετο κέλυφος κολοκυθόσπορου.....	77
Πίνακας 27: Ανώτερη θερμογόνος δύναμη μπρίκετ 5 g με συνδετικό υλικό το νερό και το άμυλο	78

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Υπολογισμός του ενεργειακού δυναμικού της βιομάζας ετησίως [3].....	6
Εικόνα 2: Διάγραμμα πειραματικής διαδικασίας	30
Εικόνα 3: Ζυγός ακριβείας AND HR-200	79
Εικόνα 4: Μαχαιρόμυλος FRITSCH Pulverisette 19	80
Εικόνα 5: Αρχικά υλικά Α. Απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ Β. Άμυλο αραβόσιτου Γ. Κέλυφος φιστικιού Δ. Κέλυφος κολοκυθόσπορου	81

Εικόνα 6: Α. Κονιορτοποιημένο κέλυφος φιστικιού Β. Κονιορτοποιημένο κέλυφος κολοκυθόσπορου	81
Εικόνα 7: Μπρίκετ 5 και 10 g με νερό και άμυλο	82
Εικόνα 8: Μπρίκετ με τις τρεις περιεκτικότητες αμύλου	83
Εικόνα 9: Πλάγια όψη των μπρίκετ των 5 και 10 g.....	83
Εικόνα 10: Μπρίκετ με πρόσθετα υλικά Α.Κέλυφος φιστικιού Β. Κέλυφος κολοκυθόσπορου ..	84
Εικόνα 11: Τεστ αντοχής στο νερό διάρκειας 30 min	85
Εικόνα 12: Εισαγωγή υλικών στη μήτρα της πρέσας και η υδραυλική πρέσα λαδιού.....	85
Εικόνα 13: Συμπύεση του μπρίκετ, η μήτρα και το έτοιμο μπρίκετ	86
Εικόνα 14: Στοιχειακός αναλυτής Euro Vector EA 300.....	86
Εικόνα 15: Αναλυτής καυσαερίων DELTA 2000 CD ² –IV	87
Εικόνα 16: Θερμιδομετρίτης AC-350 (LECO).....	87
Εικόνα 17: Σύντηξη τέφρας σε γυαλί m4 GasFusion (Claisse).....	88

Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Εξέλιξη της Ευρωπαϊκής και Εθνικής Νομοθεσίας.....	24
Διάγραμμα 2: Σύσταση απόβλητου απόχρησιμοποίητο καφέ (% db)	35
Διάγραμμα 3: Σύσταση αμύλου αραβοσίτου (% db).....	35
Διάγραμμα 4: Σύσταση κελύφους φιστικιού (% db)	36
Διάγραμμα 5: Σύσταση κελύφους κολοκυθόσπορου (%db).....	36
Διάγραμμα 6: Αποτελέσματα τεστ αντοχής σε νερό για 30 s και πτώση και τιμή ανώτερης θερμογόνου δύναμης για μπρίκετ 10 g με συνδετικό Α. το νερό και Β. το άμυλο.....	41
Διάγραμμα 7: Αποτελέσματα τεστ αντοχής σε νερό για 30 s και πτώση και τιμή ανώτερης θερμογόνου δύναμης για μπρίκετ 10 g με συνδετικό το νερό και το άμυλο και πρόσθετα κελύφη Α. φιστικιού και Β. κολοκυθόσπορου	42

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή τη μελέτη εξετάστηκε το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ ως πιθανή πηγή για παραγωγή στερεού καυσίμου σε μορφή μπρίκετ. Σκοπός ήταν η διερεύνηση του ζητήματος από τεχνικής και νομοθετικής πλευράς.

Βασικό συστατικό των μπρίκετ ήταν το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ και επιπρόσθετα εξετάστηκαν αναμίξεις με κελύφη φιστικιού και κολοκυθόσπορου σε διάφορες αναλογίες (απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ/κελύφη: 70/30, 60/40, 50/50). Οι αναλογίες προέκυψαν μετά από πραγματοποίηση πειραμάτων σε δοκιμαστικές σειρές.

Ως συνδετικά υλικά των μπρίκετ χρησιμοποιήθηκαν το νερό και το άμυλο αραβόσιτου. Ο χαρακτηρισμός των υλικών (απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ, κελύφη, άμυλο) περιελάμβανε τη μέτρηση της υγρασίας της ανώτερης θερμογόνου δύναμης, της φαινομενικής πυκνότητας και τον προσδιορισμό της στοιχειακής σύστασης. Το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ αποτελεί ένα υλικό με υψηλή θερμογόνο δύναμη.

Η συμπίεση σε μπρίκετ έλαβε χώρα με τη χρήση χειρωνακτικής υδραυλικής πρέσας λαδιού. Τα μπρίκετ υποβλήθηκαν σε τεστ αντοχής σε πτώση και σε επαφή με το νερό, μετρήθηκε η ανώτερη θερμογόνος δύναμη και εξετάστηκε η σύσταση των καυσαερίων και της υπολειπόμενης τέφρας. Η θερμογόνος δύναμη όλων των ειδών μπρίκετ κυμαίνεται γύρω από την τιμή του αποβλήτου από χρησιμοποιημένο καφέ, με τάση προς μείωση, όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα των πρόσθετων υλικών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μπρίκετ αντέχουν στη μεταφορά, ενώ δεν προτείνεται η αποθήκευση σε εξωτερικό χώρο. Ο προσδιορισμός των καυσαερίων έδειξε υψηλές τιμές CO, πράγμα που οφείλεται στις συνθήκες οξυγόνου της καύσης.

Οι ιδιότητες των μπρίκετ από απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές Ευρωπαϊκών Προτύπων Τυποποίησης (ÖNORM M1735, SS 187121, DIN 51731). Επομένως, το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ αποτελεί μια εναλλακτική πηγή για στερεό καύσιμο υψηλής ποιότητας. Η προσθήκη συνδετικών υλικών και κελυφών επηρεάζει ελαφρώς τις εξεταζόμενες παραμέτρους, ωστόσο προσθήκη τους είναι μια καλή εναλλακτική για τη διαχείριση αυτού του είδους αποβλήτων.

Για την εργασία αυτή εξετάστηκε η Ευρωπαϊκή και Εθνική Νομοθεσία προκειμένου να εντοπιστούν και στη συνέχεια να προσεγγιστούν κριτικά οι διδόμενοι νομικοί ορισμοί, ώστε να προκύπτει με σαφήνεια ο νομικός χαρακτηρισμός και η ένταξη στην αντίστοιχη κατηγορία των εξεταζόμενων αποβλήτων. Επιπλέον, διερευνήθηκε η διαχρονική εξέλιξη της Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας, καθώς και η εναρμόνιση των Ευρωπαϊκών κειμένων στην Εθνική Νομοθεσία.

ABSTRACT

This study was conducted in order to evaluate the spent coffee waste (SCW) as feedstock for solid biofuel production concerning technical and legislative options. Biofuel was formatted into briquettes with the basic component being SCW, Furthermore pistachio shells (PS) and pumpkin seed shells (PSS) were used as additives in varying ratios (SCW/shells: 70/30, 60/40, 50/50).

As binder materials water and corn starch (CS) were used. The characterization of raw materials (SCW, PS, PSS,CS) included measurements of moisture content, higher calorific value (HCV), tapped density and evaluation of elemental composition. HCV of SCW is the higher measured amongst materials.

Briquettes were fabricated by means of a manual hydraulic press and they were examined regarding various parameters such as water and impact resistance, higher calorific value, exhaust gas and remaining ash. HCV of all briquette series are close to the value obtained for SCW and as additive content increases a decreasing trend is observed. Results indicated that briquettes are not prone to damage during transportation, while indoors storage is recommended. CO concentration was high in exhaust gas. This is most probably related to the conditions under which combustion was performed.

Briquettes' properties meet the requirements of European Standardization Centers (ÖNORM M1735, SS 187121, DIN 51731). SCW seems to be a proper feedstock for high quality solid biofuel production and although the addition of shells does not enhance the HCV, their use as additives in briquettes is recommended as a viable waste management option.

In order to be conducted this study European and National Legislation were examined so that the technical and legal definitions to be defined and approached. This actions are necessary in order to categorize the SCW, PS and PSS. Furthermore, the evolution of the European Legislation was investigated as well as the incorporation of European Directives in National Legislative framework.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η διαχείριση των αποβλήτων αποτελεί ένα βασικό περιβαλλοντικό πρόβλημα της παγκόσμιας κοινότητας ως προς το περιβάλλον και την υγεία. Επιπρόσθετα, οι ενεργειακές ανάγκες του πλανήτη δε μπορούν πλέον να καλυφθούν αειφορικά από τους ορυκτούς ενεργειακούς πόρους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενεργειακής και οικονομικής κρίσης η οποία με τη σειρά της στρέφει το ενδιαφέρον σε εναλλακτικές λύσεις. Συνδυαστικά, ο φόβος για την κλιματική αλλαγή έχει οδηγήσει την επιστήμη και τις κοινότητες στην ανεύρεση εναλλακτικών, αειφορικών, αντιρρυπαντικών και απορρυπαντικών λύσεων. Οι τεχνολογίες χαμηλής εκπομπής άνθρακα (low carbon), η ανάκτηση ενέργειας (recovery of energy) από απόβλητα, η ανακύκλωση (recycling), η αξιοποίηση αποβλήτων για απορρυπαντικές τεχνολογίες και η μετατροπή σε εδαφοβελτιωτικά υλικά (παρασκευή biochar) είναι μερικές από τις δράσεις κατά της περιβαλλοντικής απειλής.

Η αραιώση του στρώματος του όζοντος στη στρατόσφαιρα που προκαλεί υπερθέρμανση του πλανήτη και τήξη των παγετώνων των Πόλων, είναι ενδείξεις που ανησυχούν μεγάλο μέρος των κοινοτήτων διεθνώς και τα φαινόμενα αυτά καλούνται κλιματική αλλαγή. Η κλιματική αλλαγή ευνόησε την ανάπτυξη φιλοπεριβαλλοντικών ως προς την εκπομπή άνθρακα τεχνολογιών, καθώς και στη μείωση της προτίμησης στην εξόρυξη πετρελαίου. Πολλά κράτη έχουν συνάψει συμφωνίες για την κλιματική αλλαγή και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Greenhouse Gases, GHG), όπως το Πρωτόκολλο του Κιότο (1997) και η μετέπειτα τροποποίησή του που έγινε στην Κοπεγχάγη (2009). Το Πρωτόκολλο αυτό αφορά τις εκπομπές από κράτη και επιχειρήσεις και ο έλεγχος γίνεται κρατικά ή κοινοτικά (π.χ. από την Ευρωπαϊκή Ένωση). Έτσι, έχουν δημιουργηθεί ρυθμιστικά πλαίσια προσαρμοσμένα στο Πρωτόκολλο που τηρούνται καθολικά. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει θεσπίσει νομοθετικά κείμενα του δευτερογενούς δικαίου της, που αφορούν τόσο στα συμβατικά καύσιμα και τις εκπομπές τους, όσο και στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ), καθώς και στις ειδικότερες κατηγορίες των βιοκαυσίμων και της βιομάζας.

Η βιομάζα ανήκει στην κατηγορία των ΑΠΕ, καθώς περιέχει την ηλιακή ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε από το φυτό κατά την ανάπτυξή του. Με τον όρο βιομάζα χαρακτηρίζονται απόβλητα φυτικής κυρίως προέλευσης όπως π.χ. το οργανικό κλάσμα των Αστικών Στερεών

Αποβλήτων (ΑΣΑ), υπολείμματα κήπων και δασών, οργανικά απόβλητα από βιομηχανίες τροφίμων κλπ. Η Ευρωπαϊκή Νομοθεσία δίνει τον ορισμό του βιοκαυσίμου και της βιομάζας, καθώς και τις τεχνικές προδιαγραφές ως προς την κατασκευή, τις αέριες εκπομπές, τα τυχόν υπολείμματα (υπολειμματικές τέφρες των βιοκαυσίμων, υπόλειμμα αναερόβιας χώνευσης, στερεό απόβλητο που απομένει από την παρασκευή υγρού βιοκαυσίμου κλπ).

Η βιομάζα σε μορφή στερεού καυσίμου αποτελεί μια λύση εφαρμόσιμη και αποτελεσματική σε τοπικό και σε ευρύτερο επίπεδο. Αποδεδειγμένα βάσει της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής (AKZ) τους εκπέμπει λιγότερο CO₂ από τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, γιατί το εκπεμπόμενο από την καύση CO₂ ισοδυναμεί με αυτό που απορροφήθηκε κατά την ανάπτυξη του φυτού.

Ο καφές είναι το πιο δημοφιλές ρόφημα στον πλανήτη και κύριες παραγωγικές χώρες είναι η Βραζιλία και η Κολομβία. Όμως, η κατανάλωσή του είναι διαδεδομένη σε όλη την υφήλιο και ως εκ τούτου δημιουργείται απόβλητο, το οποίο είναι ανάλογο σε μέγεθος. Το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ συνήθως καταλήγει σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) ή και σε πολλές περιπτώσεις εναποτίθεται ανεξέλεγκτα στο έδαφος μαζί με απορρίμματα. Παρόλες τις ιδιότητες του ροφήματος καφέ που ωφελούν την ανθρώπινη υγεία, το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ περιέχει και επιβαρυντικές για το περιβάλλον ουσίες. Για το λόγο αυτό χρήζει επεξεργασίας και σωστής διαχείρισης. Ένας πολύ συμφέρων και αξιόλογος τρόπος διαχείρισης είναι η ενεργειακή αξιοποίησή του.

Σε αυτή τη μελέτη εξετάστηκε η δυνατότητα να μετατραπεί το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ σε στερεό καύσιμο, μόνο του και με χρήση πρόσθετων υλικών. Για τη διεξαγωγή της εργασίας λήφθηκαν υπόψη όλες οι περιβαλλοντικές, τεχνικές και νομικές παράμετροι, που διέπουν την παρασκευή αυτού του είδους καυσίμου και συγκρίθηκαν με παρόμοιες μελέτες που έχουν διεξαχθεί παγκοσμίως.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αφορούν τη χρήση μπρίκετ από απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ είναι οι αέριες εκπομπές και η εναπομένουσα τέφρα.

Οι τεχνικές παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν η αντοχή στο νερό και σε πτώση, η ανώτερη θερμογόνοος δύναμη και η σύσταση των καυσαερίων και της εναπομένουσας τέφρας.

Οι νομικές παράμετροι που εξετάστηκαν αφορούσαν τη διαχρονική εξέλιξη της Ευρωπαϊκής Νομοθεσίας ως προς την κλιματική αλλαγή και τη χρήση των ΑΠΕ και πιο συγκεκριμένα τα βιοκαύσιμα και τη βιομάζα, για τα οποία εντοπίστηκαν και στη συνέχεια προσεγγίστηκαν

κριτικά οι σχετικοί ορισμοί μέσα από τα κείμενα τις Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επιπρόσθετα, εξετάστηκε ο τρόπος και το είδος της εναρμόνισης των ενωσιακών Οδηγιών στην Εθνική Νομοθεσία, αναφέρονται δε παραλείψεις ή σφάλματα που εντοπίστηκαν. Τέλος, έγινε προσπάθεια να αναλυθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αποβλήτου από χρησιμοποιημένο καφέ και στη συνέχεια να ενταχθεί αυτό σε συγκεκριμένη κατηγορία ΑΠΕ, ώστε να είναι σαφής τόσο ο νομικός χαρακτηρισμός και ορισμός του όσο και η διάκρισή του από άλλες κατηγορίες ΑΠΕ, που χρησιμοποιούνται στην επιστημονική αρθρογραφία πλην όμως αποκλίνουν από τον νομικό ορισμό τους, δημιουργώντας σύγχυση και κυρίως ένα ανομοιογενές πεδίο τεχνικής-πειραματικής και νομικής προσέγγισης.

2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1 Βιομάζα και αξιοποίησή της

Η βιομάζα είναι μια εκ των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), καθώς η ηλιακή ενέργεια που απορροφήθηκε από τον οργανισμό (φυτικό ή μικροοργανισμό) για την φωτοσύνθεση μετατράπηκε σε χημική. Τα υπολείμματα καλλιεργιών, κήπων και δασών, το οργανικό κλάσμα των αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων, η ύλη της βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων και τα άλγη είναι πηγές βιομάζας. Αποτελείται κυρίως από άνθρακα και οξυγόνο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενεργειακούς σκοπούς [1]. Η χρήση της βιομάζας για παραγωγή ενέργειας είναι ανταγωνιστική στα έλαια, το φυσικό αέριο και τον ηλεκτρισμό χάρη στην ευκολία στη χρήση και την αποθήκευση. Επιπλέον, η βιομάζα έχει το πλεονέκτημα της χαμηλής συγκέντρωσης ρυπογόνων ουσιών [1].

Η διαχείριση και αξιοποίηση της βιομάζας βασίζεται και εξαρτάται από τις ανάγκες που πρέπει να καλυφθούν. Η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας είτε μέσω θερμοχημικών διεργασιών, όπως:

- Καύση
- Πυρόλυση
- Αεριοποίηση
- Υδρογονοδιάσπαση

είτε μέσω βιοχημικών διεργασιών, όπως:

- Αερόβια χώνευση
- Αναερόβια χώνευση
- Αλκοολική ζύμωση.

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου βασίζεται στο λόγο C/N και στην περιεχόμενη υγρασία. Ένας γενικός κανόνας που διέπει τα μίγματα βιομάζας είναι ότι με λόγο $C/N > 30$ και περιεκτικότητα υγρασίας $< 50\%$ εφαρμόζονται θερμοχημικές μέθοδοι, ενώ για $C/N < 30$ και περιεκτικότητα υγρασίας $> 50\%$ εφαρμόζονται βιοχημικές διεργασίες [2].

Στην Ευρώπη οι πιο αναπτυγμένες χώρες έχουν αυξημένη παραγωγή και ζήτηση σε βιομάζα και προκειμένου να δημιουργηθεί μια σταθερή και ποιοτική αγορά έχουν δημιουργήσει

συστήματα πιστοποίησης. Η Γερμανία, η Αυστρία, η Φινλανδία, η Σουηδία και η Δανία είναι χώρες με μεγάλη παραγωγή πέλλετ βιομάζας και κάθε μια από αυτές έχει αναπτύξει δικό τους σύστημα πιστοποίησης. Στην Ελλάδα η βιομάζα περιλαμβάνει υπολείμματα καλλιεργειών (άχυρα, κορμοί φυτών κλπ), αγροβιομηχανικά απόβλητα (κελύφη σπόρων), υπολείμματα δασών (ξύλεια), πριονίδια από βιομηχανίες ξύλου και επίπλων [1].

Σύμφωνα με τη μελέτη των Boukis et al. (2009), η Ελλάδα είναι υποχρεωμένη να συνδυάζει την καύση πετρελαίου με βιομάζα, ώστε να επιτυγχάνονται τα ποσοστά διείσδυσης που έχουν τεθεί ως στόχοι από την Οδηγία 2003/30/EK, η οποία αναλύεται εκτενώς στο Κεφάλαιο 3.2.1.

Πίνακας 1: Απαραίτητη ποσότητα βιοκαυσίμων, ώστε η Ελλάδα να πετύχει τους στόχους που έχουν θεσπιστεί με την οδηγία 2003/30/EK. [3]

Έτος	Κατανάλωση πετρελαίου (tn)	Απαιτούμενο ποσοστό βιοντίζελ	Απαιτούμενη ποσότητα βιοντίζελ (tn)
2005	2,084,000	2.00	46,976
2006	2,125,000	3.00	71,851
2007	2,167,000	4.00	97,695
2008	2,208,000	4.50	111,986
2009	2,249,000	5.00	126,739
2010	2,290,000	5.75	148,407

Στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται οι καταναλώσεις ντίζελ στην Ελλάδα για τα έτη 2005-2010, καθώς και η απαραίτητη ποσότητα βιοκαυσίμων που πρέπει να αναμειγνύεται σε ποσοστό και σε ποσότητα. Παρατηρείται αύξηση της ποσοστιαίας συμμετοχής του βιοντίζελ από το 2005. Για το λόγο αυτό οι αρμόδιοι φορείς παρέχουν κίνητρα για την παραγωγή και χρήση βιοκαυσίμων (υγρών και αέριων) και βιομάζας, τα οποία μειώνουν σημαντικά την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου έως και 60%.

Πίνακας 2: Υπολογισμός του ενεργειακού δυναμικού της βιομάζας ετησίως [3]

Τύπος βιομάζας	Ετήσια παραγωγή (tn)	Διαθεσιμότητα	Μέση κατώτερη θερμογόνος δύναμη (MJ/kg)	Ενεργειακό δυναμικό (MJ x 10 ⁶)	Ισοδύναμοι τόννοι πετρελαίου (TOE)
Ελαιοπυρήνα	250,000	90	16.5	3,712	88,672
Υπολείμματα εκκοκκιστηρίου	60,000	90	15.5	810	19,346
Κατάλλοιπα δασικών βιομηχανιών	200,000	50	16.5	1,650	39,410
Οργανικά απόβλητα	17,300,952	-	-	320	7550
Αγροτικά υπολείμματα	4,290,773	10	16.0	10,298	245,960
Δασικά υπολείμματα	1,370,314	10	16.5	2261	54,003

Εικόνα 1: Υπολογισμός του ενεργειακού δυναμικού της βιομάζας ετησίως [3]

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι κυριότερες πηγές βιομάζας, η ετήσια παραγόμενη ποσότητα, η θερμογόνος δύναμή τους, καθώς και οι ισοδύναμοι τόννοι πετρελαίου. Στη στήλη της διαθεσιμότητας (Availability %) προκύπτει ποιο ποσοστό της ετήσιας παραγωγής είναι διαθέσιμο για αγορά.

Η κατηγοριοποίηση της βιομάζας γίνεται με κριτήριο την άμεση διαθεσιμότητα, ως εξής:

- Άμεσα διαθέσιμη βιομάζα που περιλαμβάνει τα στερεά ή υγρά απόβλητα μεγάλων βιομηχανιών, όπως παραγωγής ελαιολάδου, εκκοκκιστηρίων, αναπαραγωγής βοοειδών, χαρτοβιομηχανίες και Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ).
- Έμμεσα διαθέσιμη βιομάζα, η οποία περιλαμβάνει τα υπολείμματα καλλιεργιών και δασών.

- Μελλοντικά διαθέσιμη βιομάζα που περιλαμβάνει τα προϊόντα ενεργειακών καλλιεργιών.

Η τιμή των πέλλετ βιομάζας για μεγάλους καταναλωτές, όπως εργοστάσια, κυμαίνεται από 100 – 120 €/tn, ενώ για οικιακή κατανάλωση η τιμή κυμαίνεται μεταξύ 150 – 200 €/tn [3].

Σύμφωνα με τους Boukis et al. (2009) σε όλη την Ελλάδα μπορούν να κατασκευαστούν μικρές μονάδες (6,000 tn πέλλετ/ έτος) παραγωγής βιομάζας, ώστε να απορροφώνται εύκολα από την τοπική αγορά. Επιπλέον, επισημαίνουν ότι σε τρία σημεία της Ελλάδας μπορεί να γίνει εγκατάσταση μονάδων παραγωγής βιοαιθανόλης που δύναται να αντικαταστήσει το 5.75% της βενζίνης. Στόχοι για την Ελλάδα μέχρι το τέλος του 2010 αποτελεί η δημιουργία πέντε μονάδων παραγωγής βιοντίζελ δυναμικότητας 40,000 tn/έτος.

Σε εννιά Περιφέρειες της Ελλάδας μπορούν να εγκατασταθούν μονάδες καύσης βιομάζας για τη συμπαραγωγή ενέργειας και θερμότητας. Οι μονάδες για να έχουν άμεση τροφοδοσία πρέπει να βρίσκονται σε μικρή απόσταση από τις βιομηχανίες από τις οποίες λαμβάνουν τα απόβλητα [3].

Τα πέλλετ και τα μπρίκετ είναι μια μορφή συμπίεσης βιομάζας και τα χαρακτηριστικά τους επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητά της [1], [4]. Πέντε χώρες της Ευρώπης έχουν δημιουργήσει συστήματα κατηγοριοποίησης και πιστοποίησης των μπρίκετ και πέλλετ. Τα χαρακτηριστικά που καθορίζονται με τα συστήματα αυτά είναι [5]:

- Η φαινομενική πυκνότητα
- Η θερμογόνος δύναμη
- Τα ποσοστά των πρόσθετων υλικών
- Τα επιτρεπόμενα ποσοστά υπολειπόμενης τέφρας και τη σύσταση της τέφρας.

Πίνακας 3: Ενιαίο πρότυπο προϊόντος για μπρίκετ και πέλλετ σύμφωνα με ÖNORM M1735 [5]

Μήκος	< 5 x διάμετρος (6 mm)
Πυκνότητα μονάδας	> 1.12 kg/dm ³
Περιεχόμενη υγρασία	< 10%
Περιεχόμενη τέφρα	< 0.5%
Θερμογόνος δύναμη	> 18 MJ/kg
Θείο	< 0.04%
Άζωτο	< 0.30%
Χλώριο	< 0.02%

Διάμετρος	mm < D < 10mm (6mm)
Αντοχή	< 2.3%
Συνδετικά υλικά	< 2% (μόνο φυσικά)

2.2 Απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ (spent coffee waste)

Ο καφές είναι το πιο εμπορικό ρόφημα παγκοσμίως και η κύρια παραγωγός χώρα είναι η Βραζιλία. Από τα είδη του γένους *Coffea* (Rubiaceae), μόνο δύο καλλιεργούνται για κατανάλωση και εμπορευματοποίηση, το *Coffea arabica* και το *Coffea canephora* ποικιλία *robusta* [6], [7]. Η Ευρώπη παρουσιάζει τα υψηλότερα ποσοστά κατανάλωσης καφέ σε σχέση με τον υπόλοιπο κόσμο. Ως εκ τούτου η παραγωγή, η επεξεργασία και η κατανάλωσή του παράγουν μεγάλες ποσότητες στερεών αποβλήτων, τα οποία χρήζουν διαχείρισης στα πλαίσια ορθών πολιτικών περιβαλλοντικής συμπεριφοράς. Υπολογίζεται ότι παράγονται 6,000 tn/y αποβλήτου καφέ παγκοσμίως [8], [9].

Το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ περιέχει 0.18 % καφεΐνη και χλωρογενικά οξέα (chlorogenic acids), τα οποία είναι τοξικά για νιτροποιητικούς μικροοργανισμούς. Το ποσοστό αυτό μπορεί να μοιάζει μικρό, αλλά σε περίπτωση εδαφικής εναπόθεσης, όπου οι ποσότητες του αποβλήτου μπορεί να είναι μεγάλες, η συγκέντρωση των ουσιών αυτών αυξάνεται σημαντικά [8]. Επιπρόσθετα, το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ είναι αρκετά ρυπογόνο, καθώς περιέχει οργανικές ουσίες, οι οποίες για να διασπαστούν στο έδαφος απαιτούν υψηλές ποσότητες οξυγόνου [10].

Επιστήμονες και βιομηχανίες έχουν ασχοληθεί με τη διαχείριση και την αξιοποίηση όλων των σταδίων του καφέ από τους φλοιούς του φυτού (coffee husks) μέχρι τους χρησιμοποιημένους κόκκους (spent coffee waste). Οι χρήσεις των αποβλήτων αυτών ποικίλουν και καλύπτουν διαφορετικές ανάγκες.

Η καλλιέργεια και η συγκομιδή καφέ παράγουν φυτικά απόβλητα (coffee husks, coffee residues), τα οποία έχουν απασχολήσει τη Βραζιλία, όπου και σύμφωνα με έρευνα έχουν αξιοποιηθεί ενεργειακά σε μορφή μπρίκετ. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τους Felfli et al. (2011) στην πόλη του Σάο Πάολο της Βραζιλίας το 12% των αποβλήτων του καφέ γίνονται μπρίκετ και μπορούν να διατεθούν για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών καταστημάτων εστίασης. Σύμφωνα με την ίδια μελέτη, η χαμηλή παραγωγικότητα μπρίκετ οφείλεται και στη γεωγραφική διασπορά των μονάδων παραγωγής καφέ. Η θερμογόνος δύναμη των μπρίκετ που προέρχονται

από φυτικά απόβλητα καφέ είναι συγκρίσιμη με μπρίκετ τα οποία κατασκευάζονται με πρώτη ύλη το πριονίδι, όπως φαίνεται στον Πίνακας 4. Πρέπει να ληφθεί υπόψη πως η πλειονότητα των πέλλετ που διατίθενται στην ελληνική αγορά σήμερα είναι κατασκευασμένη χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη ροκανίδια. Επομένως, υπάρχει μια αρχική ένδειξη ότι τα μπρίκετ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμη ύλη στην ελληνική αγορά.

Πίνακας 4: Χαρακτηρισμός χημικών και φυσικών ιδιοτήτων πριονιδιού, φλοιού ριζιού και καφέ. [11]

Υπόλειμμα	Θερμοχημικές ιδιότητες								
	Υγρασία (%)	Άμεση ανάλυση (%)			Στοιχειακή ανάλυση (%)				Θερμογόνος δύναμη (MJ/kg)
		Πτητική ύλη	Δεσμευμένος άνθρακας	Τέφρα	C	H	O	N	
Πριονίδια	9.1	87.8	18.0	0.2	48.3	6.1	45.3	0.2	18.0
Φλοιός ριζιού	11.4	65.9	17.1	17.0	35.5	5.2	42.1	0.2	14.0
Φλοιός καφέ	13.1	73.2	23.1	3.7	47.5	6.4	43.7	-	18.4

Μια διαφορετική μέθοδος αξιοποίησης των φυτικών αποβλήτων του καφέ είναι η αεριοποίηση μίγματος κορμού και φλοιών καφέ με πριονίδι ευκαλύπτου, όπως αυτή παρουσιάστηκε από τους De Oliveira et al. (2013). Στη συγκεκριμένη μελέτη γίνεται έλεγχος της δυνατότητας κάλυψης μέρους των ενεργειακών αναγκών της Βραζιλίας από αυτά τα απόβλητα. Σύμφωνα με την ίδια μελέτη η παραγωγή ενέργειας από αυτά τα απόβλητα μπορεί να φτάσει τις 55,906.7 GWh που αντιστοιχεί στο 13.5% της κατανάλωσης ενέργειας για το έτος 2011 [12].

Σε έρευνες παρουσιάζεται η εξαγωγή των ελαίων των χρησιμοποιημένων κόκκων καφέ για την παραγωγή βιοντίζελ και για τη χρήση τους στη φαρμακοβιομηχανία [6], [13–15].

Η παραγωγή βιοκαυσίμων από απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ αντιμετωπίζει την πρόκληση της μεταφοράς χωρίς τη σπατάλη ενέργειας και τη συλλογή όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ποσότητας αποβλήτου. Προκειμένου να είναι άμεση και αποτελεσματική η συλλογή οι Abdullah και Bulent Koc (2013) προτείνουν την πώληση έτοιμων ροφημάτων καφέ. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να μην υπάρχει διασπορά του αποβλήτου από χρησιμοποιημένο καφέ και η συλλογή του θα πραγματοποιείται κατευθείαν από τα εργοστάσια.

Οι Kondamudi et al. (2008) εξέτασαν το ενδεχόμενο της παραγωγής βιοντίζελ από χρησιμοποιημένους κόκκους καφέ, καθώς περιέχουν 15% έλαια. Επιπλέον, προτείνουν την

κατασκευή πέλλετ από το επεξεργασμένο απόβλητο ή την κομποστοποίησή του για εδαφική χρήση.

Η τέφρα των φλοιών του καφέ έχει χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο σε κεραμικά με αργλική βάση. Το πρόβλημα που αντιμετώπισαν οι Acchar et al. (2013) είναι ότι τα απόβλητα αυτά έχουν εποχιακές διακυμάνσεις, αφού η συγκομιδή του καφέ γίνεται μεταξύ Ιουνίου και Ιουλίου και η τέφρα θα πρέπει να αποθηκεύεται. Τα απόβλητα αυτά παράγουν 21% τέφρα (% db) και είναι πλούσια σε αλκαλικά στοιχεία που είναι το επιθυμητό για τέτοιου είδους διεργασίες.

Το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ έχουν χρησιμοποιηθεί για την απομάκρυνση μολύβδου από το πόσιμο νερό [16], την απομάκρυνση μετάλλων (Cu, Zn, Cd, Pb) από υδατικά διαλύματα [17] και την απομάκρυνσης βαφής μπλε του μεθυλενίου από υδατικά διαλύματα [9]. Στα πλαίσια της διαχείρισης του αποβλήτου από χρησιμοποιημένο καφέ οι Pappa et al. (2012) κατασκεύασαν βιοεξανθράκωμα (biochar), το οποίο προτείνεται για εξυγίανση εδαφών και υπογείων υδάτων [18].

Το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ έχει προξενήσει το ενδιαφέρον πολλών επιστημονικών ομάδων σε τομείς πέραν από αυτούς του περιβάλλοντος. Επιστήμονες έχουν επιχειρήσει να προκαλέσουν αύξηση καροτενοειδών στα λαχανικά χρησιμοποιώντας απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ ως εδαφοβελτιωτικό [8]. Οι Zuorro και Lavecchia (2012) προσπάθησαν να εξάγουν φαινόλες και θρεπτικές ουσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τη φαρμακοβιομηχανία. Στη συνέχεια, χρησιμοποίησαν το υπόλειμμα του υλικού από τα πειράματά τους, για την κατασκευή πέλλετ για ενεργειακούς σκοπούς.

2.3 Κελύφη σπόρων

Η καλλιέργεια του κελυφωτού φιστικιού (*Pistacia vera L.*) ευνοείται ιδιαίτερα γύρω από τη Μεσόγειο. Τα κελύφη φιστικιού αποτελεί απόβλητο που προέρχεται κυρίως από βιομηχανίες ξηρών καρπών και αξιοποιείται για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών σε αρκετές βιομηχανίες. Παρόλα αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί και για την προσρόφηση κόκκινης βαφής από υδατικό διάλυμα [19]. Οι Morcali et al. (2013) δημιούργησαν εξανθράκωμα από κελύφη φιστικιού και φλοιούς ρυζιού για να ανακτήσουν λευκόχρυσο από διαλύματα μέσω προσρόφησης [20]. Τα κελύφη σπόρων είναι αγροβιομηχανικά απόβλητα που μπορούν να τροφοδοτήσουν σε συνδυασμό με άλλα υλικά μονάδες καύσης βιομάζας.

Τα κελύφη κολοκυθόσπορου έχουν χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή εξανθρακώματος με το οποίο απομακρύνονται ιόντα μολύβδου (Pb^{+2}) από υδατικά διαλύματα [21].

3 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Σε αυτή την εργασία γίνεται προσπάθεια κριτικής παρουσίασης του νομοθετικού πλαισίου με σκοπό να καταδειχθεί κατά πόσον οι έννοιες βιομάζα και βιοκαύσιμο προσεγγίζονται υπό το ίδιο πρίσμα από την επιστημονική βιβλιογραφία και τις συναφείς τεχνικές μελέτες και τα νομοθετικά κείμενα. Η έρευνα που έγινε έδειξε ότι οι παραπάνω όροι χρησιμοποιούνται με διαφορετικό τρόπο, ενώ τις περισσότερες φορές τους δίνεται και διαφορετικό περιεχόμενο. Είναι, λοιπόν, σημαντικό να υπάρχει μια σαφής εικόνα για το πού υπάγεται από νομικής πλευράς το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ και τα κελύφη σπόρων. Εντάσσονται στην έννοια και τον νομικό ορισμό του βιοκαυσίμου ή της βιομάζας; Για να απαντηθεί το παραπάνω ερώτημα χρειάζεται να γίνει μια ιστορική αναδρομή στις διεθνείς και ευρωπαϊκές νομοθετικές πρωτοβουλίες που είχαν μεν ως αφετηρία την κλιματική αλλαγή, κατέληξαν δε σε ειδικές ρυθμίσεις για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

3.1 Διεθνείς και Ενωσιακές ρυθμίσεις για την κλιματική αλλαγή

3.1.1 Διεθνείς ρυθμίσεις για την κλιματική αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή που οφείλεται στις δραστηριότητες των ανεπτυγμένων βιομηχανικών κρατών, οδήγησε την παγκόσμια κοινότητα στη θέσπιση διεθνών Συμβάσεων. Στο Συνέδριο του Ρίο ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας το 1992 τέθηκε ως βασικός στόχος η μείωση των ανθρωπογενών παραγόντων της κλιματικής αλλαγής. Αυτοί οι παράγοντες περιελάμβαναν τις εκπομπές καυσαερίων στην ατμόσφαιρα και κυρίως τη σταθεροποίηση των επιπέδων του CO₂ [22]. Ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ), μετά από πολυετείς διαπραγματεύσεις και με αντικείμενο τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου θέσπισε το 1997 το Πρωτόκολλο του Κιότο (Kyoto Protocol). Οι ΗΠΑ είναι ο μεγαλύτερος ρυπαίνων στη γη, απέχουν όμως από τις ρυθμίσεις του ΟΗΕ για την κλιματική αλλαγή με την Αυστραλία να ακολουθεί. Τα κράτη αυτά προσπαθούν να δημιουργήσουν συμμαχίες στον αντίποδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) κερδίζοντας συνέχεια συμμάχους, όπως η Ρωσία, η Κίνα και η Ινδία. Η απαξίωση στη συμμετοχή για μεταρρυθμίσεις του Πρωτοκόλλου από τα προαναφερθέντα κράτη δημιουργεί ζητήματα κρατικής ευθύνης για κράτη που απειλούνται από την κλιματική αλλαγή (π.χ. μικρά νησιωτικά κράτη του Ειρηνικού).

3.1.2 Ενωσιακές ρυθμίσεις για την κλιματική αλλαγή

Σε επίπεδο ΕΕ, αυτή υπέγραψε το Πρωτόκολλο του Κιότο το 1998 και εξέδωσε την Απόφαση 2002/358/ΕΚ του Συμβουλίου για την έγκριση, εξ ονόματος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, του Πρωτοκόλλου του Κιότο και την από κοινού τήρηση των σχετικών δεσμεύσεων. Έτσι η ΕΕ κατέστη συμβαλλόμενο μέρος του Πρωτοκόλλου και υπεισήλθε στις υποχρεώσεις που απορρέουν από αυτό [23][22]. Το 2009 στη Συμφωνία της Κοπεγχάγης (Copenhagen Accord) επαναπροσδιορίστηκαν οι στόχοι του Πρωτοκόλλου, στοχεύοντας στη διατήρηση της μέγιστης μέσης αύξησης της θερμοκρασίας της γής στους 2 °C μέχρι το 2015 [24]. Με το Πρωτόκολλο συμμορφώνονται τα κράτη, που έχουν υπογράψει και το ίδιο αφορά εκπομπές προερχόμενες από επιχειρήσεις και κατ' επέκταση από τα κράτη.

Η ΕΕ των 15 τότε κρατών μελών ανέλαβε να μειώσει κατά 8% τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με αυτές του 1990 μέχρι το 2012. Το 1998 με την υπογραφή του Πρωτοκόλλου ανακατένειμε τα βάρη περιορισμού των εκπομπών ανάμεσα στα κράτη μέλη. Το 2005 η ΕΕ κατάφερε να μειώσει κατά 1.7% τις εκπομπές σε σχέση με το 1990. Και αυτό γιατί ήδη από το 2003 τέθηκε σε λειτουργία ο μηχανισμός της εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (Οδηγία 2003/87/ΕΚ), ο οποίος συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου, όπως ορίζει το Άρθρο 4 του Πρωτοκόλλου.

Σύμφωνα με το μηχανισμό, τα κράτη μέλη της ΕΕ και κατά συνέπεια οι επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται σε αυτά, έχουν την δυνατότητα να ανταλλάσουν το δικαίωμα εκπομπής ρύπων. Για το λόγο αυτό έχει δημιουργηθεί το «χρηματιστήριο ρύπων», όπου οι επιχειρήσεις είτε αγοράζουν το δικαίωμα εκπομπής ρύπων («ο ρυπαίνων πληρώνει»), είτε πωλούν μέρος των δικαιωμάτων τους έναντι κάποιας οικονομικής απολαβής. Σε αυτό το μηχανισμό υπάγονται πλέον και τα 27 κράτη μέλη [25].

Στο μηχανισμό αρχικά λαμβάνονταν υπόψη μόνο σταθερές πηγές εκπομπής ρύπων. Από το 2012 έως το 2020 λαμβάνονται υπόψη και οι εκπομπές από τις αεροπορικές εταιρίες βάσει της Οδηγίας: «ΟΔΗΓΙΑ 2008/101/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 19ης Νοεμβρίου 2008 για την τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ ώστε να ενταχθούν οι αεροπορικές δραστηριότητες στο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Κοινότητας». Σύμφωνα με αυτήν οι εκπομπές αερίων των πτήσεων από και προς την ΕΕ εντάσσονται και αυτές στο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων από

το 2012. Η ρύθμιση αυτή ίσχυσε μόνον για το έτος 2012, καθώς υπήρχαν διαμαρτυρίες των αεροπορικών εταιριών για τις τεράστιες οικονομικές ζημιές που θα προκαλούσε η εμπορία των δικαιωμάτων και στον τομέα των αερομεταφορών [26]. Όμως, στις 5 Δεκεμβρίου του 2012 η Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή γνωμοδότησε επί του θέματος και αργότερα αποφασίστηκε από την ΕΕ η προσωρινή παρέκκλιση από την Οδηγία 2003/87/ΕΚ. Έχει όμως σημασία ν' αναφερθεί ότι, όπως εκφράστηκε πολύ πρόσφατα (28/06/2013), υπάρχει πλέον πρόθεση από την ΕΕ να εντάξει στο σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου και τις ναυτιλιακές εταιρίες με έναρξη ισχύος από την 01/01/2018.

Επιδιώκοντας η ΕΕ μια κοινή πολιτική για την κλιματική αλλαγή, στις 29 Ιουνίου του 2007 εξέδωσε την Πράσινη Βίβλο, [27] η οποία είναι η προσπάθεια για προσαρμογή στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η Πράσινη Βίβλος, που έχει χαρακτήρα στρατηγικό και όχι καθαρά νομικά δεσμευτικό εστιάζει στην πρόληψη κατά την προσαρμογή, καθώς κοστίζει λιγότερο και βασίζεται σε τέσσερις πυλώνες:

1. Τα προληπτικά μέτρα για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής
2. Ενσωμάτωση της προσαρμογής στις εξωτερικές δράσεις της ΕΕ
3. Μείωση της αβεβαιότητας που επιτυγχάνεται με ολοκληρωμένη κλιματική έρευνα
4. Συντονισμός των πολιτικών και των μέτρων προσαρμογής από τους πολίτες, τις επιχειρήσεις και του δημόσιου τομέα.

Η ΕΕ αναλαμβάνει μέσω της Πράσινης Βίβλου να ενισχύσει με χρηματοδότηση τα εθνικά προγράμματα προσαρμογής αναπτυσσόμενων κρατών γύρω από τη Μεσόγειο. Στη Μεσόγειο υπάρχουν περιοχές ευάλωτες στην κλιματική αλλαγή και είναι πολύ σημαντικό να συνεργαστούν με την ΕΕ προκειμένου να προσαρμοστούν. Παρόλες τις προτάσεις της Πράσινης Βίβλου στην πραγματικότητα δεν διατυπώνεται κάποιος συγκεκριμένος μηχανισμός συνεργασίας.

Βέβαια, ο τομέας της κλιματικής αλλαγής προσεγγίζεται και στο πλαίσιο της Λευκής Βίβλου, που εκδόθηκε στις 9 Απριλίου του 2009 [28] και με το οποίο θεσπίζεται ένα ευρωπαϊκό πλαίσιο δράσης για τις επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος. Στηρίζεται σε έναν ευρύ διάλογο που δρομολογήθηκε το 2007 από την Πράσινη Βίβλο για την προσαρμογή της Ευρώπης στην αλλαγή του κλίματος και σε άλλες ερευνητικές προσπάθειες. Η Πράσινη και Λευκή Βίβλος αποτελούν συμπληρωματικά εργαλεία δράσης για το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής στο πλαίσιο της ΕΕ.

3.2 Οι Ενωσιακές ρυθμίσεις για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Η ΕΕ σήμερα αντιμετωπίζει την πρόκληση που αφορά στην κατανάλωση ενέργειας. Στόχος της είναι μέχρι το 2020 να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας από κάθε κράτος μέλος κατά **20%** σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 και η αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ στο **20%** της συνολικής κατανάλωσης. Ακόμη στοχεύει στη μείωση της πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας κατά **20%** δημιουργώντας συνολικά το Πακέτο 20-20-20. Οι ΑΠΕ αποτέλεσαν αντικείμενο μέριμνας του κοινοτικού νομοθέτη, ο οποίος στο πλαίσιο του Πακέτου 20-20-20 εξέδωσε δύο Οδηγίες, αρχικά την Οδηγία 2001/77/ΕΚ και μετέπειτα την Οδηγία 2009/28/ΕΚ. Τόσο στην πρώτη, όσο και στην πιο πρόσφατη δίνονται αναλυτικά οι ορισμοί των διαφόρων μορφών ΑΠΕ, μεταξύ των οποίων η βιομάζα και τα βιοκαύσιμα. Ειδικότερα για τα βιοκαύσιμα εκδόθηκε η Οδηγία 2003/30/ΕΚ, η οποία όμως καταργήθηκε μεταγενέστερα με την 2009/28/ΕΚ, που αφορά σε όλες τις ειδικότερες μορφές ΑΠΕ.

3.2.1 Οι Ενωσιακές ρυθμίσεις για τα βιοκαύσιμα

Η Οδηγία 2003/30/ΕΚ: «ΟΔΗΓΙΑ 2003/30/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 8^{ης} Μαΐου του 2003 σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές» είχε ως σκοπό «να προάγει τη **χρήση βιοκαυσίμων** ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων προς αντικατάσταση του πετρελαίου ντίζελ ή της βενζίνης στις μεταφορές σε κάθε κράτος μέλος, προκειμένου να συμβάλει στην επίτευξη στόχων, όπως η τήρηση των δεσμεύσεων σχετικά με τις κλιματικές μεταβολές, η φιλική προς το περιβάλλον ασφάλεια του εφοδιασμού και η προώθηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας».

Στην Οδηγία αυτή στο Άρθρο 2 δίνεται ο ορισμός του **βιοκαυσίμου** : «*υγρό ή αέριο καύσιμο για τις μεταφορές το οποίο παράγεται από βιομάζα*». Επίσης στο ίδιο άρθρο επαναλαμβάνεται και ο ορισμός της **βιομάζας**, που ήδη είχε διατυπωθεί για πρώτη φορά στην οδηγία 2001/77/ΕΚ: «*το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων από γεωργικές (συμπεριλαμβανομένων φυτικών και ζωικών ουσιών), δασοκομικές και συναφείς βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων*».

Η Οδηγία 2009/28/EK ήρθε να καταργήσει το Άρθρο 2 και 3 της Οδηγίας 2003/30/EK με ισχύ από 01/04/2010 και την υπόλοιπη Οδηγία από 01/01/2012. Στην ίδια Οδηγία 2009/28/EK δίνεται εκ νέου ο ορισμός των βιοκαυσίμων αλλά για πρώτη φορά και των βιορευστών. Πιο συγκεκριμένα στο άρθρο 2 παρ. η και θ αναφέρεται ως «βιορευστά»: υγρά καύσιμα για ενεργειακούς σκοπούς, εκτός από κίνηση, συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρικής ενέργειας και της θέρμανσης και της ψύξης, τα οποία παράγονται από βιομάζα και ως «βιοκαύσιμα»: υγρά ή αέρια καύσιμα κίνησης τα οποία παράγονται από βιομάζα».

3.2.2 Οι Ενωσιακές ρυθμίσεις για τη βιομάζα

3.2.3 Η Οδηγία 2001/77/EK

Ο πρώτος ορισμός της βιομάζας εντοπίζεται στην Οδηγία 2001/77/EK: «ΟΔΗΓΙΑ 2001/77/EK ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 27ης Σεπτεμβρίου 2001 για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας». Σκοπός της Οδηγίας ήταν η «προαγωγή της αύξησης της συμβολής των **ανανεώσιμων πηγών ενέργειας** στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και η δημιουργία βάσης για ένα μελλοντικό κοινοτικό πλαίσιο στον εν λόγω τομέα».

Κατ' αρχάς στην Οδηγία στο Άρθρο 2 δίνεται για πρώτη φορά ο ορισμός των **ΑΠΕ** : «*οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (αιολική, ηλιακή και γεωθερμική ενέργεια, ενέργεια κυμάτων, παλιρροϊκή ενέργεια, υδραυλική ενέργεια, βιομάζα, αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαέρια)*». Επιπρόσθετα διατυπώνεται και ο ορισμός της **βιομάζας** ως : «*το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων που προέρχονται από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τις συναφείς βιομηχανίες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων*».

Η Οδηγία 2001/77/EK καταργήθηκε με την 2009/28/EK από την 01/01/2012.

3.2.4 Η Οδηγία 2009/28/EK

Η ΕΕ συνεχίζοντας την προσπάθεια για την προστασία του περιβάλλοντος και την αειφορική χρήση των ορυκτών πόρων, θεσπίζει την ισχύουσα Οδηγία 2009/28/EK: «ΟΔΗΓΙΑ 2009/28/EK

ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 23ης Απριλίου 2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των Οδηγιών 2001/77/EK και 2003/30/EK».

Σκοπός της Οδηγίας είναι να θεσπίσει: «κοινό πλαίσιο για την προώθηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Θέτει υποχρεωτικούς εθνικούς στόχους για το συνολικό μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας και το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στις μεταφορές. Καθορίζει κανόνες για τη στατιστική μεταβίβαση μεταξύ κρατών μελών, για κοινά έργα μεταξύ κρατών μελών και με τρίτες χώρες, τις εγγυήσεις προέλευσης, τις διοικητικές διαδικασίες, την πληροφόρηση και την κατάρτιση και την πρόσβαση στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας για ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Καθιερώνει κριτήρια αειφορίας του περιβάλλοντος για τα βιοκαύσιμα και τα βιορευστά».

Σε αυτή την Οδηγία στο Άρθρο 2 επαναδιατυπώνεται ο ορισμός για τις **ΑΠΕ**: «*ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές: η ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές ήτοι αιολική, ηλιακή, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλύόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από τα αέρια που παράγονται σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και από τα βιοαέρια*» αλλά και ο ορισμός της **βιομάζας**: «*το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων **βιολογικής** προέλευσης από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τους συναφείς κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών αποβλήτων και των οικιακών απορριμμάτων*».

Συνεχίζοντας στο Άρθρο 2 δίνονται οι ορισμοί των **βιορευστών**: «*υγρά καύσιμα για ενεργειακούς σκοπούς, εκτός από κίνηση, συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρικής ενέργειας και της θέρμανσης και της ψύξης, τα οποία παράγονται από βιομάζα*» και **βιοκαυσίμων**: «*υγρά ή αέρια καύσιμα κίνησης τα οποία παράγονται από βιομάζα*».

Ειδικότερα στον ορισμό της βιομάζας, προστίθεται ως προϋπόθεση ορισμού η **βιολογική** προέλευση των κατάλοιπων και τα κατάλοιπα **αλιείας και υδατοκαλλιέργειας**. Η βιολογική προέλευση της βιομάζας είναι προϋπόθεση για την υψηλή ποιότητά της, καθώς προσμίξεις με χημικές οι αδρανείς ουσίες αλλάζουν τις ιδιότητές της. Η προσθήκη των καταλοίπων αλιείας και υδατοκαλλιέργειας είναι θετική, αφού επιτυγχάνεται διεύρυνση του πεδίου της βιομάζας και των χρήσεών της.

Στον ορισμό της βιομάζας γίνεται αναφορά στο βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των **οικιακών απορριμμάτων**. Η έννοια αυτή εμπεριέχει και τα στερεά απόβλητα οικιακής προέλευσης, όπως είναι στην προκειμένη περίπτωση το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ.

Παράλληλα, με την ίδια Οδηγία καταργούνται οι διαθέσιμες εμπορικές μορφές βιοκαυσίμων (Άρθρο 3, παράγραφος 2 Οδηγίας 2003/30/EK) και οι προϋποθέσεις που είχε θέσει η ΕΕ το 2003 για την προστασία του περιβάλλοντος από κινητήρες ντίζελ που καίνε πάνω από 5% βιοκαύσιμα (Άρθρο 3, παράγραφος 3 Οδηγίας 2003/30/EK), όπως επίσης και η υποχρέωση ενημέρωσης του κοινού για πώληση καυσίμου ντίζελ με μίγμα βιοκαυσίμου πάνω από 5% (Άρθρο 3, παράγραφος 5 Οδηγίας 2003/30/EK). Ακόμα καταργούνται τα Άρθρα 5, 6 της ίδιας Οδηγίας που παρέχουν τη δυνατότητα πρόσθεσης νέων ορισμών. Στα Άρθρα 17, 18, 19 της ίδιας Οδηγίας, η ΈΕ καθορίζει τα κριτήρια για την συμμετοχή της βιομάζας και των βιοκαυσίμων στους εθνικούς στόχους του κάθε κράτους μέλους.

Αναλυτικότερα, σύμφωνα με το Άρθρο 17, παράγραφος 2 της Οδηγίας 2009/28/EK, πρέπει να επιτυγχάνεται μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 35% από την χρήση βιομάζας, ώστε η βιομάζα να συνεισφέρει στους εθνικούς στόχους που έχουν καθοριστεί. Εάν η χρήση βιομάζας ξεκινήσει μετά την 1^η Ιανουαρίου 2017 η αντίστοιχη απαραίτητη μείωση καθορίζεται στο 50%, ενώ από 1^η Ιανουαρίου 2018 το ποσοστό μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου πρέπει να φτάσει το 60%. Ακόμη, η παραγόμενη βιομάζα δεν πρέπει να προέρχεται από εδάφη με υψηλή αξία βιοποικιλότητας όπως:

1. Πρωτογενή δάση, δασώδεις εκτάσεις (Άρθρο 17, Παράγραφος 3, στοιχείο α)
2. Προστατευόμενες περιοχές (π.χ. περιοχή Natura 2000) (Άρθρο 17, Παράγραφος 3, στοιχείο β)
3. Λειμώνες υψηλής παραγωγικότητας (Άρθρο 17, Παράγραφος 3, στοιχείο γ)
4. Υγροβιότοπους (Άρθρο 17, Παράγραφος 4, στοιχείο α)
5. Συνεχώς δασωμένες περιοχές (Άρθρο 17, Παράγραφος 4, στοιχείο β)
6. Τυφώνες (Άρθρο 17, Παράγραφος 5)

Στο Άρθρο 18, η Ένωση ορίζει την μεθοδολογία διασφάλισης της ποιότητας της βιομάζας, ώστε να τηρούνται οι προαναφερθέντες όροι του Άρθρου 17. Τέλος, στο Άρθρο 19, περιγράφεται ο τρόπος υπολογισμού του αντικτύπου των βιοκαυσίμων και βιορευστών στα αέρια του θερμοκηπίου.

3.2.5 Σύνοψη Ενωσιακών Οδηγιών για τα βιοκαύσιμα και βιομάζα

Η Ευρωπαϊκή Ένωση στα πλαίσια της προστασίας του περιβάλλοντος επιδιώκει, μέσω της θεσμοθέτησης Οδηγιών, όλα τα κράτη μέλη να συμβάλουν στους στόχους που έχει θέσει, εκμεταλλευόμενα όλες τις διαθέσιμες τεχνολογίες για την μείωση των αποβλήτων, την διεύθυνση των ΑΠΕ και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Στους ορισμούς των Οδηγιών περιγράφεται η βιομάζα και η χρήση του κλάσματος των οργανικών και των βιομηχανικών αποβλήτων για την παραγωγή βιοκαυσίμων και βιορευστών. Η απόφαση 406/2009/ΕΚ ορίζει την απαραίτητη συμβολή των κρατών μελών στην μείωση των αερίων θερμοκηπίου, αναλύοντας τις δυνατότητες που έχουν για να αποκλίνουν από τους εκάστοτε ετήσιους στόχους. Επιπρόσθετα, αναφέρεται στην υποχρέωση των κρατών μελών να συντάσσουν ετήσιες εκθέσεις, αλλά και να εφαρμόζουν διορθωτικά μέτρα όταν υπάρχουν αποκλίσεις από τους στόχους που έχουν τεθεί.

Η παρασκευή μπρίκετ από απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ είναι μορφή ενεργειακής αξιοποίησης αποβλήτου. Αξίζει, λοιπόν, να σημειωθεί πως από το 1975 η ΕΕ προσπάθησε να προσεγγίσει για πρώτη φορά από νομικής πλευράς την παραγωγή ενέργειας από απόβλητα με την «ΟΔΗΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 15ης Ιουλίου 1975 περί των στερεών αποβλήτων (75/442/ΕΟΚ)». Η Οδηγία αναφέρει στο Άρθρο 3 πως τα κράτη μέλη πρέπει, αφού φροντίσουν για «την πρόληψη ή τη μείωση της παραγωγής και της βλαπτικότητας των αποβλήτων» εν συνεχεία να τα χρησιμοποιήσουν για ανακύκλωση/ επαναχρησιμοποίηση ή για παραγωγή ενέργειας. Η τελευταία τροποποίηση της Οδηγία αυτής έγινε με την Οδηγία 96/350/ΕΚ.

3.3 Η Εθνική νομοθετική προσέγγιση για τα βιοκαύσιμα και τη βιομάζα

Σύμφωνα με την έρευνα και μελέτη της Εθνικής Νομοθεσίας σχετικά με τη βιομάζα και τα βιοκαύσιμα, δεν εντοπίστηκαν νομοθετικά κείμενα διαφορετικά από αυτά που προκύπτουν από τις Οδηγίες της ΕΕ. Μπορεί να αναφερθεί με βεβαιότητα ότι από νομοθετικής άποψης η Εθνική Νομοθεσία και στους δυο τομείς ακολουθεί την Ευρωπαϊκή και δεν καινοτομεί.

3.3.1 Ενσωμάτωση Οδηγιών στην κείμενη Εθνική Νομοθεσία

Τα κράτη μέλη της ΕΕ είναι υποχρεωμένα να εναρμονίζονται με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες εντός του χρονικού ορίου που περιγράφεται σε αυτές. Το Ελληνικό Κοινοβούλιο έχει

ενσωματώσει στην Εθνική Νομοθεσία τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες σχετικά με τις ΑΠΕ και τα βιοκαύσιμα, πλην όμως όπως αναφέρεται και πιο κάτω με σημαντικές καθυστερήσεις.

Η τροποποίηση του νόμου 3054/2002: «*Οργάνωση της αγοράς πετρελαιοειδών και άλλες διατάξεις*» (ΦΕΚ Α' 230/2.10.2002) που αφορά τα πετρελαιοειδή προϊόντα, τη διύλιση και την εμπορία τους έγινε με τον νόμο **3423** στις 13 Δεκεμβρίου **2005**: «*Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά των βιοκαυσίμων και άλλων ανανεώσιμων καυσίμων*».

Στο Άρθρο 15Α του νόμου 3423/2005 αναφέρεται ότι : «*Τα Βιοκαύσιμα και τα Άλλα Ανανεώσιμα Καύσιμα* μπορούν να διατίθενται είτε αυτούσια είτε σε μίγμα με προϊόντα διύλισης του αργού πετρελαίου, εφόσον πληρούν τις τεχνικές προδιαγραφές που καθορίζονται με αποφάσεις του Ανώτατου Χημικού Συμβουλίου, σύμφωνα με το εδάφιο δ' της παραγράφου 8 του άρθρου 6 του ν.4328/1929 (ΦΕΚ 272 Α')». Ο ορισμός υπ' αριθ. 17 περιγράφει τα **Άλλα Ανανεώσιμα Καύσιμα**: «*Τα Ανανεώσιμα Καύσιμα, εκτός των Βιοκαυσίμων, που προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως αυτές ορίζονται στο άρθρο 2 της Οδηγίας 2001/77/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Σεπτεμβρίου 2001 για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (ΕΕΕΚ L. 283)*». Επομένως, με αυτό τον ορισμό θα μπορούσε να θεωρηθεί το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ ως «άλλο ανανεώσιμο καύσιμο», αφού προέρχεται από τη βιομάζα που είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Όμως, μεταγενέστερα-άγνωστο για ποιόν ακριβώς λόγο- ο νόμος **3769/2009**: «*Εφαρμογή της ίσης μεταχείρισης ανδρών και γυναικών όσον αφορά την πρόσβαση σε αγαθά και υπηρεσίες και την παροχή αυτών και άλλες διατάξεις*» (ΦΕΚ Α' 105/01.07.2009) τροποποιεί τον υπ' αριθμ. 17 ορισμό του 3054/2002 στο Άρθρο 21 ως εξής: «*«Άλλα Ανανεώσιμα Καύσιμα» του άρθρου 3 του ν.3054/2002 αντικαθίσταται ως εξής: Τα Ανανεώσιμα Καύσιμα, εκτός των Βιοκαυσίμων, που προέρχονται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως αυτές ορίζονται στο άρθρο 2 της Οδηγίας 2001/77/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Σεπτεμβρίου 2001 για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας (ΕΕΕΚ L. 283), και χρησιμοποιούνται στις μεταφορές*».

Τέλος, ο πλέον πρόσφατος νόμος 4062 στις 30 Μαρτίου 2012: «*Αξιοποίηση του πρώην Αεροδρομίου Ελληνικού :Πρόγραμμα ΗΛΙΟΣ – Προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (Ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/28/EK) – Κριτήρια Αειφορίας Βιοκαυσίμων και Βιορευστών (Ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/30/EK)*» (ΦΕΚ Α' 70/30.03.2012), στο Άρθρο 34

αντικαθιστά επίσης, τον όρο «άλλα ανανεώσιμα καύσιμα» του νόμου 3054/2002 με τον όρο βιορευστά. Σύνεπώς, βάσει των παραπάνω Άρθρων για τα μπρίκετ από απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ αποκλείεται ο όρος «Άλλα Ανανεώσιμα Καύσιμα».

Σημειώνεται ότι ο νόμος 3054/2002 ενσωματώνει στην Εθνική Νομοθεσία την Οδηγία 2003/30/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 8^{ης} Μαΐου του 2003 σχετικά με την προώθηση της χρήσης βιοκαυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων καυσίμων για τις μεταφορές, η οποία καλούσε τα κράτη μέλη να συμμορφωθούν μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου του 2004.

Στη συνέχεια, με τον νόμο **3468** στις 27 Ιουνίου 2006: «*Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις*» ενσωματώνεται η Οδηγία 2001/77/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 27ης Σεπτεμβρίου 2001 για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Στον νόμο αυτό δίνονται οι ορισμοί του βιοκαυσίμου και της βιομάζας. Ορίζει ως **βιοκαύσιμο**: «το υγρό ή αέριο καύσιμο που παράγεται από βιομάζα και ειδικότερα είναι:

1. το βιοντίζελ
2. η βιοαιθανόλη
3. το βιοαέριο
4. η βιομεθανόλη
5. ο βιοδιμεθυλαιθέρας
6. το βιο-ETBE
7. το βιο-MTBE
8. τα συνθετικά βιοκαύσιμα
9. το βιοϋδρογόνο
10. τα καθαρά φυτικά έλαια».

Παρατηρείται ότι η ελληνική εναρμόνιση δεν παρέμεινε σε απλή μεταφορά του ορισμού της οδηγίας αλλά προέβη και σε εξειδίκευση των βιοκαυσίμων επιλέγοντας την ειδική αναφορά τους, απαριθμώντας 10 κατηγορίες.

Στον ίδιο νόμο ορίζεται ως **βιομάζα**: «το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων που προέρχονται από τις γεωργικές, συμπεριλαμβανομένων φυτικών και ζωικών ουσιών, τις δασοκομικές και τις συναφείς βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα βιομηχανικών αποβλήτων και αστικών λυμάτων και απορριμμάτων».

Η εναρμόνιση της Οδηγίας 2009/28/EK ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 23ης Απριλίου 2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των Οδηγιών 2001/77/EK και 2003/30/EK έγινε το 2012 με τον νόμο **4062/2012**.

Η Ελλάδα μαζί με την Φιλανδία και την Πολωνία στις 22 Μαρτίου του ίδιου έτους προειδοποιήθηκαν ότι αν δεν συμμορφωνόταν με τις νομικές υποχρεώσεις τους εντός διμήνου η Επιτροπή θα έκανε προσφυγή στο Δικαστήριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η εναρμόνιση έπρεπε να είχε υλοποιηθεί από τις 5 Δεκεμβρίου 2010 [29].

Η Οδηγία 2009/28/EK, όπως αποδίδεται στην ελληνική γλώσσα στο Άρθρο 2 δίνει τον εξής ορισμό:

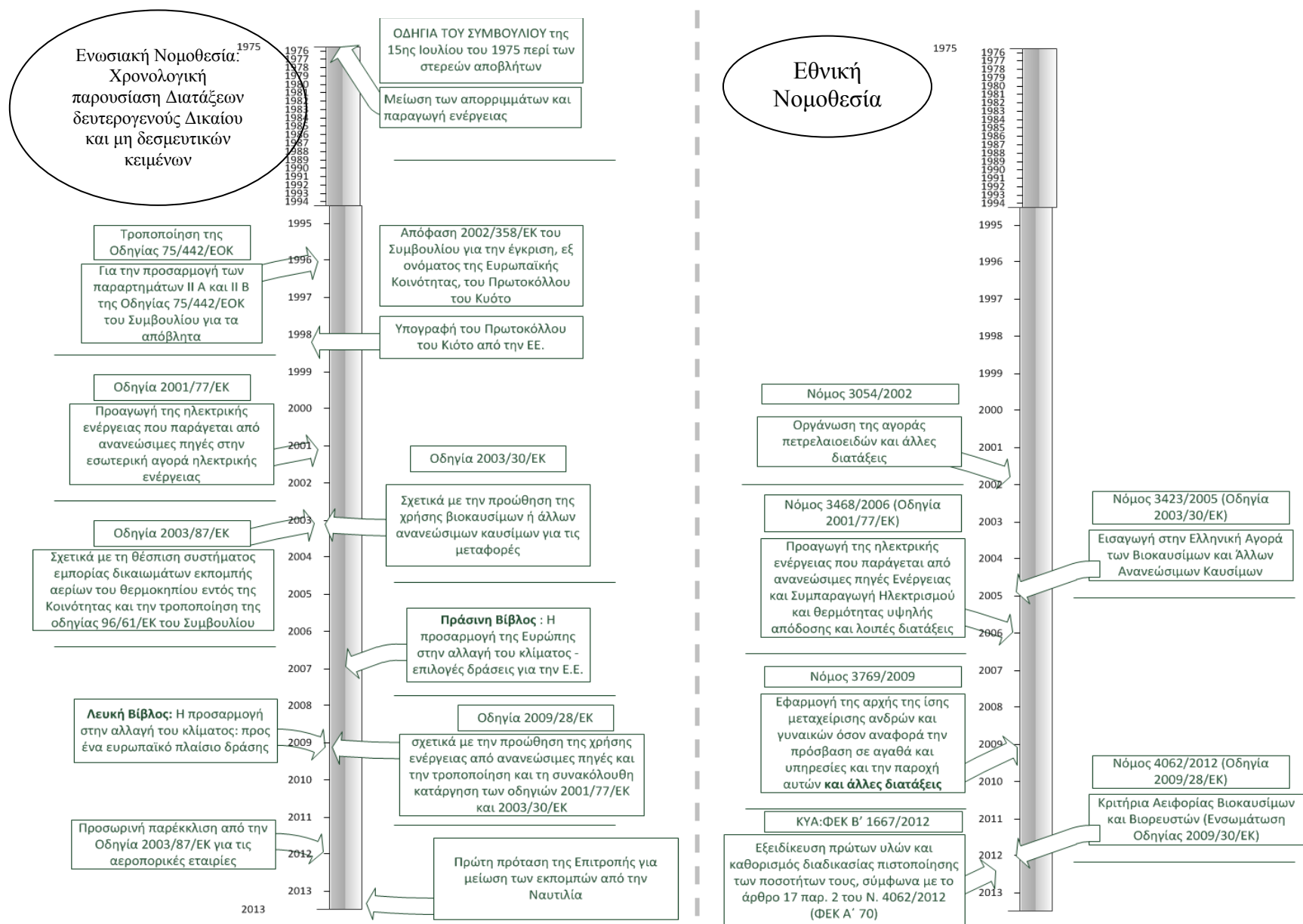
- **βιομάζα**: το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και καταλοίπων βιολογικής προέλευσης από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και των ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τους συναφείς κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών αποβλήτων και των **οικιακών απορριμμάτων**.

Η ίδια Οδηγία στην απόδοση στην αγγλική γλώσσα χρησιμοποιεί τη φράση «**municipal waste**» που σημαίνει αστικά απόβλητα, η οποία μεταφράστηκε «**οικιακών απορριμμάτων**». Στο νόμο 4062/2012 στους ορισμούς του Άρθρου 15 η λέξη που χρησιμοποιείται για τη μετάφραση της municipal είναι αστικών. Επομένως, ο δόκιμος όρος της βιομάζας είναι αυτός που χρησιμοποιείται στο νόμο 4062/2012 Άρθρο 15: «**Βιομάζα**: το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα προϊόντων, αποβλήτων και υπολειμμάτων (residues) βιολογικής προέλευσης από τη γεωργία (συμπεριλαμβανομένων των φυτικών και ζωικών ουσιών), τη δασοκομία και τους συναφείς κλάδους βιομηχανικών δραστηριοτήτων (related industries), συμπεριλαμβανομένης της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας, καθώς και το βιοαποικοδομήσιμο κλάσμα των βιομηχανικών και των **αστικών αποβλήτων και απορριμμάτων**».

Το σφάλμα αυτό στην απόδοση στην ελληνική γλώσσα της Οδηγίας μπορεί να παραπλανήσει ή και να προκαλέσει σύγχυση, για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η έρευνα όλων των επίμαχων νομοθετικών κειμένων και διατάξεων που ενσωματώνουν την Οδηγία στην Εθνική Νομοθεσία.

Όπως προκύπτει από την έρευνα σχετικά με την κείμενη νομοθεσία, η Ελλάδα έχει εναρμονιστεί, αν και με καθυστέρηση με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες σχετικά με τις ΑΠΕ και πιο συγκεκριμένα με τις διατάξεις που αφορούν στη βιομάζα και κατ'επέκταση τα βιοκαύσιμα. Μετά από τη μελέτη των ορισμών που περιέχονται στις Οδηγίες και τη μελέτη των τεχνικών όρων, που χρησιμοποιούνται στην επιστημονική αρθρογραφία, το συμπέρασμα που απορρέει είναι ότι υπάρχει απόκλιση μεταξύ νομικής και τεχνικής προσέγγισης και ότι από νομικής πλευράς τα μπρίκετ από απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ και κελύφη σπόρων συγκαταλέγονται στην έννοια της βιομάζας, που είναι ΑΠΕ. Έτσι, για το υλικό αυτό θα ισχύουν τα ρυθμιστικά πλαίσια που αφορούν τη βιομάζα και γενικότερα τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Ολοκληρώνοντας την ανάλυση του Ευρωπαϊκού και Εθνικού νομοθετικού πλαισίου σχετικά με τη βιομάζα και τα βιοκαύσιμα συνοψίζεται η εξέλιξη των νομοθετημάτων (ευρωπαϊκών και εθνικών) στο Διάγραμμα 1.



Διάγραμμα 1: Εξέλιξη της Ευρωπαϊκής και Εθνικής Νομοθεσίας

4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

4.1 Προετοιμασία και χαρακτηρισμός των υλικών

Για τη διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα εξής υλικά:

- Απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ (spent coffee waste).
- Κελύφη κελυφωτού φιστικιού (είδος *pistacia vera*).
- Κελύφη κολοκυθόσπορου (σπόροι των καρπών της οικογένειας *Curcubitaceae*).
- Άμυλο αραβόσιτου που βρίσκεται κοινώς στο εμπόριο με την ονομασία κορν φλάουρ (corn flour).
- Κελύφη ηλιόσπορου (καρπός του *Helianthus annuus*) τα οποία χρησιμοποιήθηκαν μόνο για τις δοκιμαστικές σειρές.
- Απιονισμένο νερό.

Το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ συλλέχθηκε από κάψουλες οικιακής χρήσης και από τοπικές καφετέριες, τα κελύφη σπόρων προέρχονται από οικιακή κατανάλωση και πρόκειται για σπόρους χωρίς αλάτι και τέλος, η προμήθεια του αμύλου αραβοσίτου έγινε από την τοπική αγορά.

Η προετοιμασία των υλικών για τον χαρακτηρισμό τους και την κατασκευή των μπρίκετ ξεκίνησε με την ξήρανση των υλικών στους 105 °C μέχρι σταθερού βάρους σύμφωνα με τη μέθοδο APHA 2540G. Με την ίδια μέθοδο πραγματοποιήθηκε και η μέτρηση της υγρασίας. Στη συνέχεια, ακολούθησε η άλεση των κελυφών με το μαχαιρόμυλο Pulverisette 19 (FRITSCH) σε σωματίδια με διάμετρο < 500 μm. Για καθένα από τα υλικά (απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ, άμυλο, αλεσμένα κελύφη) υπολογίστηκε η φαινόμενη πυκνότητα μετά από συμπίεση (tapped density) με την εξής διαδικασία: ογκομετρικός κύλινδρος πληρώθηκε με υλικό μέχρι συγκεκριμένο όγκο (20 mL) και έπειτα χτυπήθηκε ελαφρώς σε πάγκο εργαστηρίου επί 10 φορές και τέλος ζυγίστηκε.

Στοιχειακή ανάλυση

Η στοιχειακή ανάλυση (elemental composition) του κάθε υλικού έγινε με το στοιχειακό αναλυτή EuroVector EA300. Η ανάλυση αυτή πραγματοποιείται για να προσδιοριστεί η

ποσότητα άνθρακα (C), υδρογόνου (H), αζώτου (N) και θείου (S) και η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στην αστραπιαία καύση σε υψηλή θερμοκρασία ($1,020^{\circ}\text{C}$) με περίσσεια οξυγόνου. Η ποσότητα του οξυγόνου (O) δε μετρήθηκε με αυτό τον αναλυτή, καθώς απαιτούνται διαφορετικοί καταλύτες. Περίπου 2 mg υλικού τοποθετούνται σε κάψα κασσίτερου η οποία διπλώνεται κατάλληλα, ώστε να σφραγίσει και εισάγεται στον αυτόματο τροφοδότη 40 θέσεων. Ο αυτόματος τροφοδότης λαμβάνει τη θέση του μέσα στον αναλυτή και κατά τη διάρκεια της ανάλυσης το προς μέτρηση δείγμα πέφτει σε στήλη χαλαζία που έχει θερμοκρασία $1,020^{\circ}\text{C}$ και καίγεται. Το φέρον αέριο της καύσης είναι μίγμα ηλίου και οξυγόνου και τα απαέρια περνούν από αέρια χρωματογραφία και στη συνέχεια διαχωρίζονται. Τα διαχωρισμένα αέρια οδηγούνται στον ανιχνευτή θερμικής αγωγιμότητας για ποσοτικοποίηση. Ο ανιχνευτής μετατρέπει τη μέτρηση σε ηλεκτρικό σήμα το οποίο στέλνεται στο λογισμικό ανάλυσης.

Η περιεκτικότητα σε οξυγόνο στα υλικά υπολογίστηκε μέσω της περιεκτικότητας σε πτητική ύλη. Για τον προσδιορισμό της τελευταίας ακολουθήθηκε η μέθοδος της APHA 2540G, σύμφωνα με την οποία συγκεκριμένη ποσότητα από το κάθε υλικό τοποθετείται σε κεραμικό χωνευτήριο και θερμαίνεται στους 550°C για 3 h.

Μέτρηση ανώτερης θερμογόνου δύναμης (higher calorific value)

Η ανώτερη θερμογόνος δύναμη (Α.Θ.Δ.) μετρήθηκε για κάθε υλικό που χρησιμοποιήθηκε. Η μέτρηση της θερμογόνου δύναμης λαμβάνει χώρα με το μετρητή AC-350 (LECO) (Εικόνα 16) και διεξάγεται με τέλεια καύση του δείγματος εντός 7 min. Ο μετρητής αποτελείται από μια οβίδα η οποία περιέχει διάταξη κάψας και σύρματος, καθώς και υποδοχές για δύο ηλεκτρόδια και για παροχή οξυγόνου. Στην κάψα τοποθετείται περίπου 1 g δείγματος και η ακριβής τιμή της μάζας εισάγεται στο μετρητή. Μέσω της ειδικής υποδοχής του οξυγόνου παρέχεται οξυγόνο υψηλής πίεσης (440 psi). Η οβίδα σφραγίζεται και τοποθετείται σε συγκεκριμένη θέση μέσα σε δοχείο νερού το οποίο αναδεύεται κατά τα 3 τελευταία λεπτά της καύσης, ώστε σε όλη τη μάζα του να επικρατεί η ίδια θερμοκρασία. Με την εισαγωγή της οβίδας στο δοχείο νερού συνδέονται τα δύο ηλεκτρόδια τα οποία παρέχουν ηλεκτρικό ρεύμα στη διάταξη κάψας σύρματος με αποτέλεσμα να φλέγεται το σύρμα και να πέφτει στο προς μέτρηση δείγμα. Όταν τελειώσει η όλη διαδικασία, τότε ο μετρητής εμφανίζει την τιμή της θερμογόνου δύναμης σε cal/g επί ξηρού.

4.2 Προετοιμασία και κατασκευή μπρίκετ

Προκειμένου να γίνει η επιλογή των προσμίξεων και των αναλογιών αρχικά κατασκευάστηκαν κάποιες δοκιμαστικές σειρές μπρίκετ, στις οποίες εφαρμόστηκαν πειράματα αντοχής σε πτώση και μετρήθηκε η θερμογόνος δύναμη. Οι δοκιμαστικές σειρές αποτελούνταν από α) απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ χωρίς κάποιο πρόσθετο, και β) απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ με όλα τα είδη πρόσθετων υλικών (νερό, κελύφη κολοκυθόσπορου, φιστικιού και ηλιόσπορου, άμυλο) σε διάφορες αναλογίες. Τα είδη των μπρίκετ χωρίζονται σε 2 κατηγορίες ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιήθηκε ως συνδετικό (binder material). Στην πρώτη κατηγορία το συνδετικό υλικό είναι το νερό (w) και στη δεύτερη είναι το νερό με άμυλο αραβόσιτου (cs) (Εικόνα 5, Εικόνα 6, Εικόνα 10 του Παραρτήματος).

Πίνακας 5: Σειρές μπρίκετ (Παράρτημα: Εικόνα 7, Εικόνα 8, Εικόνα 9)

	Σειρά 1	Σειρά 2	Σειρά 3	Σειρά 4
Μάζα μπρίκετ (g)	5, 10	10	10	10
Περιεκτικότητα σε υγρασία (%)	1, 5, 10	1	1	1
Περιεκτικότητα σε άμυλο (%)	-	1, 5, 10	1	1
Περιεκτικότητα σε κέλυφος φιστικιού (%)	-	-	30, 40, 50	-
Περιεκτικότητα σε κέλυφος κολοκυθόσπορου (%)	-	-	-	30, 40, 50

Η ανάμιξη των υλικών προηγείτο της κατασκευής των μπρίκετ και είχε την ακόλουθη διαδικασία: σε δοχείο με πόμα ζυγίζοταν με τη χρήση ζυγού HR-200 (AND) ακριβείας (10 mg) (Εικόνα 3) το κάθε υλικό και στη συνέχεια για τη βέλτιστη ανάμιξη το δοχείο τοποθετούνταν στον αναμίκτη Vortex Genius 3 (Ika). Ύστερα από δοκιμές επιλέχθηκε η συμπίεση των μπρίκετ στα 100 bar με χειρωνακτική υδραυλική πρέσα λαδιού (Εικόνα 12). Τα αναμιγμένα υλικά εισαγόταν στη μήτρα της πρέσας και με μοχλό συμπιέζονταν ως τη ζητούμενη πίεση, όπου παρέμεναν για 30 s. Στη συνέχεια, με αντιστροφή της μήτρας λάμβανε χώρα η αποσυμπίεση με μοχλό και εξαγωγή του τελικού μπρίκετ. Μετά την κατασκευή ακολουθούσε η μέτρηση των διαστάσεων (πάχους και διαμέτρου) με τη χρήση βερνιέρου ακριβείας 0.05 mm, καθώς και της μάζας. Ακολουθούσε η τοποθέτηση των μπρίκετ σε σημείο εκτεθειμένο σε συνθήκες δωματίου για 7 εβδομάδες. Με το πέρας του χρονικού διαστήματος αυτού επαναλαμβάνονταν

μετρήσεις των διαστάσεων και της μάζας και στη συνέχεια ακολουθούσαν οι δοκιμές αντοχής σε πτώση και στο νερό, καθώς και οι μετρήσεις θερμογόνου δύναμης.

4.3 Δοκιμές αντοχής σε πτώση (impact resistance test)

Οι δοκιμές αυτές έχουν σκοπό να δείξουν την αντοχή των μπρίκετ σε πτώση κατά τη μεταφορά και πραγματοποιήθηκαν για όλα τα είδη σε πάτωμα από τσιμέντο. Από σταθερό ύψος 1 m το μπρίκετ αφηνόταν με ελεύθερη πτώση, επί 10 επαναλήψεις. Σε περίπτωση θρυμματισμού οι πτώσεις πραγματοποιούνταν για το μεγαλύτερο θραύσμα, το οποίο στο τέλος ζυγιζόταν και φυλασσόταν. Για να θεωρείται μετρήσιμο ένα θραύσμα θα πρέπει η μάζα του να είναι πάνω από 5% [30].

4.4 Δοκιμές αντοχής στο νερό (water resistance test)

Οι δοκιμές αυτές πραγματοποιήθηκαν για 30 s και 30 min και σκοπός είναι η απόδειξη του κατά πόσο αντέχουν τα μπρίκετ σε έκθεση στο νερό κατά τη μεταφορά και την αποθήκευση, αντίστοιχα. Για το πρώτο τεστ το δείγμα ζυγιζόταν, εμβαπτιζόταν για 30 s σε απιονισμένο νερό συγκεκριμένου όγκου και ζυγιζόταν ξανά προκειμένου να σημειωθεί πόσο νερό απορροφήθηκε. Για το δεύτερο τεστ η διαδικασία ήταν ίδια με μόνη διαφορά τη χρονική διάρκεια της βύθισης του δείγματος. Στη συνέχεια, τα δείγματα τοποθετούνταν στο φούρνο για ξήρανση στους 100 °C για 24 h και έπειτα φυλάσσονταν. Στην Εικόνα 11 παρουσιάζονται τα τεστ αντοχής στο νερό.

4.5 Μέτρηση ανώτερης θερμογόνου δύναμης

Η μέτρηση της ανώτερης θερμογόνου δύναμης πραγματοποιήθηκε ομοίως με τα υλικά, με τη διαφορά ότι το δείγμα κάθε φορά ήταν κομμάτι από το εξεταζόμενο είδος μπρίκετ.

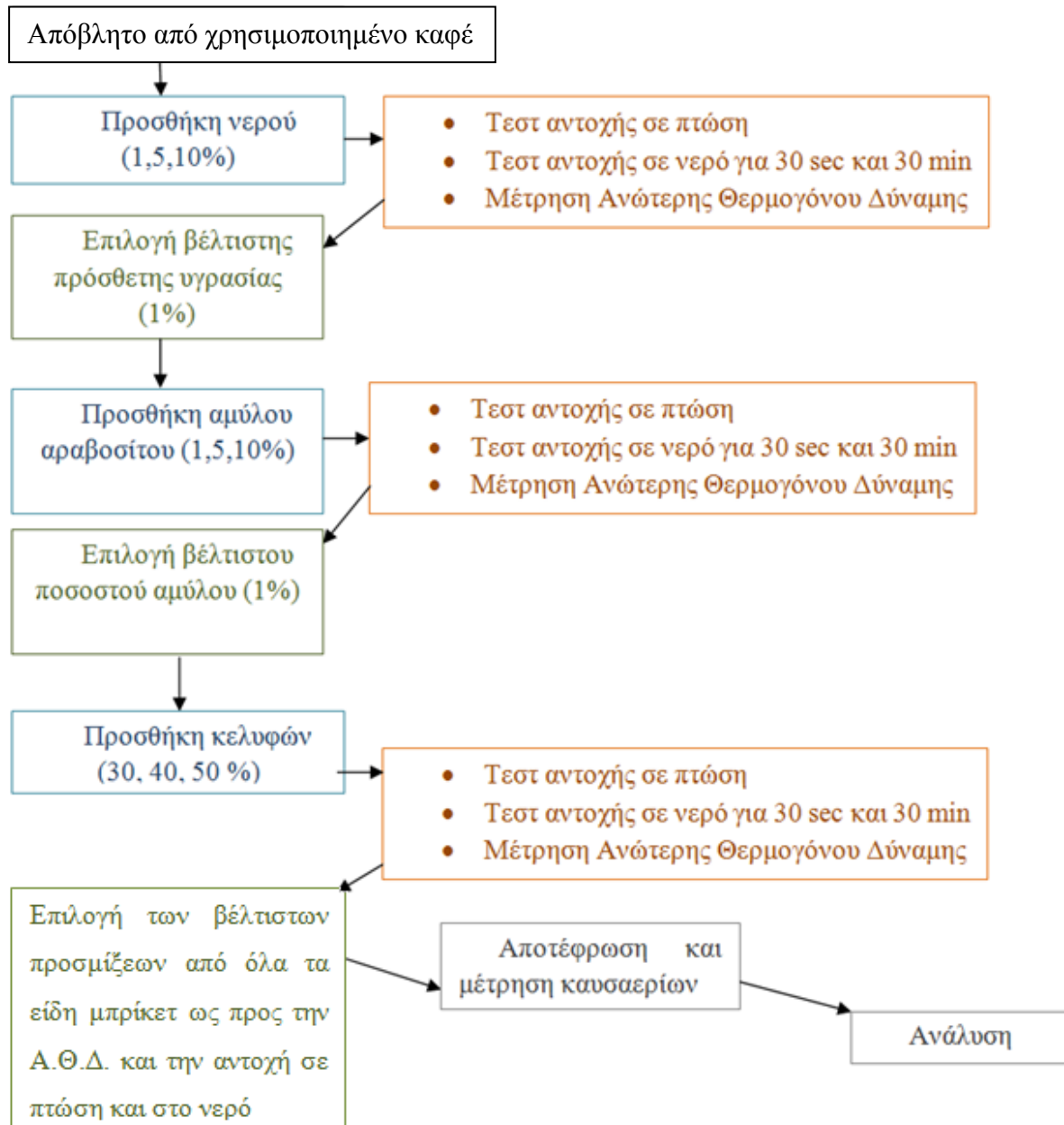
4.6 Αποτέφρωση και χαρακτηρισμός τέφρας

Για τη διαδικασία της αποτέφρωσης επιλέχθηκαν οι σειρές μπρίκετ με την υψηλότερη θερμογόνο δύναμη. Κεραμικά χωνευτήρια πληρώθηκαν με 10 μπρίκετ (περίπου 100 g) και τοποθετήθηκαν στον κλίβανο για 3 h στους 1,050 °C σε συνθήκες περιορισμένου οξυγόνου. Με το πέρας του χρόνου η εναπομένουσα τέφρα ζυγίστηκε και αφού αναμείχθηκε με τετραβορικό λίθιο (lithium tetra borate $B_4Li_2O_7$) σε αναλογία 1:7 (τέφρα: τετραβορικό λίθιο), τοποθετήθηκε σε χωνευτήριο από λευκόχρυσο και προστέθηκαν 3 σταγόνες βρωμιούχου λιθίου (Lithium

Bromide LiBr). Το χωνευτήριο εισαγόταν σε ειδικό όργανο σύντηξης m4 Gas fusion (Claisse) με φλόγα θερμοκρασίας $>1,000\text{ }^{\circ}\text{C}$, ώστε να δημιουργηθεί γυαλί. Το δημιουργηθέν γυαλί περνούσε ανάλυση XRF (X-ray Fluorescence), με σκοπό να γίνει ο προσδιορισμός της σύστασης του δείγματος σε ανόργανα συστατικά.

4.7 Προσδιορισμός καυσαερίων

Ο προσδιορισμός των καυσαερίων έγινε με το μετρητή DELTA 2000 CD⁻² –IV (MRU) (Εικόνα 15), ο οποίος έχει ακροφύσιο με αισθητήρα για αέρια, όπως CO, CO₂, NO, NO_x, SO₂ και θερμομέτρο που μετράει τη θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα και του καυσαερίου. Για κάθε είδος μπρίκετ τα εκπεμπόμενα καυσαέρια μετρήθηκαν σε τρία διαφορετικά θερμοκρασιακά εύρη. Η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε τη στιγμή που εμφανίστηκε το καυσαέριο (δηλαδή μεταξύ $310 - 380\text{ }^{\circ}\text{C}$), η δεύτερη σε μια ενδιάμεση θερμοκρασία (περίπου $730\text{ }^{\circ}\text{C}$) και η τελευταία στους $1,050\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Εικόνα 2: Διάγραμμα πειραματικής διαδικασίας

5 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για τη διεξαγωγή των αποτελεσμάτων για όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους προηγήθηκε η επεξεργασία των δεδομένων.

- Υπολογισμός φαινομενικής πυκνότητας (tapped density, TD) για τα υλικά:

$$TD = \frac{m}{V} \quad (1)$$

m: η μάζα του υλικού σε ξηρή βάση (g)

V: ο όγκος που καταλαμβάνει το υλικό στον ογκομετρικό σωλήνα (20mL)

TD: η φαινομενική πυκνότητα (g/mL)

- Υπολογισμός υγρασίας (moisture, M (%)) στα υλικά σύμφωνα με τη μέθοδο 2540G της APHA (American Public Health Association):

$$M = \frac{m - m_d}{m} \quad (2)$$

m: η μάζα του υλικού στη μορφή που ελήφθησαν τα δείγματα (g)

m_d: η μάζα του υλικού μετά την ξήρανση (g)

- Υπολογισμός της πτητικής ύλης (volatile matter, VM (%)) των υλικών σύμφωνα με τη μέθοδο 2540G της APHA:

$$VM = \frac{m_v}{m} \quad (3)$$

m: η μάζα του υλικού σε ξηρή βάση (g)

m_v: η μάζα του υλικού με το πέρας της διαδικασίας (g)

- Η περιεκτικότητα σε Ο προέκυψε με τον προσδιορισμό της πτητικής ύλης και ο υπολογισμός γίνεται ως εξής:

$$O(\%) = VM(\%) - H(\%) - N(\%) - C(\%) - S(\%) \quad (4)$$

- Υπολογισμός φαινομενικής πυκνότητας (bulk density) για τα μπρίκετ:

$$BD = \frac{m_b}{\pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot t} \quad (5)$$

m_b : η μάζα του μπρίκετ (g)

d : η διάμετρος του μπρίκετ (cm)

t : το πάχος του μπρίκετ (cm)

BD: η φαινόμενη πυκνότητα (g/cm³)

- Υπολογισμός δείκτη IRI (Impact Resistance Index) όπως προτείνεται από τους [4]:

$$IRI = \frac{100 \cdot r}{n} \quad (6)$$

r : ο αριθμός των επαναλήψεων

n : ο αριθμός των θραυσμάτων

- Υπολογισμός ποσοστού μάζας που υπολείπεται από τα τεστ αντοχής σε πτώση (residual mass, RM (%)):

$$RM = \frac{m_i}{m_b} \cdot 100\% \quad (7)$$

m_i : η μάζα που απομένει μετά το τεστ πτώσης (g)

m_b : η μάζα του μπρίκετ (g)

RM: η υπολειπόμενη μάζα (%)

- Υπολογισμός μάζας νερού (absorbed water, AW_{30s}) που απορροφήθηκε από τα τεστ αντοχής στο νερό διάρκειας 30 s:

$$AW_{30s} = \frac{m_r - m_b}{m_b} \quad (8)$$

m_r : η μάζα μετά το τεστ αντοχής στο νερό (g)

m_b : η μάζα του μπρίκετ (g)

AW_{30s} : το νερό που απορροφήθηκε (mL/g)

- Υπολογισμός μάζας νερού (absorbed water, AW_{30min}) που απορροφήθηκε από τα τεστ αντοχής στο νερό διάρκειας 30 min:

$$AW_{30min} = \frac{m_w - m_b}{m_b} \quad (9)$$

m_w : η μάζα μετά το τεστ αντοχής στο νερό (g)

m_b : η μάζα του μπρίκετ (g)

AW_{30min} : το νερό που απορροφήθηκε (mL/g)

- Υπολογισμός ποσοστού εναπομένουσας τέφρας των μπρίκετ σύμφωνα με τη μέθοδο 2540G της APHA:

$$Ash = \frac{m_a}{m} \cdot 100(\%) \quad (10)$$

m_a : η μάζα της στάχτης (g)

m : η μάζα πριν την αποτέφρωση (g)

6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

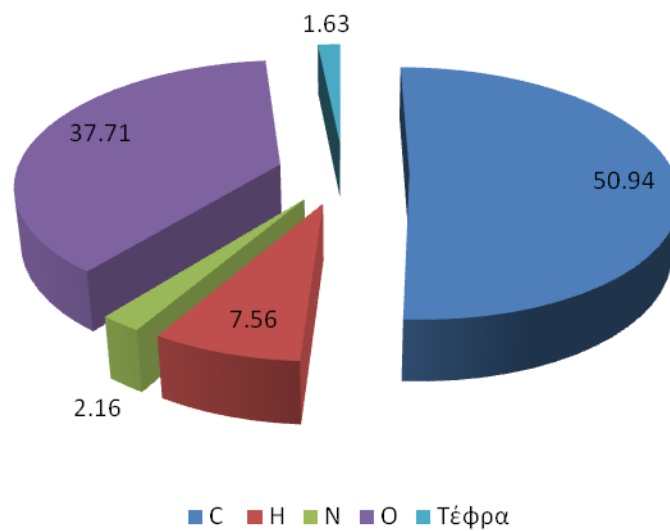
6.1 Υλικά

Ο χαρακτηρισμός των υλικών ως προς τη στοιχειακή ανάλυση, τη φαινομενική πυκνότητα (tapped density) και τη θερμογόνο δύναμη παρουσιάζεται στον Πίνακα 6. Η στοιχειακή ανάλυση έδειξε ότι τα υλικά δεν περιέχουν καθόλου θείο (S) και παρατηρείται ότι όλα αποτελούνται σε ποσοστό περίπου 50% από άνθρακα (C), περίπου 7% υδρογόνο (H) και σε μικρό ποσοστό άζωτο (N) (από 0.2-3%). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αναμένονταν σε αυτά τα επίπεδα, καθώς έχουν προκύψει παρόμοια σε άλλες μελέτες [11], [12].

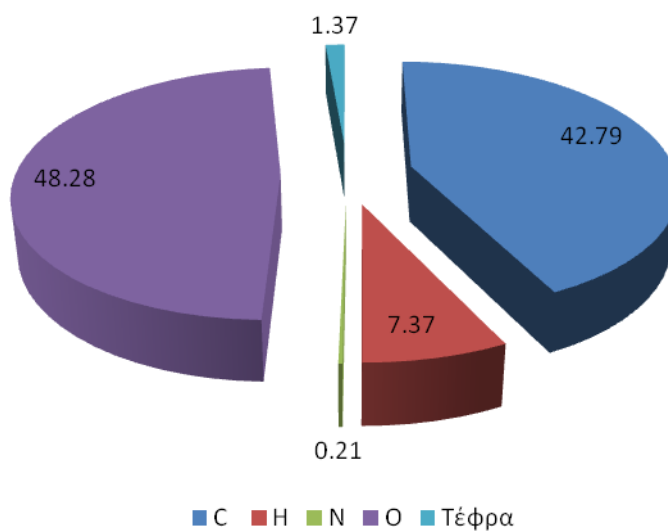
Το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ έχει περιεκτικότητα σε C 50.94% και σε H 7.56% (Διάγραμμα 2) και αυτές οι τιμές είναι οι υψηλότερες μεταξύ των υλικών. Το άμυλο αραβοσίτου παρατηρείται ότι έχει τις χαμηλότερες τιμές C (42.79%) και N (0.21%) από όλα τα υλικά (Διάγραμμα 3). Την υψηλότερη τιμή N έχει το κέλυφος κολοκυθόσπορου (3.03%), όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 5. Το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ είναι το υλικό που περιέχει το μικρότερο ποσοστό O (37.71%). Η πτητική ύλη για όλα τα υλικά κυμαίνεται μεταξύ 98-99% και η τιμή αυτή είναι υψηλή συγκριτικά με άλλα οργανικά υλικά, όπως ο ελαιοπυρήνας, τα δασικά υπολείμματα, το ξύλο βελανιδιάς και τα υποπροϊόντα βάμβακος [31], [32], με τα οποία οι τιμές της στοιχειακής ανάλυσης είναι πολύ συναφείς.

Το κέλυφος φιστικιού έχει τη μεγαλύτερη φαινόμενη πυκνότητα (0.67 g/mL), ενώ τη μικρότερη έχει το κέλυφος κολοκυθόσπορου (0.24 g/mL). Η διαφορά των τιμών μεταξύ των υλικών αφορά τις διαστάσεις των κόκκων και την κατανομή τους στο χώρο.

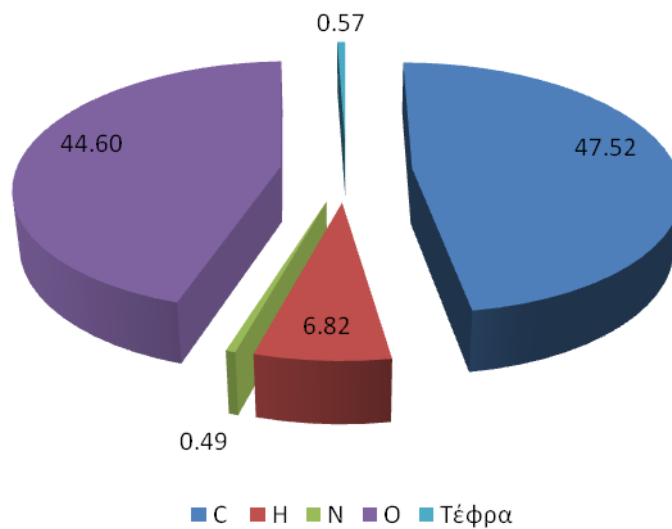
Όπως παρατηρείται, το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ έχει τη υψηλότερη θερμογόνο δύναμη (5,133.80 cal/g) και το κέλυφος κολοκυθόσπορου τη χαμηλότερη (3,603.30 cal/g). Το κέλυφος φιστικιού έχει ανώτερη θερμογόνο δύναμη 4,681.30 cal/g. Βάσει των αποτελεσμάτων αυτών είναι αναμενόμενη η πτώση της θερμογόνου δύναμης σε περίπτωση ανάμιξης των κελύφων με το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ. Η τιμή της ανώτερης θερμογόνου δύναμης του αποβλήτου καφέ συμβαδίζει με ανάλογες μελέτες [7], [11], [12], [33].



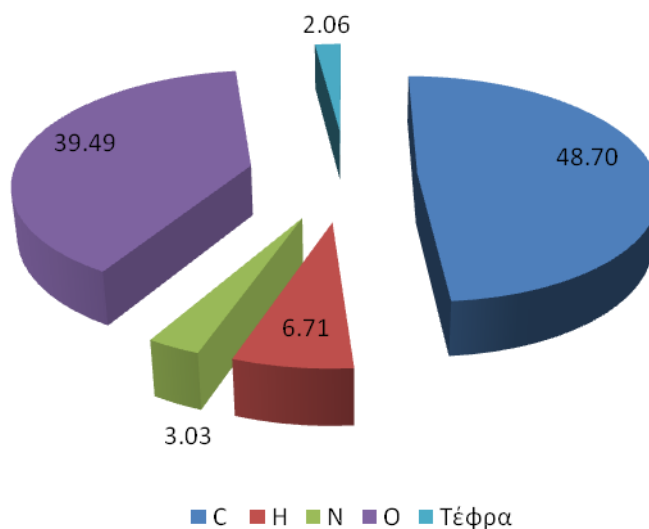
Διάγραμμα 2: Σύσταση απόβλητου απόχρησιμοποίητο καφέ (% db)



Διάγραμμα 3: Σύσταση αμύλου αραβοσίτου (% db)



Διάγραμμα 4: Σύσταση κελύφους φιστικιού (% db)



Διάγραμμα 5: Σύσταση κελύφους κολοκυθόσπορου (%db)

Πίνακας 6: Χαρακτηρισμός των υλικών

Υλικό	Tapped density (g/mL)	Θερμογόνος δύναμη (cal/g)	Υγρασία (%)	Πτητική ύλη (%)	Στοιχειακή ανάλυση (%)				
					C	H	N	O	S
Απόβλητο καφέ	0.42	5,133.80	60.87	98.37	50.94	7.56	2.16	37.71	0
Αμυλο αραβοσίτου	0.52	4,517.30	11.28	98.63	42.79	7.37	0.21	48.28	0
Κέλυφος φιστικιού	0.66	4,681.30	9.73	99.43	47.52	6.82	0.49	44.60	0
Κέλυφος κολοκυθόσπορου	0.24	3,603.30	8.38	97.94	48.70	6.71	3.03	39.49	0

6.2 Μπρίκετ

Το μεγαλύτερο μέρος των μπρίκετ που κατασκευάστηκαν ήταν μάζας 10 g, ενώ μέρος εξ αυτών ήταν μάζας 5 g. Όμως, παρόλο που πραγματοποιήθηκαν πειράματα και στα δεύτερα επιλέχθηκαν για περεταίρω μελέτη τα πρώτα, καθώς αυτά είχαν διαστάσεις κοντά στις τυπικές [4]. Τα πειράματα για την επιλογή των τελικών σειρών μπρίκετ έγιναν με διαδοχική σειρά ξεκινώντας από το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ και έπειτα προστέθηκαν υγρασία, άμυλο και κελύφη. Αρχικά, προετοιμάστηκαν σειρές μπρίκετ που περιείχαν μόνο ξηρό απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ που δεν περιείχαν ως συνδετικό υλικό το νερό. Στις σειρές αυτές διεξήχθησαν τα πειράματα αντοχής και μέτρηση ανώτερης θερμογόνου δύναμης και στη συνέχεια δοκιμάστηκαν διάφορες περιεκτικότητες σε πρόσθετη υγρασία (1, 5, 10%). Οι σειρές με πρόσθετη υγρασία αποδείχθηκαν περισσότερο ανθεκτικές σε σχέση με αυτές που δεν περιείχαν συνδετικό υλικό. Η προσθήκη παραπάνω από 10% υγρασίας δεν προτιμήθηκε, γιατί δημιουργούσε πρόβλημα στην κατασκευή λόγω της λειτουργίας της πρέσας. Η προσθήκη αμύλου ωστόσο, απαιτούσε κάποια υγρασία που επιλέχθηκε βάσει των αποτελεσμάτων θερμογόνου δύναμης. Επομένως, για την κατασκευή των μπρίκετ με προσμίξεις κελύφων τα ποσοστά πρόσθετης υγρασίας και αμύλου διατηρήθηκαν στην τιμή 1%. Δεδομένου ότι έγινε πρώτα μέτρηση της θερμογόνου δύναμης για τα αρχικά υλικά (άμυλο, κελύφη φιστικιών και κολοκυθόσπορων), η οποία για όλα προέκυψε χαμηλότερη από αυτή του καφέ, επιλέχθηκαν οι προσμίξεις 30, 40, 50%, προκειμένου να μην επηρεαστούν οι ιδιότητες του καυσίμου (αντοχή, θερμογόνος δύναμη). Οι δοκιμαστικές σειρές όπου χρησιμοποιήθηκαν κελύφη ηλιόσπορου, απορρίφθηκαν διότι το υλικό αυτό δε διατηρούσε δυνάμεις συνοχής με τα υπόλοιπα υλικά του μπρίκετ.

6.2.1 Φαινομενική πυκνότητα (bulk density)

Τα μπρίκετ αμέσως μετά την κατασκευή τους ζυγίζονταν και μετρούνταν οι διαστάσεις τους και έπειτα παρέμεναν σε συνθήκες δωματίου για μια εβδομάδα, όποτε και επαναλαμβάνονταν οι μετρήσεις μάζας και διαστάσεων. Σκοπός των μετρήσεων αυτών αποτελεί ο υπολογισμός της φαινομενικής πυκνότητας (bulk density) των μπρίκετ και της μεταβολής της στο διάστημα της μιας εβδομάδας που παρέμεναν για 'ωρίμανση'.

Πίνακας 7: Φαινόμενη πυκνότητα και μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας όλων των ειδών μπρίκετ

Είδος μπρίκετ	Ημέρα κατασκευής (g/cm ³)	Μια εβδομάδα μετά (g/cm ³)	Μεταβολή πυκνότητας (%)
5g1%w ^a	0.989	0.956	-3.29
5g5%w	0.974	0.966	-0.75
5g1%s ^b	0.991	0.858	-3.37
5g5%s	1.013	0.987	-0.75
10g1%w	1.019	0.979	-3.93
10g5%w	0.844	0.985	16.85
10g10%w	0.782	0.852	9.06
10g1%s	0.991	0.858	-13.44
10g5%s	1.013	0.987	-2.51
10g10%s	1.062	1.022	-3.69
10g1%s30%ps ^c	1.070	1.052	-1.71
10g1%s40%ps	1.085	1.060	-2.29
10g1%s50%ps	1.101	1.071	-2.72
10g1%s30%pss ^d	0.7442	0.7578	1.83
10g1%s40%pss	0.7016	0.6827	-2.84
10g1%s50%pss	0.8505	0.8517	0.24
^a : w – water, νερό ως συνδετικό υλικό ^b : s – starch, άμυλο ως συνδετικό υλικό ^c : ps – pistachio shell, κέλυφος φιστικιού ^d : pss – pumpkin seed shell, κέλυφος κολοκυθόσπορου			

Όλα τα μπρίκετ των 10 g έχουν κατά μέσο όρο διάμετρο 4.17 cm και πάχος 0.7- 0.9 cm, ενώ των 5 g έχουν κατά μέσο όρο διάμετρο 4.15 cm και πάχος 0.4 cm. Τα αποτελέσματα για τη φαινόμενη πυκνότητα συμβαδίζουν με αυτά από άλλη μελέτη που πραγματοποιήθηκε για υποπροϊόν βάμβακος [32], ενώ είναι μεγαλύτερη από αυτή που μετρήθηκε στη μελέτη των Bamgboye και Bolufawi (2009) [34] που εξέτασαν την κατασκευή μπρίκετ από υπολείμματα σόργου. Όπως, παρουσιάζεται στον Πίνακας 7 υπάρχουν μεταβολές στη φαινόμενη πυκνότητα, θετικές και αρνητικές. Οι θετικές μεταβολές σημαίνουν διόγκωση του μπρίκετ, ενώ οι αρνητικές συμπίκνωση του μπρίκετ. Μεταβολές της τάξης $\pm 5\%$ είναι μικρές και δεν υποδεικνύουν δραστική αλλαγή στο μπρίκετ. Η μεγαλύτερη διόγκωση που σημειώθηκε ήταν για τα 10g5%w, δηλαδή τα μπρίκετ των 10 g με 5% υγρασία, με τιμή 16.85% και έπειτα για τα 10g10%w (9.06%), ενώ η μεγαλύτερη συμπίκνωση διαπιστώθηκε για τα 10g1%s, δηλαδή των 10 g με 1%

άμυλο. Τα μπρίκετ παρέμειναν σε σημείο του εργαστηρίου προκειμένου να ‘ωριμάσουν’, επομένως η μεταβολή οφείλεται στις επικρατούσες συνθήκες του ατμοσφαιρικού αέρα (υγρασία, θερμοκρασία) που εξαρτώνται από τον κλιματισμό και την παρουσία ανθρώπων. Σε γενικές γραμμές η μεταβολή της φαινόμενης πυκνότητας δεν ήταν σημαντική.

6.2.2 Τεστ αντοχής σε πτώση

Τα τεστ αντοχής σε πτώση έχουν σκοπό να δείξουν την δυνατότητα να μεταφέρονται τα μπρίκετ, χωρίς να χάνουν τη μάζα τους. Σε γενικές γραμμές όλα τα μπρίκετ, πλην των περιεχομένων του κελύφους κολοκυθόσπορου, αντέχουν σε πτώση. Με τη χρήση των αποτελεσμάτων μπορεί να υπολογιστεί ένας δείκτης αντοχής σε πτώση IRI (Impact Resistance Index) [4], ο οποίος έχει ως μέγιστη τιμή 1,000. Σε περίπτωση θρυμματισμού του μπρίκετ δε λαμβάνονται υπόψη τα θραύσματα που έχουν μάζα λιγότερη από 5% της αρχικής. Ο δείκτης IRI προέκυψε 1,000 για όλα τα μπρίκετ, εκτός από τις σειρές των 5 g με 1% υγρασία όπου υπολογίστηκε 800, καθώς και τις σειρές των 10 g με 10% υγρασία και όλες τις σειρές με κολοκυθόσπορο, όπου υπολογίστηκε κάτω από 111. Οι πολύ χαμηλές τιμές του IRI σημαίνουν ότι μετά από μικρό αριθμό πτώσεων τα μπρίκετ μετατρέπονταν σε πολλά θραύσματα. Στην περίπτωση της σειράς με 30% κέλυφος κολοκυθόσπορου τα θραύσματα ήταν μη μετρήσιμα από τη δεύτερη κιόλας πτώση. Σημαντικό παράγοντα στην αντοχή σε πτώση αποτελεί η συνεκτικότητα μεταξύ των κόκκων των υλικών που ενισχύεται με τη χρήση συνδετικών υλικών, καθώς και η πίεση στην οποία συμπιέζονται τα μπρίκετ. Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε από την πραγματοποίηση πειραμάτων στις δοκιμαστικές σειρές.

6.2.3 Τεστ αντοχής στο νερό (30 s και 30 min)

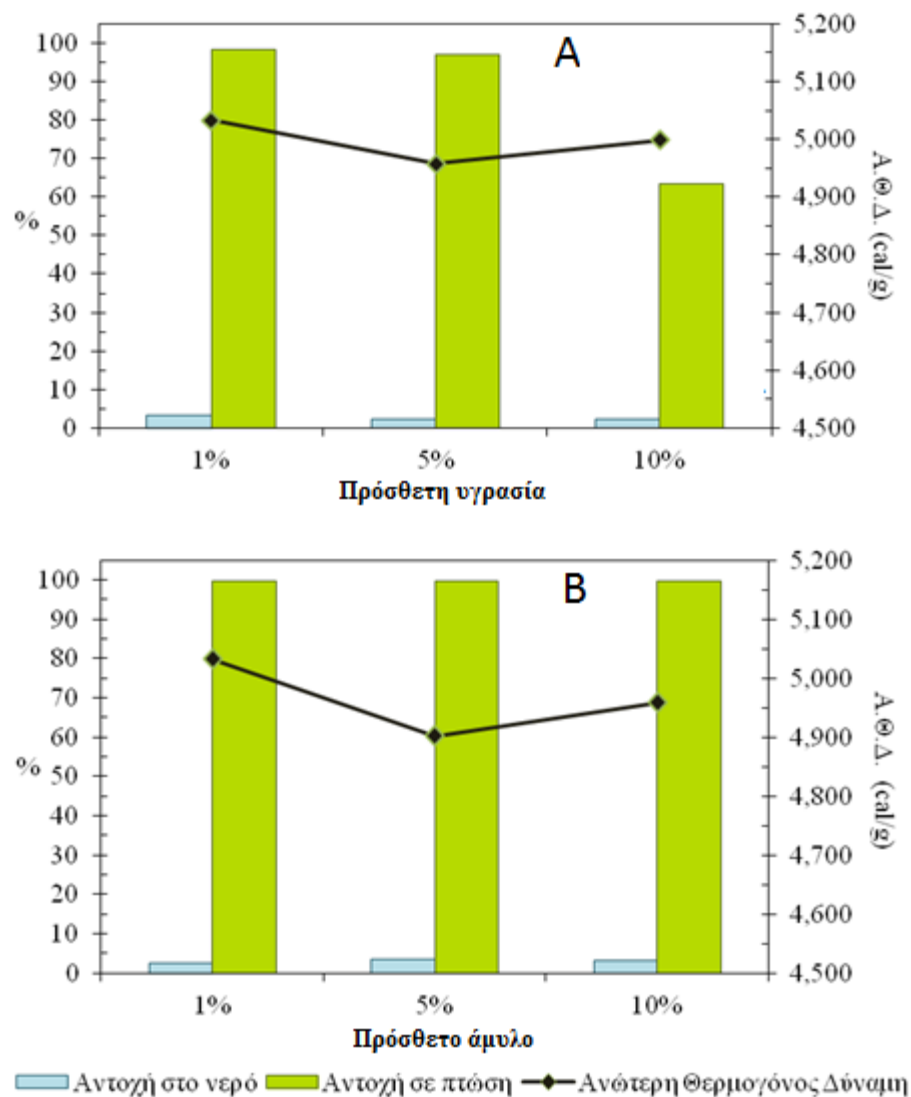
Τα πειράματα αντοχής στο νερό των 30 s πραγματοποιούνται για να διαπιστωθεί αν τα μπρίκετ αντέχουν στη βροχή κατά τη μεταφορά τους και σε συνθήκες υψηλής υγρασίας στον ατμοσφαιρικό αέρα του χώρου αποθήκευσης [4], [30]. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων εκφράζονται σε ποσότητα νερού που απορροφήθηκε (mL/g) ανά g μπρίκετ κατά τη διάρκεια των 30 s (Πίνακας 8). Παρατηρήθηκε λοιπόν, ότι τα μπρίκετ δε διαλύονται, πράγμα που μαζί με την ανθεκτικότητα στην πτώση τα καθιστά ανθεκτικά στη μεταφορά. Επιπλέον, τα μπρίκετ με πρόσθετο κέλυφος κολοκυθόσπορου αποδείχθηκε ότι δεν είναι καθόλου ανθεκτικά σε νερό. Στον Πίνακα 8 η αρνητική τιμή για το απορροφημένο νερό του μπρίκετ με 30% κέλυφος

κολοκυθόσπορου δείχνει ότι μέρος της μάζας του αποκόπηκε. Τα είδη με 40 και 50% κέλυφος κολοκυθόσπορου απορρόφησαν σχεδόν 10 φορές περισσότερο νερό από όλα τα υπόλοιπα είδη μπρίκετ. Επομένως, για τις σειρές με πρόσθετο κέλυφος κολοκυθόσπορου μπορεί να διεξαχθεί το συμπέρασμα ότι έχουν τη μικρότερη αντοχή.

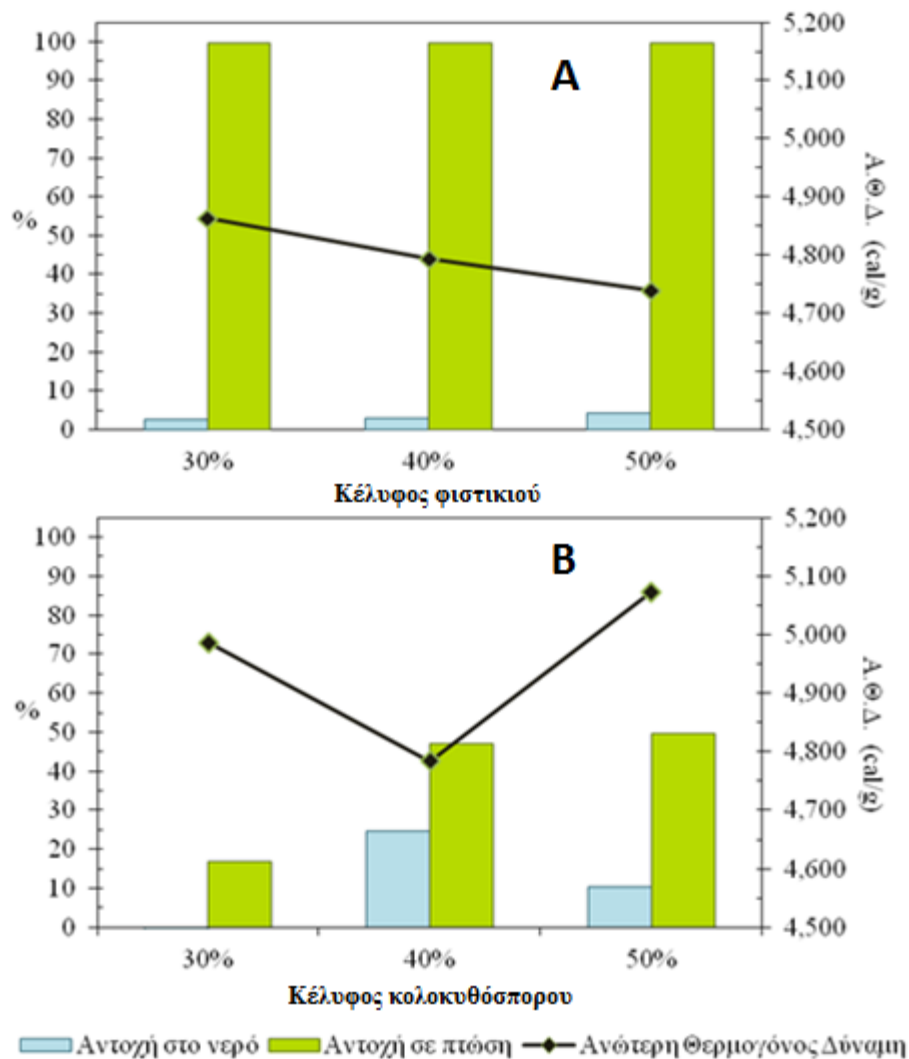
Μηδενός εξαιρουμένου μπρίκετ δεν άντεξε στο τεστ αντοχής με διάρκεια 30 min και αυτό υποδεικνύει ότι η αποθήκευση σε εξωτερικό χώρο δεν προτείνεται. Για το λόγο αυτό τα αποτελέσματα των πειραμάτων αυτών δεν καταγράφηκαν στον Πίνακα 8.

6.2.4 Ανώτερη θερμογόνος δύναμη

Γενικά, προέκυψε ότι οι τιμές της θερμογόνου δύναμης για όλα τα είδη μπρίκετ είναι παραπλήσιες με αυτή του αποβλήτου καφέ (5,133.80 cal/g). Παρόλα αυτά οι τιμές έχουν τάση μείωσης όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα σε πρόσθετα υλικά. Τα μπρίκετ που περιέχουν εξ ολοκλήρου απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ παρατηρήθηκε ότι έχουν τη μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη σε σχέση με αυτά που είναι μικτά. Παρά το γεγονός ότι στα τελευταία υφίσταται ελαφρά μείωση της θερμογόνου δύναμης, η χρήση των υλικών αυτών προτείνεται ως μια ικανή εναλλακτική λύση για τη διαχείριση τέτοιου είδους αποβλήτων. Μελέτες έδειξαν ότι πέλλετ από ελαιοπυρήνα και δασικά υπολείμματα [31] έχουν θερμογόνο δύναμη σχεδόν ίδια με τα μπρίκετ από απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ, ενώ πέλλετ από υποπροϊόντα βάμβακος [32] έχουν ελαφρώς μικρότερη θερμογόνο (μέχρι 500 cal/g). Η ανώτερη θερμογόνος δύναμη που προέκυψε για τα μπρίκετ αποβλήτου καφέ ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις 3 ευρωπαϊκών συστημάτων τυποποίησης (ÖNORM M1735, SS 187121, DIN 51731) [5] που προτείνουν τα παραγόμενα μπρίκετ να έχουν θερμογόνο δύναμη περίπου 18 MJ/kg, ήτοι 4,296 cal/g.



Διάγραμμα 6: Αποτελέσματα τεστ αντοχής σε νερό για 30 s και πτώση και τιμή ανώτερης θερμογόνου δύναμης για μπρίκετ 10 g με συνδετικό Α. το νερό και Β. το άμυλο



Διάγραμμα 7: Αποτελέσματα τεστ αντοχής σε νερό για 30 s και πτώση και τιμή ανώτερης θερμογόνου δύναμης για μπρίκετ 10 g με συνδετικό το νερό και το άμυλο και πρόσθετα κελύφη Α. φιστικιού και Β. κολοκυθόσπορου

6.2.5 Αποτέφρωση και χαρακτηρισμός τέφρας, ανάλυση καυσαερίων

Τα μπρίκετ με την υψηλότερη θερμογόνο δύναμη αποτεφρώθηκαν και παράλληλα έγινε ανάλυση καυσαερίων. Το πείραμα είχε σκοπό την προσομοίωση της καύσης σε καυστήρα. Τα εξεταζόμενα αέρια ήταν τα CO, NO_x, SO₂ και τα αποτελέσματα είναι καταγεγραμμένα στον Πίνακα 9. Δεδομένου ότι στα υλικά δεν περιέχεται καθόλου S δεν ανιχνεύθηκε SO₂. Είναι σημαντικό να είναι γνωστή η εκπομπή CO ιδιαίτερα για καυστήρες σε εσωτερικούς χώρους, διότι είναι εξαιρετικά τοξικό αν εισπνευσθεί. Επιπλέον, το CO είναι ένδειξη αν η καύση που πραγματοποιείται είναι ατελής. Στην προκειμένη περίπτωση οι ενδείξεις CO υποδεικνύουν ατελή καύση, καθώς η αποτέφρωση έγινε υπό περιορισμένες συνθήκες οξυγόνου. Η μέτρηση

των NO_x είναι σημαντική παράμετρος για την εκπομπή καυσαερίων, καθώς είναι ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου (GHG).

Η τέφρα που απομένει από την καύση των επιλεγμένων μπρίκετ είναι κάτω από 1%, με εξαίρεση τα μπρίκετ που περιέχουν κέλυφος κολοκυθόσπορου (1.25%). Τα ποσοστά αυτά είναι πολύ μικρά και έχουν παρατηρηθεί σε περιπτώσεις που χρησιμοποιείται ξύλο (βελανιδιά, μπαμπού) [31], [32], [35]. Η τέφρα από τα μπρίκετ που περιείχαν ως πρόσθετο υλικό μόνο 1% υγρασία αναλύθηκε χημικά με XRF και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 10. Το 56% της τέφρας των μπρίκετ είναι οξείδια του μαγνησίου (Mg) και καλίου (K). Οι Acchar et al. (2013) έδειξαν ότι η τέφρα προερχόμενη από φλοιούς καφέ περιείχε περίπου 92% οξείδια καλίου (K) και ασβεστίου (Ca).

Πίνακας 8: Αποτελέσματα των τεστ και των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν για τα μπρίκετ

Είδος μπρίκετ	Ανώτερη θερμογόνο δύναμη (cal/g)	IRI	Νερό που απορροφήθηκε στα 30 s (mL/g)	Ποσοστό τέφρας (%db)
5g1%w	4,970.97	800	0.2511	
5g5%w	5,123.37	1,000	0.3212	
5g1%w1%s	5,038.03	1,000	0.2466	
5g1%w5%s	5,000.40	1,000	0.2751	
10g1%w	5,033.83	1,000	0.3324	0.72
10g5%w	4,957.93	1,000	0.0777	
10g10%w	4,999.00	111	0.2205	
10g1%w1%s	5,032.53	1,000	0.2447	0.71
10g1%w 5%s	4,901.13	1,000	0.35	
10g1%w 10%s	4,958.47	1,000	0.33	
10g1%w 1%s30%ps	4,862.97	1,000	0.25	0.6
10g1%w 1%s40%ps	4,793.17	1,000	0.28	
10g1%w 1%s50%ps	4,738.50	1,000	0.43	
10g1%w 1%s30%pss	4,986.07	-	-0.60	
10g1%w 1%s40%pss	4,783.80	63.89	2.4435	
10g1%w 1%s50%pss	5,072.67	108.33	1.1479	1.25

Πίνακας 9: Μετρήσεις καυσαερίων

	Θερμοκρασία αποτέφρωσης T_{com} (°C)	Θερμοκρασία περιβάλλοντος T_{amb} (°C)	Θερμοκρασία καυσαερίου T_{gas} (°C)	CO (ppm)	NO _x (ppm)
10g1%w	380-390	23.8	24.5	443	3
	735-747	24.1	23.2	0	0
	1,050	23.5	22.8	0	0
10g1%w1%s	387-398	24.5	34.2	290	0
	745-758	22.8	22.2	1	0
	1,050	23.4	23.2	0	0
10g1%w1%s 30% ps	380-391	23.6	34.3	358	2
	742-749	23.3	34.5	2	0
	1,050	24.1	25.1	0	0
10g1%w1%s 50% pss	325- 336	23.3	28.8	47	1
	718-730	22.7	21.9	1	0
	1,050	22.6	21.7	0	0

Πίνακας 10: Ανάλυση XRF μπρίκετ με 1 % πρόσθετη υγρασία

Περιεκτικότητα σε οξείδια (%)	10 g 1 % w
Na ₂ O	3.84
MgO	33.91
K ₂ O	10.36
CaO	22.25
TiO ₂	0.06
Fe ₂ O ₃	0.71
MnO	0.33
Cr ₂ O ₃	0
SiO ₂	4.74
Al ₂ O ₃	3.19
P ₂ O ₅	17.25
SO ₃	2.37
LoI	0.77
Σύνολο	99.73

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

7.1 Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη είχε ως βασικό σκοπό την εκτίμηση του απόβλητου από χρησιμοποιημένο καφέ ως στερεού καυσίμου, από τεχνικής και νομοθετικής σκοπιάς. Διεξήχθησαν πειράματα που αφορούσαν στην αντοχή των μπρίκετ σε συνθήκες περιβάλλοντος και μεταφοράς, καθώς έγινε ανάλυση της εναπομένουσας τέφρας, των καυσαερίων και της ανώτερης θερμογόνου δύναμης. Τα αποτελέσματα των δοκιμών που διεκπεραιώθηκαν είναι ενθαρρυντικά για τη χρήση αυτού του υλικού. Σημαντικό μέρος της μελέτης αφορά η εξέταση της νομοθεσίας της ΕΕ γύρω από τα στερεά βιοκαύσιμα, τη βιομάζα, τις ΑΠΕ, το Πρωτόκολλο του Κιότο, προκειμένου να καταδειχθούν οι κυρίαρχες τάσεις σε επίπεδο Ε.Ε. για την εκπόνηση και εφαρμογή πολιτικών για την κλιματική αλλαγή. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα ακόλουθα:

- Το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ έχει ανώτερη θερμογόνο δύναμη περίπου 5,000 cal/g.
- Τα υλικά όπως προέκυψε από τη στοιχειακή ανάλυση δεν περιέχουν καθόλου θείο (S).
- Για τη διαμόρφωση σε μπρίκετ απαιτείται κάποιο συνδετικό υλικό και αυτό που προέκυψε ως το πιο αποτελεσματικό είναι το άμυλο αραβόσιτου σε περιεκτικότητα 1%.
- Η ανώτερη θερμογόνος δύναμη μειώνεται όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα της υγρασίας, του αμύλου και των πρόσθετων υλικών (κελύφη).
- Η προσθήκη των κελυφών μειώνει ελαφρά την αντοχή και την ανώτερη θερμογόνο δύναμη των μπρίκετ, αλλά προτείνεται ως εναλλακτική διαχείριση αυτών των αποβλήτων.
- Κανένα από τα δείγματα δεν έδειξε αντοχή στο νερό στα τεστ των 30 min και αυτό σημαίνει ότι τα μπρίκετ θα πρέπει να αποθηκεύονται σε κλειστό χώρο.
- Όλα τα είδη μπρίκετ εκτός αυτών που περιέχουν κέλυφος κολοκυθόσπορου, αντέχουν σε πτώση και σε επαφή με το νερό για 30 s, πράγμα που αποδεικνύει αντοχή κατά τη μεταφορά.
- Ο προσδιορισμός των καυσαερίων έδειξε ότι είναι απαραίτητη η καύση υπό διαφορετικές συνθήκες, οξυγόνου, ώστε να αποφεύγεται η ατελής καύση και η παραγωγή CO.
- Οι διαστάσεις, η θερμογόνος δύναμη και το ποσοστό της τέφρας που απομένει από την καύση των μπρίκετ ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις ευρωπαϊκών συστημάτων τυποποίησης.

- Η Εθνική Νομοθεσία ακολουθεί την Ευρωπαϊκή χωρίς να καινοτομεί σε ό,τι αφορά τα βιοκαύσιμα ή τη βιομάζα. Οι Ενωσιακές Οδηγίες αλλά ούτε και οι Εθνικοί Νόμοι εξηγούν είτε στο κύριο σώμα των διατάξεων είτε λεπτομερώς σε παράρτημα τη σύσταση του οργανικού κλάσματος των συμπεριλαμβανομένων αποβλήτων που αποτελούν βιομάζα και δίνουν μόνον τους ορισμούς τους.
- Στην επιστημονική αρθρογραφία και στις σχετικές τεχνικές μελέτες χρησιμοποιείται ο όρος βιοκαύσιμο για τα υλικά που προορίζονται για μεταφορές, παραγωγή ατμού, θερμότητας και ψύξης, χωρίς να γίνεται σαφής διαχωρισμός από τη βιομάζα. Μετά από τη μελέτη της Νομοθεσίας, προκύπτει ότι ο σωστός όρος για το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ και κελύφη σπόρων είναι η βιομάζα.

7.2 Προτάσεις

Η κατασκευή μπρίκετ από απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ είναι εναλλακτική και αειφορική λύση 1) για τη διαχείριση αυτού του αποβλήτου και 2) για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών σε τοπικό επίπεδο (βιομηχανικοί και οικιακοί καυστήρες). Ωστόσο, περισσότερες παράμετροι θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη και περισσότερη μελέτη μπορεί να πραγματοποιηθεί σχετικά με το απόβλητο αυτό. Συνοπτικά, οι προτάσεις για μελλοντική και περαιτέρω μελέτη είναι :

- Ως συνδετικό υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ζωικό και φυτικό μη εδώδιμο λίπος, προκύπτον από βιοτεχνίες και βιομηχανίες.
- Διαφοροποιήσεις θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν ως προς τα πρόσθετα υλικά (κελύφη), αφού είναι δυνατή η ανάμιξη και με άλλα είδη κελύφων (π.χ. κέλυφος καρυδιού, κέλυφος αραχίδων κλπ) που προκύπτουν από βιομηχανικές δραστηριότητες, καθώς και άλλα απόβλητα φυτικής προέλευσης, όπως κλαδέματα κήπων, που δεν χρησιμοποιούνται ως τροφή για ζώα.
- Η καύση των μπρίκετ προτείνεται να πραγματοποιείται σε καυστήρα στερεών καυσίμων με παροχή οξυγόνου, ώστε να επιτυγχάνεται τέλεια καύση και να αποδίδει στο βέλτιστο ενεργειακά. Ο προσδιορισμός των καυσαερίων είναι απαραίτητος σε πραγματικές συνθήκες, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να είναι πιο αντιπροσωπευτικά.
- Από το απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ σύμφωνα με κάποιον αριθμό μελετών, μπορούν να ανακτηθούν κάποιες χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται από τη φαρμακοβιομηχανία. Έτσι, τη θέση του αποβλήτου καφέ που λαμβάνεται από καφετέριες δύναται να λάβει το επεξεργασμένο απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ.
- Προτείνεται σε τεχνικές μελέτες, πειραματικές διαδικασίες ή και εν γένει επιστημονική αρθρογραφία που αφορούν τη βιομάζα και τα βιοκαύσιμα να χρησιμοποιείται ο αντίστοιχος νομικός όρος, έτσι ώστε να μην δημιουργείται σύγχυση ούτε ως προς τις έννοιες πολύ δε περισσότερο ως προς το πεδίο εφαρμογής των νομοθετικών διατάξεων.
- Είναι σημαντικό να υπάρχει διαρκής ενημέρωση και μελέτη των τροποίσεων την Νομοθεσίας, ούτως ώστε να είναι δυνατή η σύγκλιση των τεχνικών με τους νομικούς όρους και εν τέλει η επίτευξη μιας κοινής γλώσσας μεταξύ των τεχνικών και νομικών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] V. Karkania, E. Fanara, and A. Zabaniotou, “Review of sustainable biomass pellets production-A study for agricultural residues pellets market in Greece,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, pp. 1426–1436, 2012.
- [2] T. Tsoutsos, “Notes of Post-graduate course: ‘Design of sustainable systems’.”2013.
- [3] I. Boukis, N. Vassilakos, G. Kontopoulos, and S. Karellas, “Policy plan for the use of biomass and biofuels in Greece: Part I: Available biomass and methodology,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 13, no. 5, pp. 971–985, Jun. 2009.
- [4] N. Kaliyan and R. Vance Morey, “Factors affecting strength and durability of densified biomass products,” *Biomass and Bioenergy*, vol. 33, no. 3, pp. 337–359, Mar. 2009.
- [5] B. Hahn, “UMBERA Existing Guidelines and Quality Assurance for Fuel Pellets,” 2004.
- [6] A. Zuorro and R. Lavecchia, “Spent coffee grounds as a valuable source of phenolic compounds and bioenergy,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 34, pp. 49–56, 2012.
- [7] S. I. Mussatto, L. M. Carneiro, J. P. A. Silva, I. C. Roberto, and J. . Teixeira, “A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds,” *Carbohydrate Polymers*, vol. 83, pp. 368–374, 2011.
- [8] R. Cruz, P. Baptista, S. Cunha, J. A. Pereira, and S. Casal, “Carotenoids of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown on soil enriched with spent coffee grounds,” *Molecules*, vol. 17, no. 2, pp. 1535–1547, 2012.
- [9] A. S. Franca, L. S. Oliveira, and M. E. F. Ferreira, “Kinetics and equilibrium studies of methylene blue adsorption by spent coffee grounds.pdf,” *Desalination*, vol. 249, pp. 267–272, 2009.
- [10] M. A. fSilva, S. A. Nebra, M. J. Machado Silva, and S. C.G., “The use of biomass residues in the brazilian soluble coffee industry,” *Biomass and Bioenergy*, vol. 14, pp. 457–467, 1998.
- [11] F. F. Felfli, J. M. Mesa P, J. D. Rocha, D. Filippetto, C. A. Luengo, and W. A. Pippo, “Biomass briquetting and its perspectives in Brazil,” *Biomass and Bioenergy*, vol. 35, no. 1, pp. 236–242, 2011.
- [12] J. L. de Oliveira, J. N. da Silva, E. Graciosa Pereira, D. Oliveira Filho, and D. Rizzo Carvalho, “Characterization and mapping of waste from coffee and eucalyptus production in Brazil for thermochemical conversion of energy via gasification,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 21, no. 0, pp. 52–58, May 2013.

- [13] M. Abdullah and A. Bulent Koc, “Oil removal from waste coffee grounds using two-phase solvent extraction enhanced with ultrasonication,” *Renewable Energy*, vol. 50, no. 0, pp. 965–970, Feb. 2013.
- [14] N. Kondamudi, S. K. Mohapatra, and M. Misra, “Spent coffee grounds as a versatile source of green energy,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 56, no. 24, pp. 11757–11760, 2008.
- [15] D. I. Yordanov, Z. B. Tsonev, T. V Palichev, and Z. A. Mustafa, “A new approach for production of coffee oil from waste coffee residue as a feedstock for biodiesel,” *Petroleum and Coal*, vol. 55, no. 2, pp. 74–81, 2013.
- [16] T. Tokimoto, N. Kawasaki, T. Nakamura, J. Akutagawa, and S. Tanada, “Removal of lead ions in drinking water by coffee grounds as vegetable biomass,” *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 281, no. 1, pp. 56–61, 2005.
- [17] H. Djati Utomo and K. A. Hunter, “Adsorption of divalent copper, zinc, cadmuim and lead ions from aqueous solution by waste tea and coffee adsorbents,” *Environmental Technology*, vol. 27, no. 1, pp. 25–32, 2006.
- [18] P. Pappa, F. M. Pelleri, and E. Gidarakos, “CHARACTERIZATION OF BIOCHAR PRODUCED FROM SPENT COFFEE WASTE,” in *3rd International Conference on Industrial and Hazardous Waste Management*, 2012.
- [19] A. Celekli, M. Yavuzatmaca, and H. Bozkurt, “Modeling the removal of reactive red 120 on pistachio husk,” *Clean - Soil, Air, Water*, vol. 38, no. 2, pp. 173–180, 2010.
- [20] M. H. Morcali, B. Zeytuncu, and O. Yucel, “Platinum uptake from chloride solutions using biosorbents,” *Materials Research*, vol. 16, no. 2, pp. 528–538, 2013.
- [21] A. I. Okoye, P. M. Ejikeme, and O. D. Onukwuli, “Lead removal from wastewater using fluted pumpkin seed shell activated carbon: Adsorption modeling and kinetics,” *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 7, no. 4, pp. 793–800, 2010.
- [22] A. Maragkogianni, S. Papaefthimiou, and C. Zopounidis, “Emissions trading schemes in the transportation sector,” in *Sustainable technologies, policies and Constrains in the Green Economy*, 2013, p. 21.
- [23] European Council, “Απόφαση του Συμβουλίου, της 25ης Απριλίου 2002, για την έγκριση, εξ ονόματος της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, του Πρωτοκόλλου του Κυότο στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές και την από κοινού τήρηση των σχετικών δεσμεύσεων,” 2002.

- [24] European Council, “Ψήφισμα του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 25ης Νοεμβρίου 2009 σχετικά με τη στρατηγική της ΕΕ στη Διάσκεψη της Κοπεγχάγης για την κλιματική αλλαγή (COP 15),” 2010.
- [25] Κώστας Κατσιμπάρδης, “Η Ευρωπαϊκή κλιματική πολιτική στη ‘Μετά-Κιότο εποχή’,” 2006. [Online]. Available: http://www.nomosphysis.org.gr/articles.php?artid=2359&lang=1&catpid=1#_ftn2.
- [26] Γιάννη Ελαφρός, “Άσκηση πιέσεων σε αεροπορικές για τους ρύπους,” *Καθημερινή*, p. 2, 2013.
- [27] ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΩΝ, “Πράσινη Βίβλος: που υποβάλλεται από την Επιτροπή προς το Συμβούλιο, το Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο, την Ευρωπαϊκή οικονομική και κοινωνική επιτροπή και την επιτροπή των περιφερειών.” 2007.
- [28] Επιτροπή Ευρωπαϊκών Θεμάτων, “Λευκή Βίβλος: Η προσαρμογή στην αλλαγή του κλίματος: προς ένα ευρωπαϊκό πλαίσιο δράσης.” p. 23, 2009.
- [29] RAPID, “Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας: η νομοθεσία της Φινλανδίας, της Ελλάδας και της Πολωνίας εξακολουθεί να μη συνάδει με τους ενωσιακούς κανόνες,” 2012. [Online]. Available: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-278_el.htm?locale=en. [Accessed: 15-Jun-2013].
- [30] J. Lindley and M. Vossoughi, “Physical properties of biomass briquettes,” *Transactions of the ASAE*, vol. 32, pp. 361–366, 1989.
- [31] T. Miranda, J. I. Arranz, I. Montero, S. Román, C. V. Rojas, and S. Nogales, “Characterization and combustion of olive pomace and forest residue pellets,” *Fuel Processing Technology*, vol. 103, pp. 91–96, Nov. 2012.
- [32] G. a. Holt, T. L. Blodgett, and F. S. Nakayama, “Physical and combustion characteristics of pellet fuel from cotton gin by-products produced by select processing treatments,” *Industrial Crops and Products*, vol. 24, no. 3, pp. 204–213, Nov. 2006.
- [33] A. Zuorro and R. Lavecchia, “Polyphenols and energy recovery from spent coffee grounds,” in *14th International Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction.*, 2011, p. 6.
- [34] A. I. Bamgboye and S. J. Bolufawi, “Physical Characteristics of Briquettes from Guinea Corn (sorghum bi-color) Residue,” *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, vol. XI, pp. 1–10, 2009.
- [35] Z. Liu, Z. Jiang, Z. Cai, B. Fei, and X. Liu, “Effects of carbonization conditions on properties of bamboo pellets,” *Renewable Energy*, vol. 51, pp. 1–6, Mar. 2013.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Α. Πίνακες μετρήσεων και υπολογισμών

Πίνακας 11: Διαστάσεις και φαινόμενη πυκνότητα μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το νερό

10g	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
1% υγρασία									
1	4.16	0.72	1.022	-	4.1	0.78	0.977	10.06	16.38
2	4.16	0.75	0.981	-	4.12	0.8	0.946	10.0947	3.70
3	4.15	0.72	1.027	-	4.1	0.785	1.056	10.944	26.51
4	4.16	0.72	1.022	-	4.1	0.77	0.991	10.0763	19.90
5	4.16	0.73	1.008	-	4.1	0.77	0.994	10.1014	19.05
6	4.15	0.72	1.027	-	4.11	0.78	0.977	10.1089	17.04
7	4.15	0.72	1.027	-	4.1	0.78	0.976	10.0478	16.90
8	4.15	0.72	1.027	-	4.1	0.77	0.991	10.0702	17.34
9	4.15	0.72	1.027	-	4.1	0.8	0.954	10.0739	14.27
10	4.15	0.72	1.027	-	4.1	0.77	0.991	10.0747	17.40
Μέσος όρος	4.154	0.724	1.019	-	4.103	0.7805	0.985	10.1652	16.85

10g	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
5% υγρασία									
1	4.14	0.885	0.839	-	4.1	0.78	0.977	10.06	16.38
2	4.15	0.81	0.913	-	4.12	0.8	0.946	10.0947	3.70
3	4.14	0.89	0.835	-	4.1	0.785	1.056	10.944	26.51
4	4.16	0.89	0.827	-	4.1	0.77	0.991	10.0763	19.90
5	4.14	0.89	0.835	-	4.1	0.77	0.994	10.1014	19.05
6	4.14	0.89	0.835	-	4.11	0.78	0.977	10.1089	17.04
7	4.14	0.89	0.835	-	4.1	0.78	0.976	10.0478	16.90
8	4.14	0.88	0.844	-	4.1	0.77	0.991	10.0702	17.34
9	4.14	0.89	0.835	-	4.1	0.8	0.954	10.0739	14.27
10	4.14	0.88	0.844	-	4.1	0.77	0.991	10.0747	17.40
Μέσος όρος	4.14	0.88	0.844	-	4.103	0.7805	0.985	10.1652	16.85

10g	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
10% υγρασία									
1	4.16	0.91	0.809	-	4.1	0.87	0.872	10.0109	7.80
2	4.17	0.935	0.783	-	4.1	0.88	0.855	9.9309	9.15
3	4.2	0.94	0.768	-	4.1	0.9	0.835	9.9273	8.80
4	4.2	0.94	0.768	-	4.1	0.9	0.840	9.979	9.37
5	4.2	0.93	0.776	-	4.1	0.88	0.856	9.9442	10.28
6	4.17	0.91	0.805	-	4.1	0.87	0.860	9.8782	6.88
7	4.2	0.95	0.760	-	4.1	0.9	0.843	10.0191	10.98
8	4.18	0.93	0.784	-	4.1	0.88	0.859	9.9749	9.57
9	4.2	0.95	0.760	-	4.06	0.9	0.851	9.9204	12.06
10	4.17	0.91	0.805	-	4.1	0.88	0.850	9.8801	5.69
Μέσος όρος	4.185	0.93	0.782	-	4.096	0.886	0.852	9.9465	9.06

Πίνακας 12: Διαστάσεις και φαινόμενη πυκνότητα μπρίκετ 5 g με συνδετικό υλικό το νερό και το άμυλο

5g	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
1% υγρασία									
1	4.15	0.36	0.998	4.8619	4.16	0.37	0.968	4.8688	-3.03
2	4.14	0.37	0.995	4.9553	4.15	0.38	0.965	4.961	-2.99
3	4.14	0.37	0.984	4.902	4.17	0.39	0.923	4.9178	-6.19
4	4.14	0.36	1.007	4.8818	4.16	0.37	0.971	4.8836	-3.60
5	4.15	0.36	1.021	4.9741	4.18	0.37	0.982	4.9877	-3.83
6	4.145	0.37	0.994	4.9644	4.18	0.39	0.931	4.9821	-6.38
7	4.15	0.39	0.947	4.9972	4.16	0.37	0.996	5.0066	5.10
8	4.16	0.36	1.010	4.9407	4.17	0.38	0.954	4.9512	-5.52
9	4.15	0.38	0.933	4.7958	4.17	0.4	0.879	4.8042	-5.74
10	4.14	0.37	0.997	4.9636	4.16	0.37	0.989	4.9748	-0.74
Μέσος όρος	4.1465	0.369	0.989	4.9237	4.166	0.379	0.956	4.9338	-3.29

5g	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
5% υγρασία									
1	4.13	0.39	0.971	5.0732	4.08	0.38	0.975	4.8426	0.38
2	4.145	0.39	0.961	5.0592	4.065	0.38	0.976	4.8143	1.55
3	4.135	0.38	0.983	5.0159	4.055	0.38	0.974	4.7801	-0.90
4	4.14	0.375	0.988	4.9898	4.07	0.39	0.945	4.7959	-4.38
5	4.13	0.375	0.988	4.9624	4.08	0.375	0.973	4.7706	-1.49
6	4.11	0.375	1.002	4.9828	4.05	0.39	0.949	4.7695	-5.21
7	4.14	0.38	0.962	4.9234	4.06	0.37	0.980	4.6963	1.86
8	4.135	0.39	0.961	5.0331	4.075	0.39	0.943	4.7941	-1.92
9	4.135	0.39	0.954	4.998	4.07	0.38	0.962	4.7578	0.84
10	4.145	0.39	0.967	5.0906	4.06	0.38	0.984	4.8428	1.77
Μέσος όρος	4.1345	0.3835	0.974	5.0128	4.0665	0.3815	0.966	4.7864	-0.75

5g	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
1% υγρασία 1% άμυλο									
1	4.16	0.385	0.957	5.0104	4.145	0.38	0.959	4.9168	0.14
2	4.16	0.375	0.973	4.9588	4.16	0.38	0.943	4.873	-3.02
3	4.16	0.375	0.975	4.9708	4.14	0.385	0.943	4.8875	-3.30
4	4.17	0.37	0.980	4.9542	4.15	0.39	0.923	4.8708	-5.82
5	4.17	0.38	0.957	4.9656	4.15	0.39	0.924	4.8756	-3.41
6	4.16	0.38	0.961	4.966	4.14	0.38	0.955	4.8835	-0.71
7	4.16	0.36	1.030	5.0401	4.16	0.38	0.960	4.9582	-6.80
8	4.17	0.38	0.950	4.9291	4.16	0.37	0.964	4.8474	1.49
9	4.165	0.37	0.978	4.9286	4.15	0.39	0.918	4.8449	-6.06
10	4.16	0.38	1.006	5.1965	4.15	0.4	0.943	5.1049	-6.22
Μέσος όρος	4.1635	0.3755	0.977	4.992	4.1505	0.3845	0.943	4.9063	-3.37

5g	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
1% υγρασία 5% άμυλο									
1	4.16	0.39	0.967	5.127	4.14	0.4	0.935	5.0368	-3.29
2	4.16	0.4	0.944	5.1315	4.145	0.39	0.960	5.0503	1.67
3	4.16	0.4	0.951	5.1728	4.155	0.4	0.938	5.0873	-1.42
4	4.16	0.4	0.946	5.1436	4.14	0.39	0.965	5.0643	1.96
5	4.16	0.4	0.942	5.1194	4.15	0.38	0.981	5.0404	4.14
6	4.16	0.39	0.967	5.1241	4.15	0.39	0.956	5.0429	-1.11
7	4.16	0.4	0.949	5.1582	4.14	0.39	0.967	5.0791	1.97
8	4.17	0.395	0.954	5.147	4.16	0.4	0.931	5.0638	-2.38
9	4.16	0.39	0.965	5.1161	4.14	0.395	0.946	5.0317	-1.95
10	4.16	0.39	0.981	5.2011	4.15	0.4	0.946	5.1175	-3.60
Μέσος όρος	4.161	0.3955	0.957	5.1441	4.147	0.3935	0.953	5.0614	-0.40

Πίνακας 13: Διαστάσεις και φαινόμενη πυκνότητα μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο

10g	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
1% υγρασία 1% άμυλο									
1	4.16	0.745	0.998	10.1025	4.17	0.85	0.860	9.9864	-13.78
2	4.17	0.75	0.989	10.127	4.16	0.86	0.855	9.9913	-13.55
3	4.17	0.75	0.992	10.1584	4.16	0.85	0.868	10.023	-12.52
4	4.16	0.75	0.997	10.1643	4.16	0.86	0.858	10.0273	-13.97
5	4.17	0.75	0.993	10.1665	4.16	0.86	0.858	10.0281	-13.56
6	4.18	0.75	0.988	10.1682	4.16	0.86	0.858	10.03	-13.15
7	4.17	0.75	0.988	10.1204	4.16	0.87	0.845	9.9882	-14.51
8	4.16	0.75	0.999	10.1825	4.15	0.855	0.868	10.044	-13.06
9	4.17	0.75	0.989	10.1312	4.16	0.86	0.855	9.9924	-13.57
10	4.16	0.76	0.982	10.1479	4.16	0.86	0.857	10.0166	-12.77
Μέσος όρος	4.167	0.7505	0.991	10.1469	4.16	0.8585	0.858	10.0127	-13.44

10g	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
1% υγρασία 5% άμυλο									
1	4.16	0.77	1.009	10.5627	4.16	0.77	0.995	10.4178	-1.37
2	4.16	0.76	1.020	10.5364	4.15	0.785	0.979	10.3967	-4.01
3	4.16	0.76	1.019	10.5309	4.15	0.78	0.985	10.3924	-3.38
4	4.155	0.76	1.023	10.5468	4.15	0.78	0.986	10.4046	-3.65
5	4.16	0.77	1.005	10.5198	4.15	0.79	0.972	10.3864	-3.30
6	4.16	0.76	1.020	10.5318	4.15	0.77	0.998	10.3906	-2.15
7	4.17	0.74	1.002	10.1281	4.15	0.745	0.992	9.9945	-1.03
8	4.15	0.75	1.033	10.4817	4.15	0.765	1.000	10.3467	-3.22
9	4.17	0.78	0.985	10.4916	4.17	0.78	0.976	10.3988	-0.88
10	4.16	0.77	1.010	10.5676	4.15	0.78	0.989	10.4335	-2.06
Μέσος όρος	4.1605	0.762	1.013	10.4897	4.153	0.7745	0.987	10.3562	-2.51

10g	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
1% υγρασία 10% άμυλο									
1	4.135	0.765	1.069	10.9789	4.12	0.78	1.031	10.7251	-3.49
2	4.13	0.76	1.078	10.9743	4.12	0.785	1.025	10.7272	-4.90
3	4.13	0.77	1.062	10.9501	4.13	0.78	1.024	10.6992	-3.54
4	4.135	0.765	1.063	10.9196	4.135	0.78	1.019	10.6751	-4.12
5	4.13	0.77	1.063	10.9648	4.135	0.79	1.009	10.708	-5.04
6	4.14	0.77	1.058	10.9662	4.13	0.79	1.012	10.7135	-4.32
7	4.14	0.77	1.059	10.9778	4.13	0.78	1.026	10.7238	-3.10
8	4.14	0.765	1.066	10.975	4.13	0.78	1.027	10.7289	-3.66
9	4.135	0.78	1.046	10.9546	4.12	0.78	1.028	10.6935	-1.67
10	4.14	0.77	1.055	10.9312	4.13	0.78	1.022	10.6826	-3.06
Μέσος όρος	4.1355	0.7685	1.062	10.9593	4.128	0.7825	1.022	10.7077	-3.69

Πίνακας 14: Διαστάσεις και φαινόμενη πυκνότητα μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο και πρόσθετο κέλυφος φιστικιού

10g 1% υγρασία 1% άμυλο κέλυφος φιστικιού	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	
30% κέλυφος φιστικιού									
1	4.16	0.69	1.078	10.1063	4.15	0.70	1.053	9.9667	-2.32
2	4.16	0.695	1.071	10.1137	4.15	0.70	1.054	9.9755	-1.60
3	4.155	0.7	1.061	10.0668	4.15	0.70	1.049	9.9351	-1.07
4	4.15	0.7	1.072	10.1467	4.15	0.70	1.055	9.9878	-1.57
5	4.15	0.69	1.083	10.1125	4.15	0.70	1.054	9.9814	-2.71
6	4.15	0.7	1.065	10.0794	4.15	0.70	1.050	9.9408	-1.38
7	4.15	0.695	1.076	10.1151	4.15	0.70	1.054	9.9778	-2.06
8	4.15	0.695	1.078	10.131	4.15	0.70	1.056	10.0001	-2.00
9	4.15	0.7	1.065	10.0847	4.15	0.70	1.050	9.946	-1.38
10	4.15	0.7	1.052	9.9599	4.145	0.70	1.041	9.8374	-0.99
Μέσος όρος	4.1525	0.6965	1.070	10.0916	4.1495	0.70	1.052	9.9549	-1.71

10g 1% υγρασία 1% άμυλο κέλυφος φιστικιού	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
40% κέλυφος φιστικιού									
1	4.15	0.69	1.084	10.1161	4.14	0.7	1.062	10.0104	-1.99
2	4.145	0.69	1.088	10.1321	4.15	0.7	1.059	10.0241	-2.71
3	4.16	0.69	1.073	10.0667	4.15	0.7	1.052	9.9579	-2.02
4	4.15	0.7	1.082	10.2485	4.15	0.7	1.068	10.116	-1.29
5	4.15	0.68	1.096	10.0848	4.15	0.7	1.054	9.982	-3.85
6	4.15	0.685	1.090	10.1018	4.15	0.7	1.055	9.992	-3.21
7	4.15	0.69	1.080	10.0844	4.15	0.69	1.069	9.9741	-1.09
8	4.15	0.695	1.075	10.1076	4.15	0.69	1.071	9.9936	-0.41
9	4.15	0.69	1.089	10.1685	4.15	0.71	1.047	10.0596	-3.86
10	4.15	0.69	1.086	10.1373	4.15	0.7	1.060	10.0349	-2.42
Μέσος όρος	4.1505	0.69	1.085	10.1248	4.149	0.699	1.060	10.0145	-2.29

10g 1% υγρασία 1% άμυλο κέλυφος φιστικιού	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
50% κέλυφος φιστικιού									
1	4.14	0.69	1.089	10.1196	4.15	0.69	1.075	10.0319	-1.34
2	4.15	0.68	1.095	10.0673	4.15	0.68	1.085	9.9797	-0.87
3	4.16	0.685	1.087	10.118	4.16	0.69	1.070	10.0316	-1.57
4	4.15	0.68	1.102	10.1345	4.16	0.69	1.071	10.0443	-2.80
5	4.15	0.67	1.116	10.1179	4.16	0.69	1.070	10.0343	-4.16
6	4.145	0.675	1.111	10.117	4.16	0.69	1.068	10.0205	-3.80
7	4.15	0.685	1.093	10.1254	4.15	0.7	1.057	10.0082	-3.28
8	4.15	0.68	1.101	10.1257	4.15	0.69	1.074	10.0266	-2.41
9	4.14	0.68	1.106	10.1275	4.15	0.7	1.061	10.0422	-4.14
10	4.14	0.68	1.106	10.125	4.15	0.69	1.075	10.0366	-2.78
Μέσος όρος	4.1475	0.6805	1.101	10.1178	4.154	0.691	1.071	10.0256	-2.72

Πίνακας 15: Διαστάσεις και φαινόμενη πυκνότητα μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο και πρόσθετο κέλυφος κολοκυθόσπορου

10g 1% υγρασία 1% άμυλο	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
30% κέλυφος κολοκυθόσπορου									
1	4.19	1.1	0.7676	11.6361	4.1	1.06	0.76155	10.6523	-0.78368
2	4.22	1.13	0.7373	11.6463	4.1	1.05	0.76704	10.6279	4.04131
3	4.19	1.16	0.7247	11.5862	4.125	1.14	0.69403	10.5682	-4.23798
4	4.19	1.21	0.6961	11.6079	4.14	1.12	0.70656	10.6473	1.50339
5	4.2	1.17	0.7204	11.6708	4.14	1.03	0.76905	10.6576	6.75920
6	4.18	1.07	0.7851	11.5225	4.1	1	0.80086	10.568	2.00342
7	4.2	1.15	0.7307	11.6362	4.1	1.1	0.73201	10.6255	0.17843
8	4.18	1.12	0.7587	11.6547	4.1	1.02	0.79229	10.6641	4.43013
9	4.2	1.1	0.7667	11.6787	4.1	1.03	0.78327	10.646	2.15939
10	4.2	1.12	0.7549	11.708	4.1	1.05	0.77158	10.6908	2.20852
Μέσος όρος	4.195	1.133	0.7442	11.6347	4.1105	1.06	0.7578	10.6348	1.82621

10g 1% υγρασία 1% άμυλο	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
40% κέλυφος κολοκυθόσπορου									
1	4.2	1.1	0.7279	11.0868	4.13	1.04	0.70855	9.8667	-2.65278
2	4.2	1.05	0.7397	10.7554	4.13	1.01	0.72980	9.8695	-1.34139
3	4.2	1.06	0.7328	10.7567	4.13	1.03	0.71581	9.872	-2.32280
4	4.2	1.09	0.7136	10.7701	4.13	1.03	0.71568	9.8702	0.29839
5	4.21	1.08	0.7177	10.7847	4.14	1.05	0.69955	9.8828	-2.53024
6	4.21	1.13	0.6857	10.78	4.13	1.1	0.66977	9.8648	-2.31691
7	4.24	1.06	0.7217	10.7965	4.14	1.03	0.71173	9.8633	-1.38592
8	4.2	1.08	0.7190	10.7529	4.14	1.07	0.68384	9.8449	-4.89057
9	4.2	1.09	0.7143	10.7809	4.14	1.05	0.69714	9.8487	-2.39794
10	4.27	1.49	0.5438	11.5966	4.16	1.45	0.49557	9.7618	-8.86471
Μέσος όρος	4.213	1.123	0.7016	10.8861	4.137	1.086	0.6827	9.8545	-2.84049

10g 1% υγρασία 1% άμυλο	Ημέρα κατασκευής				Μια εβδομάδα μετά				
	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Διάμετρος (cm)	Πάχος (cm)	Φαινόμενη πυκνότητα (g/cm ³)	Μάζα (g)	Μεταβολή φαινόμενης πυκνότητας (%)
50% κέλυφος κολοκυθόσπορου									
1	4.15	1.01	0.8611	11.7578	4.1	1	0.83926	11.0748	-2.53253
2	4.16	1	0.8680	11.7921	4.1	0.98	0.86052	11.1282	-0.86508
3	4.15	1	0.8720	11.7893	4.1	0.97	0.86788	11.1088	-0.47415
4	4.16	1.05	0.8272	11.7987	4.1	1	0.84048	11.0909	1.61104
5	4.14	0.97	0.9024	11.7773	4.09	0.95	0.89063	11.1106	-1.30527
6	4.18	1.07	0.7999	11.7388	4.1	1.03	0.80865	10.9909	1.09763
7	4.15	1	0.8724	11.7947	4.1	0.97	0.86975	11.1328	-0.30480
8	4.16	1	0.8641	11.7391	4.1	1	0.83683	11.0427	-3.15897
9	4.16	1.02	0.8510	11.7917	4.1	1	0.84328	11.1278	-0.90494
10	4.17	1.1	0.7867	11.8126	4.1	0.98	0.85938	11.1134	9.23768
Μέσος όρος	4.158	1.022	0.8505	11.7792	4.099	0.988	0.8517	11.0921	0.24006

Πίνακας 16: Αποτελέσματα τεστ αντοχής σε πτώση για μπρίκετ 10 g με συνδετικά υλικό το νερό και το άμυλο

10g	Αριθμός θραυσμάτων	Αριθμός επαναλήψεων	Μάζα πριν το τεστ (g)	Μάζα μεγαλύτερου θραύσματος (g)	Ποσοστό μάζας που μένει (%)	IRI
1% υγρασία						
1	1	10	10.0141	9.9304	99.1642	1000
2	1	10	10.483	10.4536	99.7195	1000
3	1	10	10.442	9.9791	95.5669	1000
Μέσος όρος	1	10	10.3130	10.1210	98.15	1000
5% υγρασία						
1	1	10	10.06	10.0299	99.7008	1000
2	1	10	10.0947	10.071	99.7652	1000
3	1	10	10.944	10.0541	91.8686	1000
Μέσος όρος	1	10	10.3662	10.0517	97.11	1000
10% υγρασία						
1	3	3	10.0109	4.7656	47.6041	100
2	3	4	9.9309	7.5373	75.8975	133
3	2	2	9.9273	6.6193	66.6777	100
Μέσος όρος	2.6667	3	9.9564	6.3074	63.39	111
1% υγρασία 1% άμυλο						
1	1	10	9.9864	9.9826	99.9619	1000
2	1	10	9.9913	9.9478	99.5646	1000
3	1	10	10.0230	10.0098	99.8683	1000
Μέσος όρος	1	10	10.0002	9.9801	100	1000

10g	Αριθμός θραυσμάτων	Αριθμός επαναλήψεων	Μάζα πριν το τεστ (g)	Μάζα μεγαλύτερου θραύσματος (g)	Ποσοστό μάζας που μένει (%)	IRI
1% υγρασία 5% άμυλο						
1	1	10	10.4178	10.3985	99.8147	1000
2	1	10	10.3967	10.3759	99.7999	1000
3	1	10	10.3924	10.3768	99.8499	1000
Μέσος όρος	1	10	10.4023	10.3837	100	1000
1% υγρασία 10% άμυλο						
1	1	10	10.7251	10.7103	99.8620	1000
2	1	10	10.7272	10.7166	99.9012	1000
3	1	10	10.6992	10.6684	99.7121	1000
Μέσος όρος	1	10	10.7172	10.6984	99.83	1000

Πίνακας 17: Αποτελέσματα τεστ αντοχής σε πτώση για μπρίκετ 10 g με συνδετικά υλικό το άμυλο με πρόσθετο κέλυφος φιστικιού

10g 1% υγρασία 1% άμυλο κέλυφος φιστικιού	Αριθμός θραυσμάτων	Αριθμός επαναλήψεων	Μάζα πριν το τεστ (g)	Μάζα μεγαλύτερου θραύσματος (g)	Ποσοστό μάζας που μένει (%)	IRI
30% κέλυφος φιστικιού						
1	1	10	9.9667	9.937	99.7020	1000
2	1	10	9.9755	9.9538	99.7825	1000
3	1	10	9.9351	9.9138	99.7856	1000
Μέσος όρος	1	10	9.9591	9.9349	99.76	1000
40% κέλυφος φιστικιού						
1	1	10	10.0104	9.9918	99.8142	1000
2	1	10	10.0241	9.9897	99.6568	1000
3	1	10	9.9579	9.937	99.7901	1000
Μέσος όρος	1	10	9.9975	9.9728	99.75	1000
50% κέλυφος φιστικιού						
1	1	10	10.0319	10.0023	99.7049	1000
2	1	10	9.9797	9.9589	99.7916	1000
3	1	10	10.0316	10.0135	99.8196	1000
Μέσος όρος	1	10	10.0144	9.9916	99.77	1000

Πίνακας 18: Αποτελέσματα τεστ αντοχής σε πτώση για μπρίκετ 10 g με συνδετικά υλικό το άμυλο με πρόσθετο κέλυφος κολοκυθόσπορου

10g 1% υγρασία 1% άμυλο κέλυφος κολοκυθόσπορου	Αριθμός θραυσμάτων	Αριθμός επαναλήψεων	Μάζα πριν το τεστ (g)	Μάζα μεγαλύτερου θραύσματος (g)	Ποσοστό μάζας που μένει (%)	IRI
30% κέλυφος κολοκυθόσπορου						
1	πολλά	2	10.6523	1.497	14.0533	-
2	πολλά	2	10.6279	1.6264	15.3031	-
3	πολλα	2	10.5682	2.269	21.4701	-
Μέσος όρος	πολλά	2	10.6523	1.497	14.0533	-
40% κέλυφος κολοκυθόσπορου						
1	4	1	9.8667	8.6039	87.2014	25.00
2	3	2	9.8695	5.0862	51.5345	66.67
3	3	3	9.872	4.1822	42.3643	100.00
Μέσος όρος	3.3	2	9.8694	5.9574	46.95	63.89
50% κέλυφος κολοκυθόσπορου						
1	4	3	11.0748	4.4099	39.8192	75.00
2	4	4	11.1282	6.9603	62.5465	100.00
3	2	3	11.1088	5.1708	46.5469	150.00
Μέσος όρος	3.3	3.3	11.1039	5.5137	49.64	108.33

Πίνακας 19: Αποτελέσματα τεστ αντοχής στο νερό για 30 s για μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το νερό και το άμυλο

10g	Μάζα μπρίκετ πριν το τεστ (g)	Μάζα μπρίκετ μετά το τεστ (g)	Ποσοστό νερού που απορροφήθηκε (%)	Όγκος νερού που βυθίστηκε το μπρίκετ (L)
1% υγρασία				
1	10.0226	10.3515	3.28	2.4
2	10.024	10.3318	3.07	2.4
3	10.0255	10.386	3.60	2.4
Μέσος όρος	10.0240	10.3564	3.32	
5% υγρασία				
1	10.0763	10.3094	2.31	2.7
2	10.1014	10.4424	3.38	2.7
3	10.1089	10.5145	4.01	2.7
Μέσος όρος	10.0955	10.1732	2.31	2.7
10% υγρασία				
1	9.979	10.1626	1.84	2.7
2	9.9442	10.1875	2.45	2.7
3	9.8782	10.1129	2.38	2.7
Μέσος όρος	9.9338	10.1543	2.22	
1% υγρασία 1% άμυλο				
1	10.0273	10.2974	2.69	5.4
2	10.0281	10.2425	2.14	5.4
3	10.03	10.2795	2.49	5.4
Μέσος όρος	10.0285	10.2731	2.44	
1% υγρασία 5% άμυλο				

10g	Μάζα μπρίκετ πριν το τεστ (g)	Μάζα μπρίκετ μετά το τεστ (g)	Ποσοστό νερού που απορροφήθηκε (%)	Όγκος νερού που βυθίστηκε το μπρίκετ (L)
1	10.4046	10.829	4.08	5.4
2	10.3864	10.7113	3.13	5.4
3	10.3906	10.6985	2.96	5.4
Μέσος όρος	10.3939	10.7463	3.39	
1% υγρασία 10% άμυλο				
1	10.4046	10.829	4.08	5.4
2	10.3864	10.7113	3.13	5.4
3	10.3906	10.6985	2.96	5.4
Μέσος όρος	10.3939	10.7463	3.39	

Πίνακας 20: Αποτελέσματα τεστ αντοχής στο νερό για 30 s για μπρίκετ 5 g με συνδετικό υλικό το νερό και το άμυλο

5g	Μάζα μπρίκετ πριν το τεστ (g)	Μάζα μπρίκετ μετά το τεστ (g)	Ποσοστό νερού που απορροφήθηκε (%)	Όγκος νερού που βυθίστηκε το μπρίκετ (L)
1% υγρασία				
1	4.8836	5.1254	4.95	2
2	4.9877	5.1775	3.81	2
3	4.9821	5.3037	6.46	2
Μέσος όρος	4.9511	5.2022	5.07	
5% υγρασία				
1	4.7915	5.2265	9.08	0.08
2	4.7697	5.0305	5.47	0.08
3	4.7666	5.0345	5.62	0.08
Μέσος όρος	4.7759	5.0972	6.72	
1% υγρασία 1% άμυλο				
1	4.8708	5.1252	5.22	0.075
2	4.8756	5.1415	5.45	0.08
3	4.8835	5.103	4.49	0.08
Μέσος όρος	4.8766	5.1232	5.06	
1% υγρασία 5% άμυλο				
1	5.0643	5.3381	5.41	5.4
2	5.0404	5.3119	5.39	5.4
3	5.0429	5.323	5.55	5.4
Μέσος όρος	5.0492	5.3243	5.45	

Πίνακας 21: Αποτελέσματα τεστ αντοχής στο νερό για 30 s για μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο και πρόσθετο κέλυφος φιστικιού

10g 1% υγρασία 1% άμυλο 30% κέλυφος φιστικιού	Μάζα μπρίκετ πριν το τεστ (g)	Μάζα μπρίκετ μετά το τεστ (g)	Ποσοστό νερού που απορροφήθηκε (%)	Όγκος νερού που βυθίστηκε το μπρίκετ (L)
1	9.9878	10.2479	2.60	0.075
2	9.9814	10.2112	2.30	0.08
3	9.9408	10.1894	2.50	0.08
Μέσος όρος	9.9700	10.2162	2.44	
40% κέλυφος φιστικιού				
1	10.115	10.4014	2.83	0.075
2	9.982	10.2355	2.54	0.08
3	9.992	10.295	3.03	0.08
Μέσος όρος	10.0297	10.3106	2.80	
50% κέλυφος φιστικιού				
1	10.0443	10.4345	3.88	0.075
2	10.0343	10.5108	4.75	0.08
3	10.0205	10.4468	4.25	0.08
Μέσος όρος	10.0330	10.4640	4.30	

Πίνακας 22: Αποτελέσματα τεστ αντοχής στο νερό για 30 s για μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο και πρόσθετο κέλυφος κολοκυθόσπορου

10g 1% υγρασία 1% άμυλο κέλυφος κολοκυθόσπορου	Μάζα μπρίκετ πριν το τεστ (g)	Μάζα μπρίκετ μετά το τεστ (g)	Ποσοστό νερού που απορροφήθηκε (%)	Όγκος νερού που βυθίστηκε το μπρίκετ (L)
30% κέλυφος κολοκυθόσπορου				
1	10.5804	9.1187	-1.382	0.09
2	10.6386	10.938	2.81	0.09
3	10.6772	10.042	-5.95	0.09
Μέσος όρος	10.6321	10.0329	-5.65	
40% κέλυφος κολοκυθόσπορου				
1	9.8702	11.8397	1.99	0.08
2	9.8828	12.6608	2.81	0.075
3	9.8648	12.4479	2.62	0.075
Μέσος όρος	9.8726	12.3161	2.48	
50% κέλυφος κολοκυθόσπορου				
1	11.0909	13.313	2.00	0.08
2	11.1106	11.496	3.47	0.075
3	10.9909	11.827	7.61	0.075
Μέσος όρος	11.0641	12.2120	1.04	

Πίνακας 23: Ανώτερη θερμογόνος δύναμη μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το νερό

10g υγρασία	Ανώτερη θερμογόνος δύναμη (cal/g)	Μάζα που εισήχθη (g)
1% υγρασία		
1	5,062.10	1.0065
2	4,992.50	0.9917
3	5,046.90	1.0060
Μέσος όρος	5,033.83	
5% υγρασία		
1	4,959.30	0.9859
2	4,948.70	1.0052
3	4,965.80	1.0044
Μέσος όρος	4,957.93	
10% υγρασία		
1	5,027.70	1.0022
2	4,970.30	0.9955
Μέσος όρος	4,999.00	

Πίνακας 24: Ανώτερη θερμογόνος δύναμη μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο

10g υγρασία 1% άμυλο	Ανώτερη θερμογόνος δύναμη (cal/g)	Μάζα που εισήχθη (g)
1% άμυλο		
1	5,059.20	1.0085
2	5,013.20	1.0035
3	5,025.20	0.9956
Μέσος όρος	5,032.53	
5% άμυλο		
1	5,001.50	1.0095
2	4,824.50	1.0079
3	4,877.40	1.0085
Μέσος όρος	4,901.13	
10% άμυλο		
1	4,966.10	1.0030
2	4,952.20	1.0059
3	4,957.10	1.0078
Μέσος όρος	4,958.47	

Πίνακας 25: Ανώτερη θερμογόνος δύναμη μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο και πρόσθετο κέλυφος φιστικιού

10g υγρασία 1% υγρασία κέλυφος φιστικιού	Ανώτερη θερμογόνος δύναμη (cal/g)	Μάζα που εισήχθη (g)
30% κέλυφος φιστικιού		
1	4,875.30	0.9984
2	4,858.90	1.0056
3	4,854.70	0.9973
Μέσος όρος	4,862.97	
40% κέλυφος φιστικιού		
1	4,793.80	1.0060
2	4,801.50	0.9987
3	4,784.20	1.0015
Μέσος όρος	4,793.17	
50% κέλυφος φιστικιού		
1	4,748	1.0029
2	4,759.20	1.0023
3	4,708.30	0.9920
Μέσος όρος	4,738.50	

Πίνακας 26: Ανώτερη θερμογόνος δύναμη μπρίκετ 10 g με συνδετικό υλικό το άμυλο και πρόσθετο κέλυφος κολοκυθόσπορου

10g υγρασία 1% υγρασία κέλυφος κολοκυθόσπορου	Ανώτερη θερμογόνος δύναμη (cal/g)	Μάζα που εισήχθη (g)
30% κέλυφος κολοκυθόσπορου		
1	4,978.30	0.9947
2	4,947.90	0.9975
3	5,032.00	0.9991
Μέσος όρος	4,986.07	
40% κέλυφος κολοκυθόσπορου		
1	4,787.20	0.9920
2	4,750.70	1.0079
3	4,813.50	0.9950
Μέσος όρος	4,783.80	

10g υγρασία 1% υγρασία κέλυφος κολοκυθόσπορου	Ανώτερη θερμογόνος δύναμη (cal/g)	Μάζα που εισήχθη (g)
50% κέλυφος κολοκυθόσπορου		
1	5,057.00	1.0052
2	5,114.10	1.0070
3	5,046.90	1.0051
Μέσος όρος	5,072.67	

Πίνακας 27: Ανώτερη θερμογόνος δύναμη μπρίκετ 5 g με συνδετικό υλικό το νερό και το άμυλο

5g	Ανώτερη θερμογόνος δύναμη (cal/g)	Μάζα που εισήχθη (g)
1% υγρασία		
1	4,979.60	1.0064
2	4,954.10	0.9980
3	4,979.20	0.9930
Μέσος όρος	4,970.97	
5% υγρασία		
1	5,244.40	1.0011
2	5,066.40	1.0051
3	5,059.30	1.0046
Μέσος όρος	5,123.37	
1% άμυλο		
1	5,049.20	0.9987
2	5,050.80	0.9941
3	5,014.10	1.0013
Μέσος όρος	5,038.03	
5% άμυλο		
1	5,002.30	1.0026
2	4,998.50	0.9982
Μέσος όρος	5,000.40	

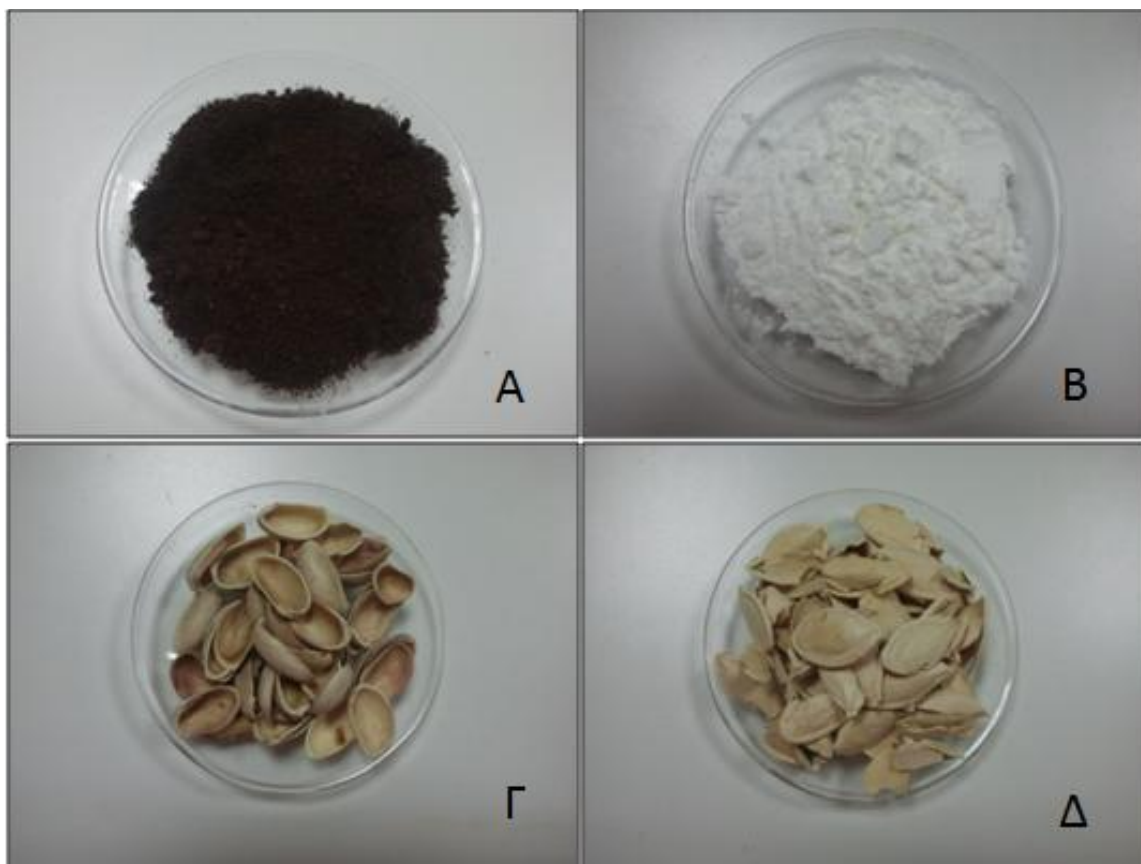
Β. Εικόνες



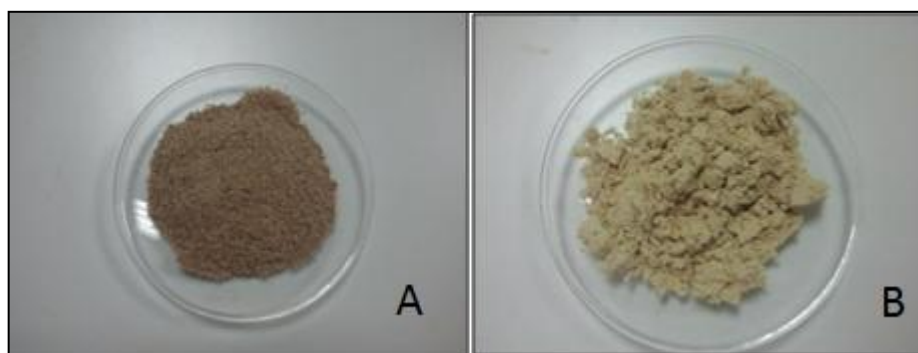
Εικόνα 3: Ζυγός ακριβείας AND HR-200



Εικόνα 4: Μαχαιρόμυλος FRITSCH Pulverisette 19



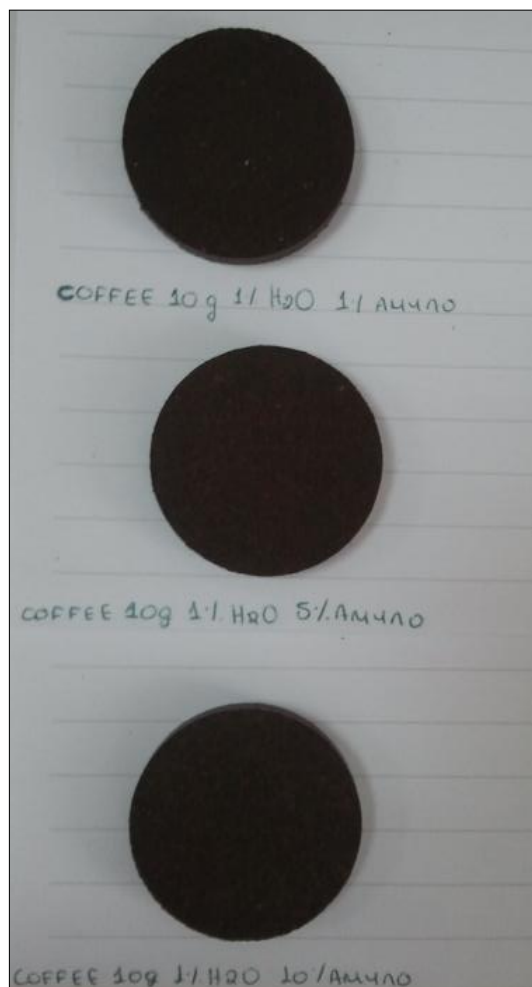
Εικόνα 5: Αρχικά υλικά Α. Απόβλητο από χρησιμοποιημένο καφέ Β. Άμυλο αραβόσιτου Γ. Κέλυφος φιστικιού Δ. Κέλυφος κολοκυθόσπορου



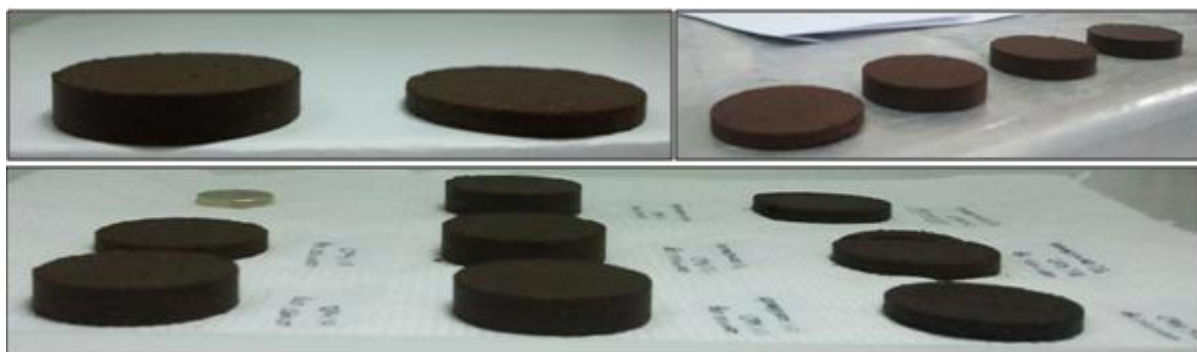
Εικόνα 6: Α. Κονιορτοποιημένο κέλυφος φιστικιού Β. Κονιορτοποιημένο κέλυφος κολοκυθόσπορου



Εικόνα 7: Μπρίκετ 5 και 10 g με νερό και άμυλο



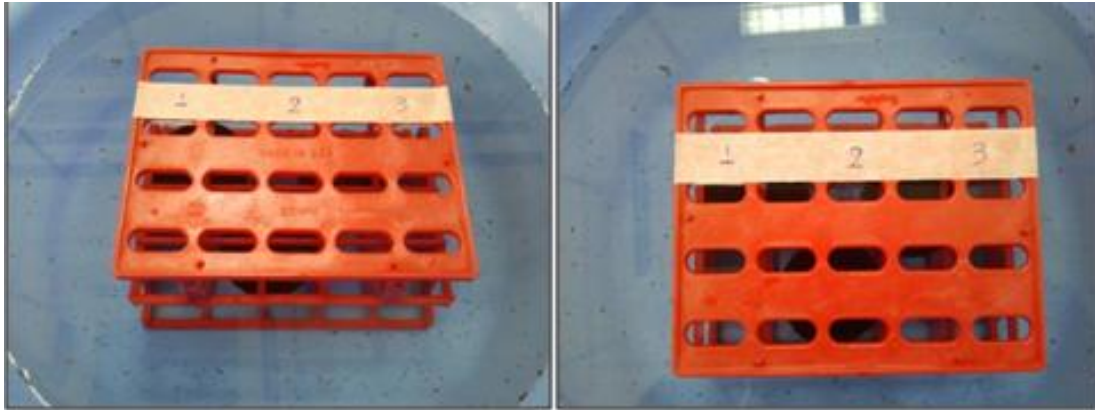
Εικόνα 8: Μπρίκετ με τις τρεις περιεκτικότητες αμύλου



Εικόνα 9: Πλάγια όψη των μπρίκετ των 5 και 10 g



Εικόνα 10: Μπρίκετ με πρόσθετα υλικά Α.Κέλυφος φιστικιού Β. Κέλυφος κολοκυθόσπορου



Εικόνα 11: Τεστ αντοχής στο νερό διάρκειας 30 min



Εικόνα 12: Εισαγωγή υλικών στη μήτρα της πρέσας και η υδραυλική πρέσα λαδιού



Εικόνα 13: Συμπίεση του μπρίκετ, η μήτρα και το έτοιμο μπρίκετ



Εικόνα 14: Στοιχειακός αναλυτής Euro Vector EA 300



Εικόνα 15: Αναλυτής καυσαερίων DELTA 2000 CD² -IV



Εικόνα 16: Θερμιδομετρίτης AC-350 (LECO)



Εικόνα 17: Σύντηξη τέφρας σε γυαλί m4 GasFusion (Claiss)