

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



«ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕ ΤΗ
ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΥΡΩΣΗ»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΣΠΑΘΑΡΑΣ ΣΤΕΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΒΟΛΟΣ 2018

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



«ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕ ΤΗ
ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΥΡΩΣΗ»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΣΠΑΘΑΡΑΣ ΣΤΕΡΓΙΟΣ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

ΔΗΜΗΡΚΟΥ ΑΝΘΟΥΛΑ

ΔΡ. ΓΚΟΛΙΑ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

ΒΟΛΟΣ 2018

Περιεχόμενα

Περίληψη	4
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	5
1.1 Η φύση της οργανικής ουσίας	5
1.2 Τρόποι προσδιορισμού.....	9
1.2.1. Υπολογισμός Οργανική Ουσίας Με Τη Μέθοδο Της Υγρής Οξειδωσης.....	9
1.2.2. Υπολογισμός Οργανικής Ουσίας Με Τη Μέθοδο Απώλειας Στην Πύρωση.....	9
1.3. Σκοπός της Εργασίας.....	10
Κεφάλαιο 2: Υλικά και Μέθοδοι	11
2.1 Πειραματικός σχεδιασμός.....	11
2.2 Μέθοδοι ανάλυσης.....	11
2.2.1 Υπολογισμός pH	11
2.2.2 Υπολογισμός Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας.....	11
2.2.3 Υπολογισμός Ανθρακικού Ασβεστίου.....	11
2.2.4 Μέτρηση Κοκκομετρικής Σύστασης	12
2.2.5 Υπολογισμός Οργανικής Ουσίας:.....	12
Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα και Συζήτηση	14
Συμπεράσματα	26
Βιβλιογραφία	27

Περίληψη

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι να υπολογίσει τον οργανικό άνθρακα του εδάφους με την μέθοδο της απώλειας στην πύρωση (LOI) και να συγκρίνει της αποτελεσματικότητα της μεθόδου σε σχέση με τον οργανικό άνθρακα που υπολογίστηκε με την μέθοδο της υγρής οξείδωσης (W-B). Η σύγκριση έγινε σε 110 δείγματα, από την περιοχή της Κομοτηνής. Για την εξαγωγή αποτελεσμάτων έγινε συσχέτιση μεταξύ των δύο μεθόδων με γραμμική regression. Τα αποτελέσματα μετά την σύγκριση των δύο μεθόδων έδειξε μεγάλο ποσοστό υπερεκτίμησης ($a=29\%$) της LOI σε σχέση με τα αποτελέσματα για τον οργανικό άνθρακα (OC) με την μέθοδο W-B και συντελεστή προσδιορισμού μέτριας συμφωνίας ($R^2=0.554$). Γνωρίζοντας ότι υπάρχουν δύο παράγοντες, η άργιλος και το ανθρακικό ασβέστιο, που επηρεάζουν την ποσότητα του OC_{LOI} προχωρήσαμε σε διόρθωση των τιμών της LOI. Κάνοντας της διόρθωση και για τους δύο παράγοντες είδαμε ότι μειώνεται η υπερεκτίμηση του OC_{LOI} σε μεγάλο βαθμό ($a=0.07\%$) αλλά και περεταίρω μείωση του συντελεστή προσδιορισμού ($R^2=0.360$). Παρά την μέτρια συμφωνία που πήραμε από την συσχέτιση των δύο μεθόδων είδαμε ότι συσχετίζονται στατιστικά και μάλιστα ισχυρά ($p<0.001$). Έπειτα από τα παραπάνω αποτελέσματα, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος της LOI δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις ακριβείας. Ακόμη αργιλώδη εδάφη και εδάφη με ανθρακικό ασβέστιο κάνουν την μέθοδο ανακριβή στα αποτελέσματα. Η παρούσα εργασία συνιστά την χρήση της μεθόδου για αναλύσεις ρουτίνας και σε οργανικά υλικά τον οποίον τα ποσοστά της οργανικής ουσίας είναι σε υψηλά επίπεδα.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Η φύση της οργανικής ουσίας

Η οργανική ουσία είναι υπεύθυνη για την χημική και φυσική κατάσταση του εδάφους. Ο λόγος είναι ότι συγκρατεί υγρασία και βοηθάει στην ανάπτυξη των καλλιεργούμενων φυτών καθώς τροφοδοτεί τα φυτά με θρεπτικά στοιχεία (*Bhattacharyya, et al., 2015*). Η πρώτη ύλη από την οποία προέρχεται η οργανική ουσία είναι από την αποσύνθεση φυτικών υπολειμμάτων (ρίζες, κλαδιά, φύλλα, καρποί, κορμοί), ζωικών υπολειμμάτων (κοπριά ζώων), που παράγονται πάνω από το έδαφος και σε μικρότερο ποσοστό από την «βιομάζα» των μικροοργανισμών του εδάφους (*Μήτσιος, 2001; Gleixner, 2013*). Η ποσότητα των φυτικών υπολειμμάτων που επιστρέφουν στο έδαφος εξαρτάται από το φυτικό είδος, την καλλιέργεια και τις εδαφοκλιματικές συνθήκες. Παραδείγματος χάριν οι ετήσιες καλλιέργειες επιστρέφουν μεγαλύτερη ποσότητα εδαφικών υπολειμμάτων σε σχέση με πολυετείς καλλιέργειες των οποίων το ριζικό σύστημα έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Τα υπολείμματα αυτά κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας διασπώνται με την βοήθεια μικροοργανισμών, έτσι δημιουργείται η οργανική ουσία η οποία έχει βαθύ φαιό χρώμα, και είναι γνωστό και ως χούμος(humus). Ο χούμος έχει χαρακτηριστεί ως πιο σταθερός σε σχέση με την οργανική ουσία της οποίας η μεταβλητή χημική σύσταση περιπλέκει την εκτίμηση της (*Μήτσιος, 2001*). Ο χούμος έχει σκούρο χρώμα και σε αυτόν σχηματίζονται τα περισσότερα από τα οργανικά υλικά (*Bhattacharyya, et al., 2015*). Τα ζώα του εδάφους καταναλώνουν αυτά τα υπολείμματα τεμαχίζοντας τα και αναμιγνύοντας τα στο πεπτικό τους σύστημα μέσω του πεπτικού σωλήνα με την βοήθεια ενζύμων, αναμιγνύοντας αυτά τα συστατικά σε κατώτερα στρώματα του εδάφους και ενσωματώνοντας τα. Ακόμα δημιουργούν διάνοιξη στοών και διάσπαση μεγάλων συσσωματωμάτων χαλαρώνοντας έτσι την συνοχή του εδάφους. Ως αποτέλεσμα αυτού είναι η βελτίωση της δομής και του αερισμού του εδάφους. Η κατανάλωση των υπολειμμάτων από τα ζώα αποτελεί την βασική πηγή δημιουργίας της οργανικής ουσίας του εδάφους. Οι ζώντες οργανισμοί του εδάφους οι φυσικές και οι χημικές ιδιότητές του και η σύσταση των οργανικών υπολειμμάτων επηρεάζουν τον ρυθμό, την έκταση και τις ιδιότητες του. Η χημική σύσταση του χούμου ποικίλλει και εξαρτάται από την σύσταση, το είδος των υπολειμμάτων, τους οργανισμούς που ζουν στο έδαφος και από τις κλιματικές και εδαφικές συνθήκες. Ο χούμος είναι δηλαδή το μέρος της οργανικής ουσίας που είναι άμορφο και η κυτταρική του δομή δεν είναι χαρακτηριστική των προϊόντων από τα οποία παράγεται (*Μήτσιος,*

2001). Ανάλογα με το είδος των υπολειμμάτων: φυτά, ρίζες, ζώα κ.α. η αναλογία μάζας δομικών και μη δομικών στοιχείων ποικίλουν σημαντικά, δίνοντας έτσι διαφορετικά ποσοστά αποσύνθεσης (Kögel-Knabner, 2002). Έτσι και η συμβολή τους ποικίλλει στην δημιουργία της οργανικής ουσίας (Almeida, 2018). Όλα τα παραπάνω υπολείμματα που βρίσκονται στο στάδιο της αποσύνθεσης αποτελούν την πηγή ενέργειας και θερμότητας για τα φυτά και αποτελούν το θρεπτικό χούμο. Όταν θα δημιουργηθούν τα τελικά προϊόντα της αποσύνθεσης που αποτελούν τον σταθερό χούμο απελευθερώνουν σιγά-σιγά ανόργανα θρεπτικά συστατικά τα οποία καταναλώνονται από τα φυτά. Ο χούμος σε αυτή τη μορφή έχει τον ρόλο της διαμόρφωσης του εδάφους, προσκολλάτε πάνω στον άργιλο του εδάφους και έτσι χαρακτηρίζει και την δομή του εδάφους δημιουργώντας ένα άργιλο-χουμικό σύμπλοκο από το οποίο εξαρτάται η απορροφητική του δύναμη η ικανότητα ανταλλαγής ιόντων και άλλες φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους (Μήτσιος, 2001).

Για την μελέτη των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του χούμου απαιτείται ο διαχωρισμός του ο οποίος οδηγεί στην κλασμάτωση της οργανικής ουσίας. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται είναι με χρήση αραιών διαλυμάτων αλκάλειως π.χ. NaOH και Na₂CO₃ ή ουσίες όπως πυροφωσφορικό νάτριο, φθοριούχο νάτριο, Na-EDTA κ.α. . Τα κλάσματα του χούμου που προκύπτουν από την παραπάνω κλασμάτωση είναι τα χουμικά οξέα, τα φουλβικά οξέα και η χουμίνη. Τα χουμικά οξέα έχουν αρωματικές ενώσεις ενώ τα φουλβικά οξέα έχουν περιφερειακές, αλειφατικού χαρακτήρα αλυσίδες.

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του χούμου εκδηλώνονται με διάφορους τρόπους και εξαρτώνται από την έκταση του πολυμερισμού και της συμπύκνωσης του αρωματικού χαρακτήρα των πυρήνων που συμμετέχουν στο μόριο του. Ο χούμος έχει σκούρο χρώμα, είναι άμορφο, κολλοειδές υλικό του οποίου οι διαστάσεις ποικίλουν μεταξύ τους, και το μοριακό του βάρος κυμαίνεται από 5.000 έως 100.000. Οι ενεργές ομάδες που περιέχονται πάντα είναι οι καρβοξυλικές, οι υδροξυλικές και οι αμινικές. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το άζωτο που εμπεριέχεται στις χουμικές ενώσεις. Η συνολική ποσότητα του αζώτου είναι από 1 έως 5 %. Το 50% του ολικού αζώτου που εμπεριέχεται στις χουμικές ενώσεις απελευθερώνεται με υδρόλυση με την χρήση 6N HCl. Από αυτό 20-40% εμφανίζεται με την μορφή της α-αμινικής ομάδας, το 10-15% με την αμωνιακή και 1-5% με την μορφή αμινοσακχαρίτων. Το υπόλοιπο 50% του αζώτου που εμπεριέχεται στις χουμικές ενώσεις είναι ενωμένο ετεροκυκλικά, δηλαδή το 25%

αυτού ελευθερώνεται με την μορφή α-αμινικής ομάδας αφού υποστεί κατεργασία με αλκάλι. Τα καρβοξυλικά και τα φαινολικά υδρογόνα των χουμικών ενώσεων δίστανται και δημιουργούν αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο, όσο η τιμή του pH μεγαλώνει τόσο αυξάνεται και το ηλεκτρικό φορτίο. Έτσι η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων οφείλεται στην διάσπαση ιόντων H^+ των καρβοξυλικών ομάδων, κυρίως σε ουδέτερο και αλκαλικό pH. Η ευκολία διαμερισμού των χουμικών μορίων στο νερό εξαρτάται από το μέγεθος των μορίων του, όσο μεγαλύτερο είναι το μόριο τόσο μειώνεται η αναλογία υδρόφυλων ομάδων που βρίσκονται στην εξωτερική επιφάνεια του μορίου. Οι υδρόφυλες ομάδες είναι αλυσίδες που εμπεριέχουν καρβουξυλικά και αλειφατικά υδροξύλια, και η απορρόφηση του νερού εξαρτάται από τον αριθμό των υδρόφυλων ομάδων. Ενώ αντίθετα η θρόμβωση των κολλοειδών διαλυμάτων του χούμου αυξάνει με το μέγεθος του μακρομορίου. Τα χουμικά μακρομόρια που δεν προέρχονται από πολυμερισμό-συμπύκνωση μεγάλου βαθμού, άρα δεν έχουν και μεγάλο μοριακό βάρος, έχουν την ικανότητα να σχηματίζουν χημικές ενώσεις με κατιόντα και κυρίως Al αλλά και με Fe, Cu, Zn κ.α (Μήτσιος, 2001).

Η αποσύνθεση του χούμου στο έδαφος συμβαίνει με βραδείς ρυθμούς. Αντίθετα αν η διάσπαση της οργανικής ουσίας γινόταν με γρήγορους ρυθμούς τότε στην επιφάνεια του εδάφους σε πολλά σημεία θα δημιουργούνταν ένας οργανικός μανδύας. Η διάσπαση όμως του χούμου γίνεται με βραδύ ρυθμό και αυτό μπορεί να εξηγηθεί από την πολύπλοκη διαδικασία λόγω της δομής του μορίου. Ο συνδυασμός με την άργιλο δεσμεύει και συνεπώς καθιστά την προσβολή ορισμένων χημικών ομάδων στην εξωτερική επιφάνεια του μορίου αδύνατη. Ο ρόλος του χούμου δεν αναφέρεται μόνο στην θρέψη των φυτών και στην γονιμότητα του εδάφους με την διάσπαση του μορίου με την ελευθέρωση των απαραίτητων θρεπτικών για την κανονική ανάπτυξη των φυτών (Μήτσιος, 2001).

Στα περισσότερα εδάφη στο επιφανειακό στρώμα στο οποίο βρίσκεται και ο χούμος εμπεριέχεται το 98% του ολικού αζώτου, το 80% του ολικού θείου, και το 60% του ολικού φωσφόρου τα οποία δεν είναι απευθείας διαθέσιμα στα φυτά. Η διάθεση τους συμβαίνει μετά την διάσπαση από τους μικροοργανισμούς των οργανικών ενώσεων και την ελευθέρωση των στοιχείων σε άλλη μορφή. Εκτός από τα παραπάνω στοιχεία, μετά την διάσπαση του χούμου απελευθερώνονται και άλλα μεταλλικά κατιόντα όπως Ca^{2+} , το Mg^{2+} , το K^+ κ.α. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την περιεκτικότητα

ενός εδάφους σε οργανική ουσία είναι οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας. Η οργανική ουσία μπορεί να κυμαίνεται πολύ από περιοχή σε περιοχή ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν σε αυτή. Ένας παράγοντας που επιδρά σημαντικά στην περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία είναι το κλίμα. Όσο πιο υγρό και ψυχρό είναι το κλίμα τόσο η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία είναι αυξημένη. Αυτό συμβαίνει διότι στην περιοχή η υγρασία είναι αυξημένη και το φυτό έχει την δυνατότητα να αυξήσει την φυτική του μάζα με αποτέλεσμα μετά τον "θάνατο" του να επιστρέψει στο έδαφος και να αποικοδομηθεί από τους οργανισμούς του εδάφους. Η διαδικασία της αποσύνθεσης σε αυτές τις περιοχές γίνεται με μικρότερους ρυθμούς σε αντίθεση με τις περιοχές όπου η θερμοκρασία είναι αυξημένη και η αραιή οξειδωτική πορεία την οργανικής ουσίας γίνεται με μεγαλύτερους ρυθμούς. Στα εδάφη της Βόρειας και Δυτικής Ευρώπης τα ποσοστά οργανικής ουσίας είναι 3-4% σε αντίθεση με περιοχές της μεσογείου που συνήθως είναι κάτω από 2%. Η μηχανική κατεργασία των εδαφών λόγω των καλλιεργητικών πρακτικών μιας εντατικής καλλιέργειας αυξάνει την οξείδωση της οργανικής ουσίας με αποτέλεσμα την μείωσή της (Μήτσιος, 2001). Όσο αυξάνεται το βάθος στο έδαφος τόσο παρατηρείτε και μείωση της οργανικής ουσίας. (Russell, 1973).

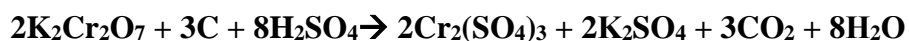
Τα εδάφη ελαφριάς σύστασης, περιέχουν μικρά ποσοστά οργανικής ουσίας, διότι είναι εδάφη στα οποία η στράγγιση του νερού γίνεται εύκολα απορρέοντας σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα, επομένως η υγρασία του εδάφους είναι μειωμένη. Επίσης, ο καλός αερισμός του εδάφους, συντελεί στην δημιουργία μη ευνοϊκών συνθηκών για την ύπαρξη οργανισμών που διασπών και επεξεργάζονται τα υπολείμματα φυτικών και ζωικών οργανισμών. Όξινες αντιδράσεις έχουν την τάση να διατηρούν τα ποσοστά οργανικής ουσίας, καθώς μειώνουν την δραστηριότητα μικροοργανισμών οι οποίοι την διασπών (Μήτσιος, 2001)

1.2 Τρόποι προσδιορισμού

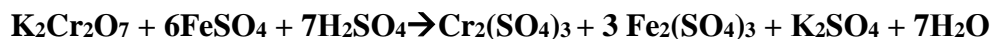
Ο προσδιορισμός της οργανικής ουσίας γίνεται συνήθως έμμεσα. Έτσι μια μέθοδος βασίζεται στην μέτρηση του οργανικού άνθρακα με την καύση της οργανικής ουσίας και μέτρηση του CO₂ που απελευθερώνεται. Μια άλλη κατηγορία βασίζεται στη μέθοδο με χρήση ενός οξειδωτικού μέσου, μετρώντας το οξειδωτικό μέσο που καταναλώθηκε και τέλος μια απλή μέθοδος, είναι η μέτρηση της απώλειας του βάρους ενός εδάφους μετά από θερμοκρασία περίπου 400°C για περίπου 24 ώρες ή αλλιώς απώλεια στην πύρωση (LOI) (Μήτσιος, 2001). Η μέθοδος που έχει επικρατήσει στα εδαφολογικά εργαστήρια είναι η μέθοδος «WALKLEY – BLACK» ή αλλιώς και μέθοδος υγρής οξείδωσης που βασίζεται στην οξείδωση της οργανικής ουσίας του εδάφους με διχρωμικό κάλιο (K₂Cr₂O₇) κανονικότητας 1N.

1.2.1. Υπολογισμός Οργανική Ουσίας Με Τη Μέθοδο Της Υγρής Οξείδωσης

Η μέθοδος «WALKLEY – BLACK» βασίζεται πάνω σε δύο αντιδραστήρια. Το ένα είναι διάλυμα 0,166 M K₂Cr₂O₇ διχρωμικού καλίου το οποίο αντιδρά με τον άνθρακα και το δεύτερο είναι το διάλυμα 0,5 M FeSO₄ 7H₂O θεικού σιδήρου. Στη μέθοδο η οξείδωση του C⁰ του οργανικού άνθρακα σε C^{IV}O₂ γίνεται με την βοήθεια του διχρωμικού καλίου (K₂Cr₂O₇) που αποτελεί την αντίδραση οξείδωσης. Το Cr^{VI} που εμπεριέχεται στο διχρωμικό κάλιο ταυτόχρονα ανάγεται σε Cr^{III} που αποτελεί την αντίδραση αναγωγής. Έτσι έχουμε την αντίδραση οξειδοαναγωγής του οργανικού άνθρακα με το διχρωμικό κάλιο:



Από την πρώτη διαδικασία αντίδρασης του οργανικού άνθρακα με το διχρωμικό κάλιο περισσεύει μια ποσότητα, αυτή η ποσότητα αντιδράει με το θειικό σίδηρο (Fe^{II}SO₄). Η αντίδραση αυτή της οξείδωσης μας δίνει Fe^{II} σε Fe^{III} και η ταυτόχρονη αντίδραση του Cr^{VI} του διχρωμικού καλίου σε Cr^{III} μας δίνει την αντίδραση οξειδοαναγωγής του θεικού σιδήρου με το διχρωμικό κάλιο:

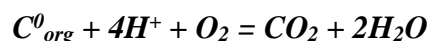


1.2.2. Υπολογισμός Οργανικής Ουσίας Με Τη Μέθοδο Απώλειας Στην Πύρωση

Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η ταχύτητα και ο βαθμός ευκολίας για την εκτίμηση των ιδιοτήτων των ιζημάτων (π.χ. ποσότητα νερού, οργανικής ουσίας και ανόργανου άνθρακα)

(Maher, 1998) σε σχέση με την πλέον διαδεδομένη μέθοδο «WALKLEY – BLACK» που χρησιμοποιείται στα εδαφολογικά εργαστήρια. Σε αντίθεση με την μέθοδο «WALKEY – BLACK» δεν χρησιμοποιούνται πολύπλοκα αντιδραστήρια, τα οποία θα πρέπει να χειρίζονται εξειδικευμένο προσωπικό, παρά μόνο πυριαντήριο για ξηρή καύση. Η μέθοδος όμως συναντά και ένα περιορισμό και αυτός ο περιορισμός έχει να κάνει με την λανθασμένη μέτρηση οργανικής ουσίας σε εδάφη τα οποία είναι ασβεστούχα - αργιλώδη. Σε αυτή την περίπτωση η μέτρηση της οργανικής ουσίας υπερεκτιμάται και μας δίνει λάθος αποτελέσματα αυξάνοντας κατά πολύ το σφάλμα της μέτρησης.

Η οργανική ουσία έχει την ιδιότητα να καίγεται σε θερμοκρασία μικρότερη από αυτή του ανόργανου εδάφους το οποίο αποτελείται από ανόργανα υλικά και το οποίο αρχίζει να καίγεται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 2000°C. Η οργανική ουσία καίγεται σε θερμοκρασία 300-500°C. Εκμεταλλευόμενη την ιδιότητα αυτή καίμε το έδαφος σε θερμοκρασία 300-500°C έτσι ώστε η διαφορά βάρους που θα πάρουμε να μην αφορά κανένα άλλο συστατικό του εδάφους παρά μόνο το οργανικό κομμάτι. Καίμε με ξηρή καύση και μετράμε το βάρος πριν και μετά την καύση κάνοντας την διόρθωση που αφορά την υγρασία του εδάφους. Η υγρασία του εδάφους αφαιρείται από το έδαφος με καύση περίπου στους 100°C. Η αντίδραση οξειδοαναγωγής από την καύση είναι:



1.3. Σκοπός της Εργασίας

Στο πείραμα που διεξήγαμε θα συγκρίνουμε τη μέθοδο της «Απώλειας στην πύρωση» και την μέθοδο της «Υγρής οξείδωσης» για να δούμε αν και κατά πόσο είναι εφικτή η χρήση της απλής μεθόδου με θέρμανση του εδάφους σε υψηλή θερμοκρασία. Παρακάτω θα αναλύσουμε τις δύο αυτές μεθόδους εκτενέστερα.

Κεφάλαιο 2: Υλικά και Μέθοδοι

2.1 Πειραματικός σχεδιασμός

Πραγματοποιήθηκε πείραμα σε 110 δείγματα εδάφους, από την περιοχή της Κομοτηνής που δόθηκαν στην παροχή υπηρεσιών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Στα δείγματα εδάφους έγιναν αναλύσεις και μετρήθηκαν για κάθε ένα από αυτά τα κάτωθι: το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα EC, το ανθρακικό ασβέστιο CaCO_3 , η κοκκομετρική σύσταση των εδαφών και έγινε ο υπολογισμός της οργανικής ουσίας με την μέθοδο της υγρής οξείδωσης και ο υπολογισμός της οργανικής ουσίας με την μέθοδο της απώλειας στην πύρωση.

2.2 Μέθοδοι ανάλυσης

2.2.1 Υπολογισμός pH

Για τον υπολογισμό του pH στα δείγματα χρησιμοποιήσαμε 10 γραμμάρια εδάφους από το κάθε δείγμα. Τοποθετήσαμε το έδαφος σε μπουκαλάκια Falcon των 50mL και προσθέσαμε 25mL απιονισμένου νερού. Τα δείγματα ανακινήθηκαν για 10 λεπτά και στην συνέχεια τα αφήσαμε να ηρεμήσουν για τουλάχιστον μισή ώρα. Η μέτρηση του pH έγινε με ηλεκτρικό πεχάμετρο το οποίο ρυθμίζουμε με διαλύματα buffer με τιμές pH 7 και pH 4. Κάθε 20 δείγματα κάναμε έλεγχο του ηλεκτροδίου με διάλυμα buffer τιμής pH 7.

2.2.2 Υπολογισμός Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας

Ο υπολογισμός της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των εδαφών έγινε με την μέθοδο του εκχυλίσματος κορεσμού η οποία είναι και η πιο αντιπροσωπευτικότερη για την εκτίμηση της αλατότητας των εδαφών. Για την μέτρηση χρησιμοποιήσαμε 10 γραμμάρια από κάθε δείγμα τα οποία τοποθετήσαμε σε μπουκαλάκια τύπου falcon των 50mL, στην συνέχεια τοποθετήσαμε και 50ml απιονισμένου νερού και ανακινήσαμε για 20 λεπτά. Τέλος έγινε η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) με ηλεκτρικό αγωγιμόμετρο.

2.2.3 Υπολογισμός Ανθρακικού Ασβεστίου

Για την μέτρηση του ανθρακικού ασβεστίου χρησιμοποιήθηκε το ασβεστόμετρο Bernard. Σε κωνική φιάλη των 250ml τοποθετήσαμε 1 έως 10 γραμμάρια εδάφους από το κάθε δείγμα. Η επιλογή της ποσότητας του εδάφους που θα χρησιμοποιηθεί για κάθε δείγμα εξαρτάται από την

ποσότητα CO₂ που θα εκλυθεί. Οπότε κάνουμε δοκιμή σε κάθε δείγμα ρίχνοντας λίγο οξύ και παρατηρούμε «με το μάτι» πόσο θα αφρίσει. Αν το δείγμα αφρίσει πολύ τότε θα χρησιμοποιήσουμε 10 γραμμάρια εδάφους, αν το δείγμα αφρίσει μέτρια θα χρησιμοποιήσουμε 5 γραμμάρια εδάφους και αν το δείγμα αφρίσει λίγο θα χρησιμοποιήσουμε 1 έως 2 γραμμάρια εδάφους. Στην συνέχεια, τοποθετούμε το αραιό οξύ σε κυψελίδα με προσοχή να μην έρθει σε επαφή με το έδαφος, βάζουμε το πώμα στην κωνική φιάλη και αναδεύουμε παρατηρώντας την υδατική στήλη να συμπιέζεται. Τέλος, σημειώνουμε την διαφορά στην υδατική στήλη πριν και μετά την ανάδευση, παρατηρώντας τον μηνίσκο πόσο έχει μετακινηθεί.

2.2.4 Μέτρηση Κοκκομετρικής Σύστασης

Για την μέτρηση της κοκκομετρικής σύστασης, ζυγίσαμε 50 γραμμάρια εδάφους και τοποθετήσαμε σε ποτήρια ζέσεως 250ml. Στην συνέχεια προσθέτουμε 50mL διασπορικού διαλύματος (50 γραμμάρια εξαμεταφωσφορικό νάτριο (NaPO₃)₆) και 7 γραμμάρια ανθρακικό νάτριο (Na₂CO₃) σε ένα λίτρο νερού. Τα δείγματα τα αφήνουμε 16 ώρες και στη συνέχεια τα τοποθετούμε σε μίξερ όπου και αναδεύονται για 10 λεπτά. Έπειτα, τοποθετούμε τα δείγματα σε ογκομετρικούς κυλίνδρους 1L και πληρώνουμε με νερό μέχρι την χαραγή. Στη συνέχεια, αναδεύουμε τα δείγματα με ειδική ράβδο και καταγράφουμε τη μέτρηση με το πυκνόμετρο Βουγιούκου, μετά από 40 δευτερόλεπτα όπου η άμμος έχει καθιζάνει, ενώ μετράμε και την θερμοκρασία. Μετά από δύο ώρες, ξαναμετράμε με το πυκνόμετρο Βουγιούκου, όπου η ιλύς έχει καθιζάνει και ξαναμετράμε την θερμοκρασία. Άρα, η πρώτη μέτρηση που πήραμε είναι η πυκνότητα της ιλύος και της αργίλου και η δεύτερη μέτρηση μας έδωσε την ποσότητα της αργίλου. Η μέτρηση της θερμοκρασίας έγινε για τη διόρθωση των τιμών που μετρήσαμε, καθώς το ιξώδες του αιωρήματος και η καθίζηση των εδαφικών κλασμάτων εξαρτάται από την θερμοκρασία. Στη συνέχεια, με τη χρήση του τριγώνου κοκκομετρικής σύστασης έγινε η εύρεση του τύπου του κάθε εδάφους.

2.2.5 Υπολογισμός Οργανικής Ουσίας:

Μέθοδος Υγρής Οξειδωσης

Για τον υπολογισμό της οργανικής ουσίας με την μέθοδο της υγρής οξειδωσης, ζυγίζουμε 0,5 γραμμάρια εδάφους σε ποτήρι ζέσεως 50mL. Προσθέτουμε 10mL 0,166 M K₂Cr₂O₇ και 10 mL πυκνό H₂SO₄. Αφήνουμε για 30 λεπτά, ώστε να γίνει η οξειδωση της οργανικής ουσίας του εδάφους. Κατόπιν, διηθούμε το αιώρημα μέσα από γρήγορο διηθητικό

χαρτί, σε κωνική φιάλη των 500mL με τη βοήθεια 200mL νερού. Όταν ολοκληρωθεί η διήθηση, προσθέτουμε 10mL πυκνού H_3PO_4 στο διαυγές διήθημα. Λίγο πριν την ογκομέτρηση, προσθέτουμε 5 σταγόνες δείκτη διφαινυλαμίνης στην κωνική φιάλη. Κατόπιν, ογκομετρούμε το διχρωμικό κάλιο που περίσσεψε από την οξείδωση της οργανικής ουσίας με διάλυμα 0,5 M $FeSO_4$ που περιέχεται στην προχοΐδα. Το αρχικό χρώμα είναι σκούρο καφέ. Λίγο πριν το τέλος της ογκομέτρησης, γίνεται έντονο βαθύ μπλε και μερικές σταγόνες μετά γίνεται πράσινο, το οποίο είναι και το τελικό χρώμα. Όλη η διαδικασία πρέπει να γίνει και σε ένα «λευκό» δείγμα, δηλαδή σε ένα δείγμα που περιέχει όλα τα άλλα εκτός από έδαφος. Ο λόγος είναι ότι στο διάλυμα του θειικού σιδήρου ο Fe^{II} οξειδώνεται βαθμιαία σε Fe^{III} με την επαφή του διαλύματος με τον αέρα, και άρα έτσι «μειώνεται» η συγκέντρωσή του. Άρα, την συγκέντρωσή του, θα πρέπει σε κάθε παρτίδα δειγμάτων ανάλυσης της οργανικής ουσίας, να την ελέγχουμε κάνοντας αυτήν την τιτλοδότηση με το «λευκό» δείγμα.

Για τον υπολογισμό των αποτελεσμάτων θα πρέπει να έχουμε α) τα mL που χρειάστηκαν για την ογκομέτρηση του άγνωστου δείγματος β) τα mL που χρειάστηκαν για την ογκομέτρηση του «λευκού» δείγματος και γ) τα γραμμάρια του εδάφους που ζυγίσαμε στην αρχή. Ο τελικός τύπος υπολογισμού του οργανικού άνθρακα (OC) είναι ο εξής: $OC \% = 0,195 \frac{B-A}{r}$, και η οργανική ουσία: $OM = \frac{OC}{0.58}$

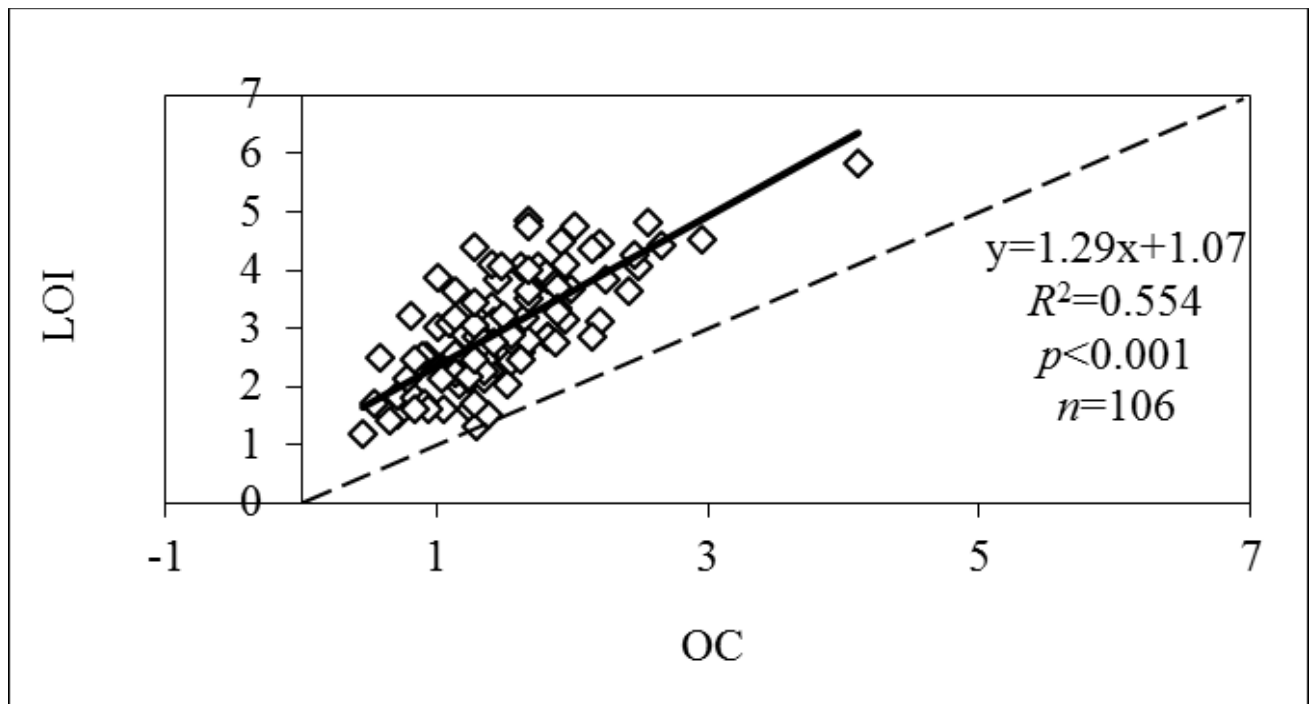
Μέθοδος Απώλεια Στην Πύρωση (LOI)

Για τον υπολογισμό της οργανικής ουσίας με τη μέθοδο απώλεια στην πύρωση (Rowel, 1994), ζυγίσαμε 10 γραμμάρια εδάφους (βάρος A) τα οποία τα τοποθετήσαμε σε κάμψες. Έπειτα τοποθετήσαμε τα δείγματα ανά 20 σε πυριαντήριο, στους $105^{\circ}C$ για 24 ώρες και στη συνέχεια τα ξαναζυγίσαμε (βάρος B), αφού τα αφήσαμε για λίγα λεπτά να επιστρέψουν στη θερμοκρασία του χώρου, για να μετρήσουμε την υγρασία που έχει χαθεί από τα δείγματα. Στη συνέχεια, τοποθετήσαμε τα δείγματα σε πυριαντήριο με θερμοκρασία $400^{\circ}C$ για 24 ώρες. Τέλος, τοποθετήσαμε τα δείγματα σε ξηραντήρα μέχρι να κρυώσουν και στη συνέχεια ζυγίσαμε τα δείγματα (Βάρος C), για να μετρήσουμε την ποσότητα της οργανικής ουσίας που χάθηκε με την ξηρή καύση. Η τιμή της LOI προσδιορίστηκε με βάση την παρακάτω εξίσωση:

$$WLOI(\%) = \frac{B - C}{B - A} \times 100$$

Κεφάλαιο 3: Αποτελέσματα και Συζήτηση

Μετά την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, προκύπτουν τα παρακάτω σχήματα, από τα οποία θα συγκρίνουμε την συσχέτιση των δύο μεθόδων. Οι παράγοντες τους οποίους πρέπει να λάβουμε υπόψη και να μελετήσουμε, είναι η ευθεία $y=ax+b$, τα R^2 , p και n . Για να θεωρηθεί η συσχέτιση επιτυχής και άρα οι μέθοδοι υπολογισμού της οργανικής ουσίας να έχουν συσχέτιση μεταξύ τους, θα πρέπει να ισχύουν τα εξής: οι τιμές της ευθείας, δηλαδή η κλίση της ευθείας να ισούται με ένα ($a=1$) και η τιμή b να ισούται με μηδέν ($b=0$). Αν $a=1$ και $b=0$ τότε η εξίσωση ευθείας θα είναι $y=x$ που σημαίνει ότι οι τιμές των δύο μεθόδων θα συμπίπτουν και άρα θα έχουμε πλήρη συσχέτιση. Ο συντελεστής προσδιορισμού R^2 μας δείχνει πόσο κοντινές ή πόσο απομακρυσμένες είναι οι τιμές μεταξύ τους. Η επιθυμητή τιμή για το R^2 , είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην μονάδα ($R^2=1$). Ο συντελεστής n περιγράφει τον αριθμό των δειγμάτων, όσο μεγαλύτερος ο αριθμός των δειγμάτων, τόσο λιγότερες οι πιθανότητες να παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους. Τέλος, ο πιο σημαντικός παράγοντας, που μας δείχνει κατά πόσο η σύγκριση μας είναι στατιστικά σημαντική, είναι ο παράγοντας p . Για να θεωρήσουμε ότι η σύγκρισή είναι στατιστικά σημαντική, θα πρέπει $p<0.05$. Με βάση αυτή την μαθηματική εξήγηση των αποτελεσμάτων του πειράματος, θα εξετάσουμε κατά πόσο τα δεδομένα που πήραμε με την μέθοδο απώλειας στην πύρωση, συσχετίζονται με τις τιμές που έχουμε από την μέθοδο της υγρής οξειδωσης.



Σχήμα1: Συσχέτιση της απώλειας στην πύρωση (LOI) με τον οργανικό άνθρακα (OC) του εδάφους

Στο σχήμα 1 παρατηρούμε ότι $a=1,29$, $b=1,07$, $R^2=0.554$, $p<0,001$ και ο αριθμός των δειγμάτων μας είναι 106. Εφόσον το p είναι μικρότερο του 0,05 βλέπουμε ότι η συσχέτιση είναι ισχυρά σημαντική παρά το γεγονός ότι το R^2 είναι μικρότερο του ένα ($R^2=0.554$) και οι τιμές a και b είναι αρκετά μακριά από τις τιμές-στόχους. Έχοντας τιμή $a=1,29$, σημαίνει ότι στην απώλεια στην πύρωση, σταθερά υπερεκτιμούμε την ποσότητα της οργανικής ουσίας κατά 29%. Περαιτέρω έρευνες έχουν δείξει, ότι ορισμένα πτητικά, μη ανθρακικά συστατικά, οδηγούν στην υπερεκτίμηση του οργανικού άνθρακα (Wang, Li, & Wang, 2011). Το $b=1,07$, είναι ένδειξη μέτριας συμφωνίας. Σύμφωνα με δεδομένα από άλλες εργασίες και οργανισμούς, η σύγκριση της μεθόδου LOI σε σχέση με τον οργανικό άνθρακα που μετρήθηκε με άλλες μεθόδους, έδωσαν σχετικά παρόμοια αποτελέσματα και μεγάλη συσχέτιση στο 95%. Οι τιμές που έδωσε η LOI ήταν μεγαλύτερες σε ποσοστό υπερεκτίμησης κατά μέσο όρο 10% και συντελεστή προσδιορισμού $R^2=0.862$ [1, <http://>]. Αντίθετα με τις παραθέσεις των παραπάνω στοιχείων, έχουμε τα εξής αποτελέσματα άλλης μελέτης, τα οποία δείχνουν υποτίμηση της οργανικής ουσίας με την μέθοδο LOI με κλίση ευθείας $a=0,81$. και συντελεστή προσδιορισμού $R^2=0.98$ (Donald, 1984). Εάν η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή και η διάρκεια της μεθόδου μικρή, η καύση του άνθρακα είναι ατελής και έτσι υποτιμάτε η οργανική ουσία του εδάφους (Wang, Li,

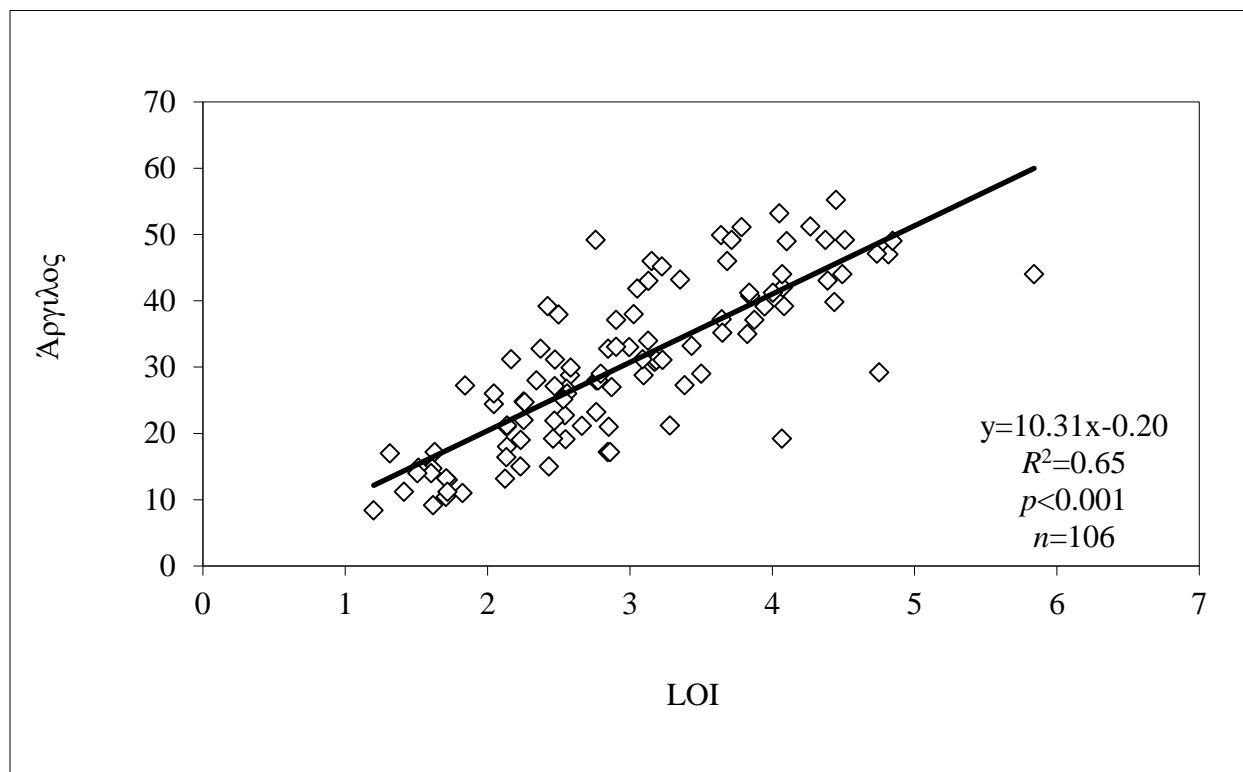
& Wang, 2011). Παρατηρώντας τις τιμές του συντελεστή προσδιορισμού (R^2), βλέπουμε ότι ποικίλουν και σύμφωνα με έναν αριθμό ερευνών, έχουν δείξει ότι η αναλογία του οργανικού άνθρακα και της οργανικής ουσίας είναι μεταβλητή μεταξύ των εδαφών και των συνθηκών στις οποίες εκτίθενται τα εδάφη. Έτσι διατυπώνεται ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένος παράγοντας για όλους τους τύπους εδάφους (Nelson & Sommers, 1996). Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας 1 δίνοντάς μας, μια συνολική εικόνα για την μέθοδο της απώλειας στην πύρωση. Πρέπει να σημειωθεί, ότι κάθε αποτέλεσμα που παρουσιάστηκε, έγινε κάτω από διαφορετικές συνθήκες έκθεσης των δειγμάτων σε θερμοκρασίες και για διαφορετικές ώρες.

Πίνακας 1: Συσχέτιση απώλεια στην πύρωση σε σχέση με την υγρή οξείδωση (Schultean & Hopkins, 1996)

Θερμοκρασία C ⁰	Διάρκεια	a	b	R ²	n
360	2	0.73	-0.08	0.93	63
360	2	0.66	-0.04	0.84	60
360	2	1.04	-0.36	0.97	356
360	2	0.97	-0.33	0.9	316
360	1	0.68	-0.5	0.9	217
375	16	0.79	-0.7	-	56
400	8	0.84	-0.32	0.97	91
400	6	0.57	-	0.98	55
430	24	0.85	0.56	0.99	17
450	12	0.9	-0.02	0.92	174
450	12	-	-	0.89	3164
450	16	0.87	-0.2	0.99	38
500	4	0.81	-0.47	0.98	215
500	4	0.6	-0.33	0.87	210
600	6	0.7	-1.24	0.86	60
600	6	0.72	-4.29	0.89	12
400	16	1.41	0.64	0.68	65

Ερμηνεύοντας τα παραπάνω αποτελέσματα, ψάχνουμε να βρούμε τρόπους, με τους οποίους θα μειώσουμε την κλίση της ευθείας a και το b, έτσι ώστε το a να φτάσει όσο το δυνατόν πιο κοντά στην τιμή ένα και το b όσο πιο κοντά στο μηδέν. Από τη θεωρία γνωρίζουμε ότι υπάρχουν δύο παράμετροι που επηρεάζουν την απώλεια στην πύρωση. Σύμφωνα με τον Konen et al. (2002), όταν υπάρχει μεγάλη ποσότητα αργίλου στο έδαφος, η LOI υπερεκτιμά την ποσότητα της οργανικής ουσίας και σύμφωνα με τους Wright et al. (2008), η LOI σε εδάφη με

μικρή ποσότητα οργανικής ουσίας, δεν αντικατοπτρίζει την οργανική ουσία αυτή καθ' αυτή, αλλά σε συνδυασμό με το ανθρακικό ασβέστιο. Αλλά, για να δούμε αν η άργιλος συσχετίζεται με την οργανική ουσία, κάνουμε συσχέτιση της απώλειας στην πύρωση με την άργιλο. Η συσχέτιση απεικονίζεται γραφικά στο σχήμα 2.



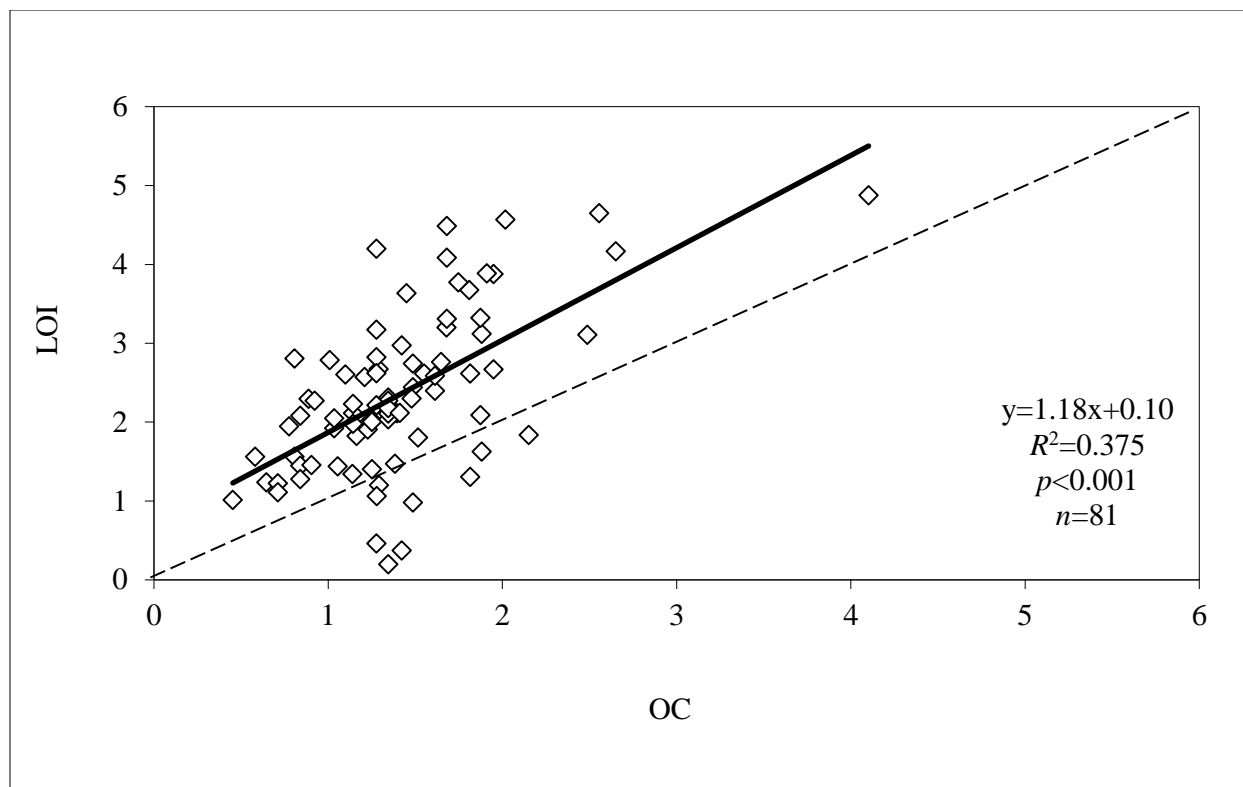
Σχήμα 2: Συσχέτιση της απώλειας στην πύρωση (LOI) με την άργιλο του εδάφους

Για την συσχέτιση της άργιλου με την απώλεια στην πύρωση, θα πρέπει πρώτα απ' όλα το p να είναι μικρότερο του 0,05, όπου στην προκειμένη περίπτωση είναι, και μάλιστα συσχετίζονται στατιστικά ισχυρά. Επίσης, παρατηρούμε ότι το R^2 έχει αυξηθεί και έχει προσεγγίσει περαιτέρω την τιμή ένα. Στην περίπτωση αυτή, οι τιμές των a , b δεν μας ενδιαφέρουν, διότι ο στόχος μας είναι να δούμε αν και κατά πόσο συσχετίζεται η άργιλος με την απώλεια στην πύρωση. Επομένως, υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των δύο παραμέτρων και άρα μπορεί να γίνει διόρθωση των τιμών. Τα δεδομένα που παρατηρήθηκαν μετά την προσαρμογή, παρουσιάζουν ίδια τάση αύξησης ως προς την κλίση της ευθείας a και ως προς τον συντελεστή προσδιορισμού R^2 , σε σχέση με την άργιλο του εδάφους (Salehi *et al.*, 2011), όπως αυτά φαίνονται στον πίνακα 2. Στα δείγματα που έχουν μεγαλύτερη ποσότητα άργιλου, παρατηρήθηκε αύξηση της κλίσης της ευθείας. Για εδάφη με άργιλο περισσότερη από 400 kg^{-1}

παρατηρήθηκε $a=0.60$, σε εδάφη με άργιλο από $200-400\text{ g kg}^{-1}$ $a=0.54$ και σε εδάφη με άργιλο λιγότερο από 200 g kg^{-1} $a=0.50$ (Salehi et al., 2011). Η σχέση μεταξύ της αργίλου του εδάφους και του C, είναι ακόμα μικρότερη σε εδάφη τα οποία έχουν μικρή ποσότητα αργίλου (Konare et al., 2010). Έχει χαρακτηριστεί, ότι διάφοροι παράγοντες όπως ο τύπος ορυκτού της αργίλου, επηρεάζουν την LOI στα εδάφη (Ben-Dorand & Banin, 1989). Σύμφωνα με τα δεδομένα που βρήκαμε, καθώς η ποσότητα της αργίλου αυξάνεται, παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης του άνθρακα C. Μια μικρή οπισθοδρόμηση της τιμής R^2 παρατηρείται και σύμφωνα με άλλους ερευνητές αλλά και σύμφωνα με τα αποτελέσματα μας παρατηρείτε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της αργίλου και του εδάφους (Konare et al., 2010).

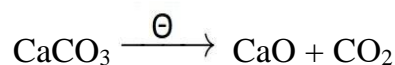
Πίνακας 2: Επίδραση της αργίλου μεταξύ της οργανικής ουσίας που υπολογίσθηκε με τη μέθοδο *Wekley-Black* σε σχέση με τις τιμές της μεθόδου απώλεια στην πύρωση σε διαφορετικές θερμοκρασίες για διάρκεια δύο ορών και αριθμό δειγμάτων 100 (Salehi et al., 2011)

Θερμοκρασία	Ποσότητα αργίλου								
	>400 g kg ⁻¹			200-400 g kg ⁻¹			<200 g kg ⁻¹		
	b	a	R ²	b	a	R ²	b	a	R ²
°C									
300	-0.69	0.87	0.84	-0.24	0.75	0.7	-0.02	0.67	0.86
360	-0.49	0.69	0.82	-0.361	0.68	0.71	0	0.59	0.86
400	-0.61	0.6	0.6	-0.12	0.54	0.69	-0.06	0.5	0.84
500	-1.75	0.62	0.92	-0.6	0.45	0.64	-0.19	0.38	0.77
550	-1.92	0.59	0.74	-0.37	0.36	0.57	-0.32	0.63	0.74

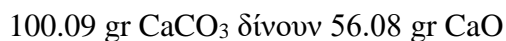


Σχήμα 3: Συσχέτιση της απώλειας στην πύρωση (LOI) με τον οργανικό άνθρακα (OC) του εδάφους με προσαρμογή του ανθρακικού ασβεστίου

Η δεύτερη παράμετρος η οποία επηρεάζει τη απώλεια στην πύρωση, είναι το ανθρακικό ασβέστιο. Για να κάνουμε τη συσχέτιση, θα πρέπει να αφαιρέσουμε τα εδάφη που είναι όξινα. Έτσι, όπως φαίνεται και στον πίνακα 5, κρατήσαμε τα αλκαλικά εδάφη ($pH > 7$), επιπλέον αφαιρέσαμε και τα εδάφη που παρουσίαζαν ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου μεγαλύτερο του 5%, διότι κάνοντας την συσχέτιση, παρατηρήσαμε ότι κάποια δείγματα απομακρυνόντουσαν πολύ από την ευθεία. Για αυτά τα δείγματα θα έπρεπε να γίνει ξεχωριστή συσχέτιση της LOI με τον OC_{w-b} . Αυτή η συσχέτιση δεν πραγματοποιήθηκε στην στατιστική μας ανάλυση καθώς τα δείγματα με ανθρακικό ασβέστιο μεγαλύτερο του 5% ήταν έξι και δεν αποτελούσαν αρκετά μεγάλο δείγμα για την στατιστική ανάλυση. Έπειτα, ταξινομήσαμε τα δείγματα με βάση το ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου (Πίνακας 5). Για να κάνουμε την διόρθωση σύμφωνα με την αντίδραση και μετά την θέρμανση του ανθρακικού ασβεστίου έχουμε:



Επί παραδείγματι μετά την θέρμανση στους 400°C, τα δείγματά μας δίνουν οξείδιο του ασβεστίου και διοξείδιο του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι αέριο το οποίο απομακρύνετε και άρα έχουμε για το δείγμα με αριθμό 7:



Αυτό συμβαίνει διότι το μοριακό βάρος του οξειδίου του ασβεστίου έχει διαφορετικό βάρος. Κάνοντας την διόρθωση για το ανθρακικό ασβέστιο έχουμε ότι:

Αρχικά έχουμε 0.08 γραμμάρια ανθρακικού ασβεστίου στα 100,09 γραμμάρια εδάφους, αλλά μετά την θέρμανση έχουμε 56,08 γραμμάρια εδάφους και σύμφωνα με την απλή μέθοδο των τριών θα έχουμε:

$$\text{Στα } 100,09 \text{ γραμμάρια εδάφους } 0,08 \% \text{ CaCO}_3$$

$$\text{Στα } 56,08 \text{ γραμμάρια εδάφους } x \% \text{ CaCO}_3$$

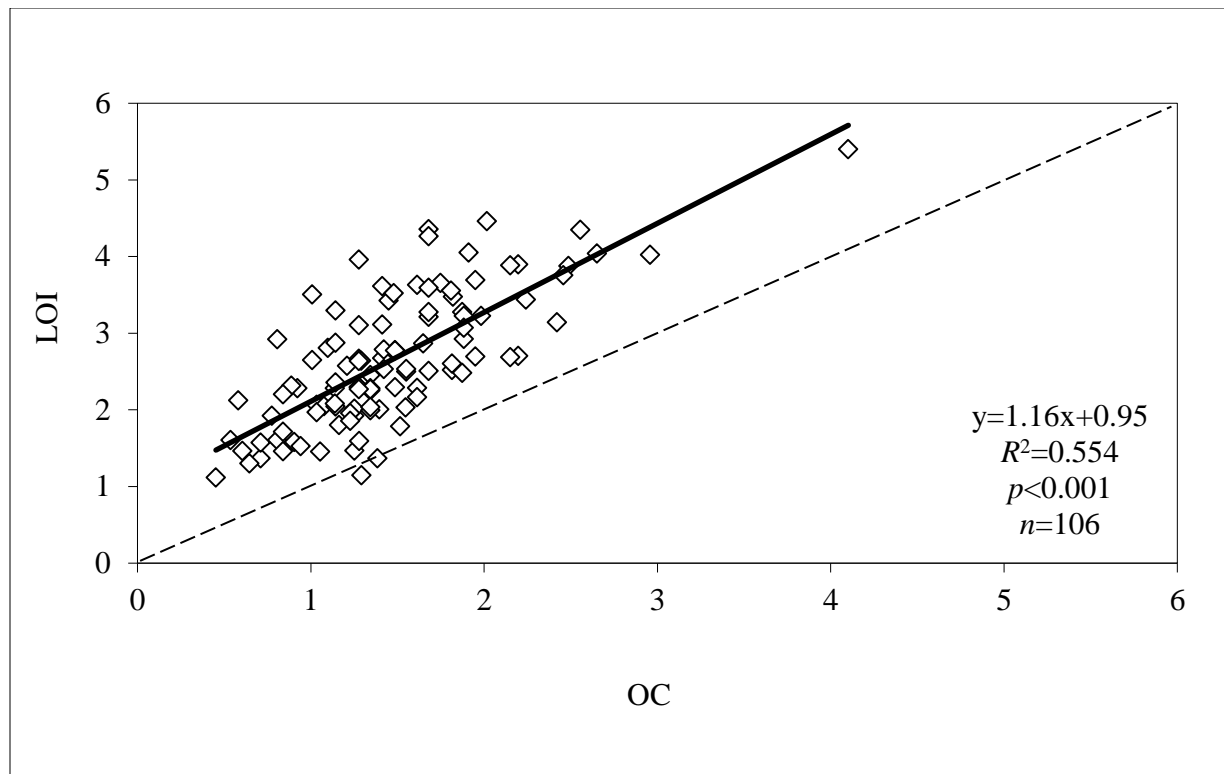
$$X=0,044 \% \text{ CaCO}_3$$

Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία για όλα τα δείγματα, και φαίνονται τα αποτελέσματα στον Πίνακα 5.

Στη συνέχεια, αφαιρούμε το ποσοστό ανθρακικού ασβεστίου που προέκυψε μετά την θέρμανση (400°C) από την αρχική οργανική ουσία που βρήκαμε με την μέθοδο LOI και προκύπτει η διορθωμένη τιμή της οργανικής ουσίας που είναι 1.47% για το συγκεκριμένο παράδειγμα. Κάνοντας το ίδιο σε όλα τα δείγματά μας (n=81), που καλύπτουν τις προϋποθέσεις που αναφέραμε παραπάνω, προκύπτουν οι διορθωμένες τιμές οργανικής ουσίας με την μέθοδο της πύρωσης όπως φαίνεται και στον Πίνακα 5 (στήλη %LOI).

Κάνοντας την συσχέτιση παρατηρούμε ότι οι τιμές του a, b έχουν πλησιάσει τον αριθμό στόχο και συγκεκριμένα a=1,18, b=0,10. Το $R^2=0.35$ απομακρύνθηκε από την τιμή στόχο και δεν αποτελεί επιθυμητό αποτέλεσμα. Αυτό συμβαίνει διότι μειώθηκε ο αριθμός των δειγμάτων, παρ' όλα αυτά η τιμή του p είναι μικρότερη από 0,05 και συγκεκριμένα $p<0,001$, το οποίο μας

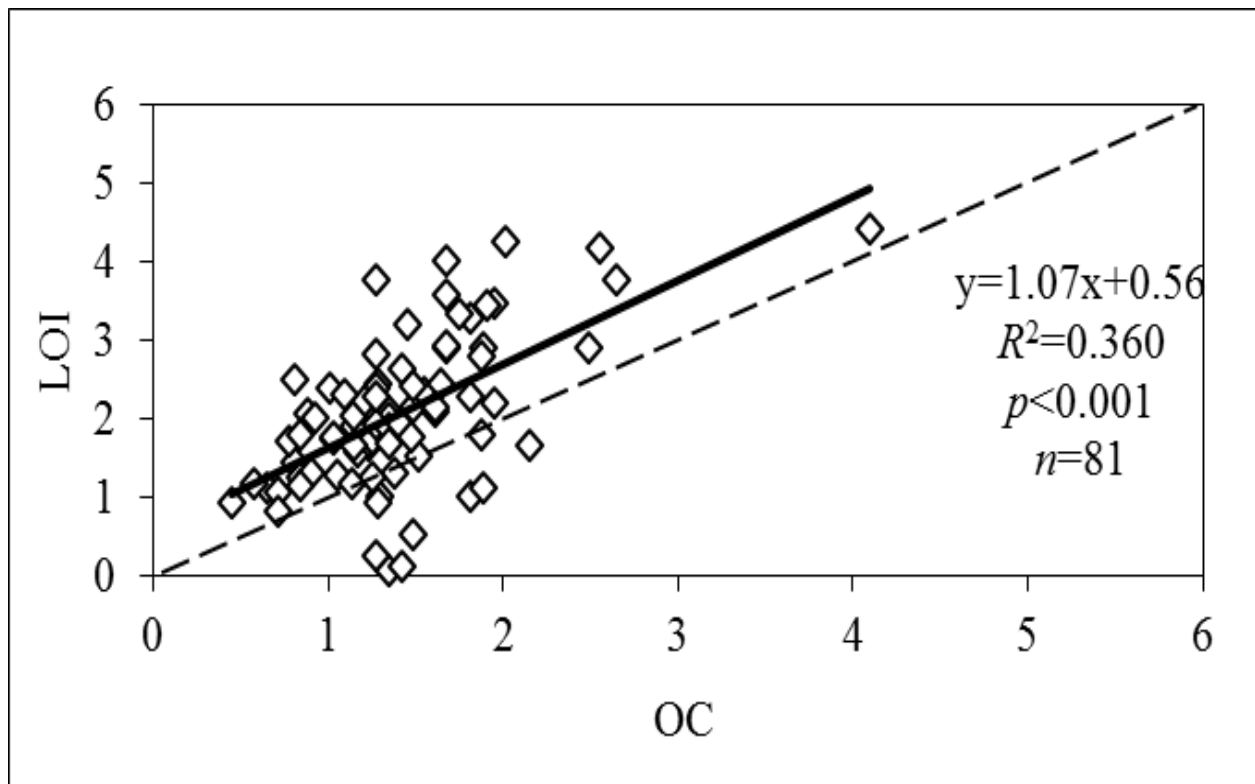
δείχνει ότι η απώλεια στην πύρωση και οργανικός άνθρακας σχετίζονται στατιστικά ισχυρά μετά την προσαρμογή του ανθρακικού ασβεστίου. Το ανθρακικό ασβέστιο επηρεάζει την οργανική ουσία και πιο συγκεκριμένα παρατηρήθηκε ότι η ποσότητα του ανθρακικού ασβεστίου προσθέτει μεγάλη επιρροή στα αποτελέσματα υπολογισμού της οργανικής ουσίας. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε αύξηση του συντελεστή προσδιορισμού μετά την αφαίρεση του CaCO_3 , και η στατιστική ανάλυση βελτιώθηκε σε σχέση με τα αποτελέσματα που έδωσε η μέθοδος *Walkley and Black* (Zhang. , Li & Stoffella, 2015). Ο υπολογισμός της οργανικής ουσίας με την LOI σε δείγματα τα οποία είχαν καθαρό CaCO_3 έδειξε ότι το CaCO_3 δεν «σπάει» σε θερμοκρασίες κάτω από τους 550°C . Ωστόσο, παρατηρήθηκε αυξημένη πτώση πάνω από τους 600°C (Zhang. , Li & Stoffella, 2015). Στο πείραμά μας παρατηρήσαμε, ότι αφαιρώντας τα εδάφη με μεγάλα ποσοστά CaCO_3 (>5%) βελτιώνεται η κλίση της ευθείας a , δίνοντάς μας έτσι καλύτερη εκτίμηση της ποσότητας της οργανικής ουσίας. Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας, στην δικιά μας στατιστική ανάλυση παρατηρήθηκε οπισθοδρόμηση του συντελεστή προσδιορισμού, αλλά η συσχέτιση παραμένει στατιστικά σημαντική.



Σχήμα 4: Συσχέτιση της απώλειας στην πύρωση (LOI) με τον οργανικό άνθρακα (OC) του εδάφους με προσαρμογή της αργίλου για υγρασία 1%

Γνωρίζοντας ότι άργιλος συνδέεται με την απώλεια στην πύρωση, δηλαδή το νερό που βρίσκεται στην άργιλο μπορεί να προκαλέσει υπερεκτίμηση του άνθρακα έως και 5% (Dean, 1974; Heiri et al., 2001), και σύμφωνα με τη συσχέτιση που κάναμε (σχήμα 2), θα κάνουμε την διόρθωση στα αποτελέσματα των δειγμάτων μας. Από τα αποτελέσματα είδαμε ότι παρά την θέρμανση των δειγμάτων σε θερμοκρασία 105°C έχουμε κάποια ποσοστά υγρασίας. Αν και κατά την θεωρία η θερμοκρασία στην οποία απομακρύνεται η υγρασία είναι μεγαλύτερη από 100°C. Γνωρίζουμε ότι σε θερμοκρασία 400°C η ξηρή καύση μπορεί να προκαλέσει απώλεια του νερού που βρίσκεται μεταξύ των φύλλων της αργίλου και κατανομή των ανθρακικών αλάτων (Ball, 1964). Στα αργιλώδη εδάφη υπάρχουν φύλλα στα οποία μέσα εγκλωβίζεται η υγρασία και για να απελευθερωθεί χρειάζεται πολύ μεγαλύτερη θερμοκρασία από αυτή των 105°C που εφαρμόσαμε στο πείραμα μας και επομένως να επηρεάζει την LOI (Ben-Dorand & Banin, 1989). Με βάση τα παραπάνω κάνουμε την υπόθεση ότι υπάρχει ποσοστό 1% υγρασίας για κάθε ποσοστό αργίλου. Κάνοντας λοιπόν την προσαρμογή για το ποσοστό υγρασίας που υποθέσαμε ότι υπάρχει στην άργιλο έχουμε τα δεδομένα του Πίνακα 6.

Από τη συσχέτιση της απώλειας στην πύρωση σε σχέση με τον οργανικό άνθρακα μετά την διόρθωση της αργίλου παρατηρούμε ότι η υπερεκτίμηση της οργανικής ουσίας μειώθηκε δίνοντας τιμή $a=1,16$, που μας δείχνει ότι η υπόθεση μας είναι σωστή διότι μειώνεται η υπερεκτίμηση της οργανικής ουσίας. Το ίδιο ισχύει και για την τιμή του $b=0,95$ η οποία και αυτή μειώθηκε σε σχέση με την αρχική. Το $R^2=0.554$ μας δείχνει ότι τα δείγματα μας είναι σχετικά κοντά και δεν έχει αλλάξει σε σχέση με την αρχική του τιμή καθώς ο αριθμός των δειγμάτων είναι $n=106$. Τέλος το $p<0,001$ άρα και η στατιστική συσχέτιση είναι ισχυρή και σε αυτή την περίπτωση.



Σχήμα 5: Συσχέτιση της απώλειας στην πύρωση (LOI) με τον οργανικό άνθρακα (OC) του εδάφους σε σχέση με την προσαρμογή των δύο παραμέτρων του ανθρακικού ασβεστίου και της αργίλου

Έχοντας κάνει τις συσχετίσεις για τις δύο παραμέτρους, που από την θεωρία γνωρίζαμε ότι επηρεάζουν την απώλεια στην πύρωση, θα ενσωματώσουμε και τις δύο διορθώσεις που κάναμε, μια με βάση το ανθρακικό ασβέστιο και μια με βάση την άργιλο του εδάφους (Πίνακας 7). Κάνοντας την συσχέτιση στα 81 δείγματα που πληρούν όλες τις προϋποθέσεις για την στατιστική επεξεργασία και την συσχέτιση τους, παρατηρούμε ότι η τιμή του $a=1,07$ είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με αυτή που πήραμε στην αρχή και επομένως θα υπερεκτιμάται ποσοστό οργανικής ουσίας το οποίο θα είναι μόλις 0,07% σε σχέση με το αρχικό που ήταν 39%. Το $b=0,56$ μειώθηκε περίπου κατά το ήμισυ, το οποίο όμως θα μας δίνει λαθεμένα αποτελέσματα ακόμα και σε δείγματα εδάφους που δεν έχουν καθόλου οργανική ουσία. Το $R^2=0,360$ μειώθηκε σε σχέση με το αρχικό και οφείλεται στην μείωση του αριθμού των δειγμάτων, αλλά το p είναι μικρότερο του 0,05 και συγκεκριμένα $p<0.001$ που μας δείχνει ότι η σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων παρουσιάζει ισχυρή στατιστικά συσχέτιση. Τα αποτελέσματα μας αν και παρουσιάζουν

ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της LOI και του οργανικού άνθρακα και σημαντική μείωση της υπερεκτίμησης της οργανικής ουσίας έχουν διαφορές ως προς την τιμή του συντελεστή προσδιορισμού R^2 . Άλλοι ερευνητές έχουν διαφορετικά αποτελέσματα σε σχέση με τα δικά μας με την τιμή του συντελεστή προσδιορισμού πολύ κοντά στην τιμή στόχο (Salehi, et al., 2011; Donald, 1984; Daniel, 2002; Schulte & Hopkins, 1996). Η διαφορά αυτή των αποτελεσμάτων φάνηκε καθ' όλη την διάρκεια αναζήτησης για την αποτελεσματικότητα της LOI. Κάθε έρευνα που γινόταν κάτω από διαφορετικές συνθήκες έκθεσης των δειγμάτων καθώς και η προσέγγιση ως προς τα ποσοστά αργίλου και οργανικού άνθρακα έδιναν διαφορετικά αποτελέσματα ως προς τον συντελεστή προσδιορισμού. Η χρήση της LOI θα πρέπει να προσαρμόζεται κάθε φορά. Για παράδειγμα εδάφη που είναι φτωχά σε οργανικό άνθρακα και είναι πλούσια σε περιεχόμενο αργίλου θεωρούνται ότι είναι καταλληλότερα να εκτίθενται σε χαμηλές θερμοκρασίες ενώ αντίθετα υψηλές θερμοκρασίες θα πρέπει να προτιμώνται για εδάφη των οποίων ο προσδιορισμός των ιζημάτων στο ορυκτό κλάσμα αποτελείται από ίλύς και άμμο (Dean, 1974; Boyle, 2004). Ωστόσο, η οπισθοδρόμηση του συντελεστή προσδιορισμού στο πείραμα μας παρατηρήσαμε ότι μειώνεται όταν μειώνεται και ο αριθμός των δειγμάτων για τα οποία γίνεται η συσχέτιση.

Πίνακας 3 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των τιμών α , β , R^2 , p , n ανάλογα με την προσαρμογή των συσχετίσεων

	A	β	R^2	p	n
LOI – OC	1,29	1,07	0,554	<0,001	106
LOI - Αργίλος	10,31	0,20	0,65	<0,001	106
LOI – OC(CaCO ₃ adj)	1,18	0,10	0,375	<0,001	81
LOI – OC(Αργίλος Adj)	1,16	0,95	0,554	<0,001	106
LOI – OC(Αργίλος-CaCO ₃)	1,07	0,56	0,360	<0,001	81

Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα αποτελέσματα της έρευνας μας, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η μέθοδος της απώλειας στην πύρωση, είναι μία μέθοδος η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό την οργανικής ουσίας του εδάφους, καθώς αυξάνει την ταχύτητα και μειώνει το κόστος για την μέτρησή της. Αυτό όμως συναντά κάποιους περιορισμούς. Όπως είδαμε στο πειραματικό σκέλος, σε εδάφη με άργιλο και ανθρακικό ασβέστιο, η μέθοδος τείνει να υπερεκτιμά την ποσότητα της οργανικής ουσίας και να δίνει λανθασμένα αποτελέσματα. Επομένως, σημαντικό ρόλο στην εξαγωγή σωστών αποτελεσμάτων αποτελούν οι διορθώσεις, που αφορούν τις τιμές αργίλου και ανθρακικού ασβεστίου, που εμπεριέχονται στο έδαφος. Η χρήση της μεθόδου, συνίσταται σε περιπτώσεις αναλύσεων ρουτίνας και σε περιπτώσεις όπου δεν χρειάζεται ακρίβεια. Ο τύπος του εδάφους, επηρεάζει και αυτός τα αποτελέσματα, έτσι η χρήση σε αμμώδη εδάφη γίνεται ευκολότερη και δίνει ορθότερα αποτελέσματα, όπως και σε εδάφη τα οποία δεν έχουν ανθρακικό ασβέστιο. Εν κατακλείδι, η μέθοδος της απώλειας στην πύρωση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποδοτικά, σε οργανικά εδάφη ή οργανικά υλικά, των οποίων η οργανική ουσία βρίσκεται σε μεγάλα ποσοστά, καθώς και σε αμμώδη και μη ασβεστούχα εδάφη.

Βιβλιογραφία

- Almeida, L. F., Hurtarte, L. C., Souza, I. F., Soares, E. M., Vergütz, L., & Silva, I. R. (2018). Soil organic matter formation as affected by eucalypt litter biochemistry—Evidence from an incubation study. *Geoderma*, 312, 121-129.
- Ball, D. F. (1964). Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non-calcareous soils. *European Journal of Soil Science*, 15(1), 84-92.
- Ben-Dor, E., & Banin, A. (1989). Determination of organic matter content in arid-zone soils using a simple “loss-on-ignition” method. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 20(15-16), 1675-1695.
- Bhattacharyya, T., Chandran, P., Ray, S. K., Mandal, C., Tiwary, P., Pal, D. K., ... & Telpande, B. A. (2015). Walkley-Black recovery factor to reassess soil organic matter: Indo-Gangetic plains and black soil region of India case studies. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(20), 2628-2648.
- Dean Jr, W. E. (1974). Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Research*, 44(1).
- Gleixner, G. (2013). Soil organic matter dynamics: a biological perspective derived from the use of compound-specific isotopes studies. *Ecological research*, 28(5), 683-695.
- Heiri, O., Lotter, A. F., & Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of paleolimnology*, 25(1), 101-110.
- John, B. (2004). A comparison of two methods for estimating the organic matter content of sediments. *Journal of Paleolimnology*, 31(1), 125-127.
- Kögel-Knabner, I. (2002). The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(2), 139-162.
- Konare, H., Yost, R. S., Doumbia, M., McCarty, G. W., Jarju, A., & Kablan, R. (2010). Loss on ignition: measuring soil organic carbon in soils of the Sahel, West Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 5(22), 3088-3095.
- Konen, M. E., Jacobs, P. M., Burras, C. L., Talaga, B. J., & Mason, J. A. (2002). Equations for predicting soil organic carbon using loss-on-ignition for north central US soils. *Soil Science Society of America Journal*, 66(6), 1878-1881.
- Maher Jr, L. J. (1998). Automating the dreary measurements for loss on ignition. *INQUA-Commission for the Study of the Holocene, Working Group on Data-Handling Methods Newsletter*, 18, 3-4.

- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis part 3—chemical methods*, (methodsofsoilan3), 961-1010.
- Salehi, M. H., Beni, O. H., Harchegani, H. B., Borujeni, I. E., & Motaghian, H. R. (2011). Refining soil organic matter determination by loss-on-ignition. *Pedosphere*, 21(4), 473-482.
- Schulte, E. E., & Hopkins, B. G. (1996). Estimation of soil organic matter by weight loss-on-ignition. *Soil organic matter: Analysis and interpretation*, (soilorganicmatt), 21-31.
- Storer, D. A. (1984). A simple high sample volume ashing procedure for determination of soil organic matter. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15(7), 759-772.
- Vereş, D. Ş. (2002). A comparative study between loss on ignition and total carbon analysis on mineralogenic sediments. *Studia UBB Geologia*, 47(1), 171-182.
- Wang, Q., Li, Y., & Wang, Y. (2011). Optimizing the weight loss-on-ignition methodology to quantify organic and carbonate carbon of sediments from diverse sources. *Environmental Monitoring and Assessment*, 174(1-4), 241-257.
- Wright, A. L., Wang, Y., & Reddy, K. R. (2008). Loss-on-ignition method to assess soil organic carbon in calcareous Everglades Wetlands. *Communications in soil science and plant analysis*, 39(19-20), 3074-3083.
- Zhang, M., Li, Y., & Stoffella, P. J. (2005). Comparison of analytical methods for organic matter in composts and organic mulches. *Communications in soil science and plant analysis*, 36(17-18), 2587-2599.
- Russell, E. j.,(1973). *Russell's soil conditions and plant growth*. New York: Longman Scientific Technical
- Μήτσιος, Ι. Κ. (2001). *Εδαφολογία*. Αθήνα: Zymel

Διαδίκτυο

[1][http://www.nrm.uk.com/files/documents/routine estimation of the organic matter content of soils by loss on ignition.pdf](http://www.nrm.uk.com/files/documents/routine_estimation_of_the_organic_matter_content_of_soils_by_loss_on_ignition.pdf)

Πίνακας 4 Σύγκριση αποτελεσμάτων επί τις % της οργανικής ουσίας σε σχέση με την μέθοδο απώλεια στην πύρωση.

#Δείγματο ς	% Υγρασίας	pH	CaCO ₃ %	EC μS/cm	Άμμος%	Ιλύς%	Άργιλος %	Οργανική ουσία%	% LOI
1	6.39	7.67	0.26	421.4	58.4	16.8	24.8	1.40	2.25
2	6.29	8.01	0.29	672.3	60.4	24.8	14.8	1.05	1.60
3	5.89	8.20	0.42	374.8	48.5	18.8	32.8	1.82	2.85
4	5.80	7.86	0.39	298.9	65.0	10.6	24.4	1.16	2.04
5	5.73	8.23	0.38	166.3	66.5	18.7	14.7	1.25	1.61
6	5.69	8.41	0.21	235.2	61.2	22.0	17.0	1.29	1.31
7	5.19	7.80	0.08	91.4	71.0	14.0	14.8	1.38	1.52
8	5.10	8.10	7.72	447.4	41.0	18.8	40.7	2.24	3.85
9	5.10	7.11	0.25	104.5	55.0	16.0	28.7	1.49	2.58
10	5.10	8.36	0.20	111.7	57.0	23.0	21.0	1.25	2.13
11	5.09	8.30	0.49	253.3	52.0	22.0	26.0	0.92	2.54
12	5.09	7.81	0.74	296.2	47.2	22.0	30.8	1.65	3.17
13	4.90	7.93	0.37	776.0	40.0	18.8	41.2	1.45	3.84
14	4.90	7.15	0.54	582.1	40.0	18.0	42.0	1.75	4.08
15	4.78	7.66	0.53	229.6	56.0	16.0	28.0	1.03	2.34
16	4.70	7.75	0.46	268.8	51.3	23.9	24.7	1.25	2.26
17	4.69	7.92	0.61	368.6	51.3	22.0	26.7	1.28	2.56
18	4.60	8.14	0.43	573.9	60.0	14.0	26.0	1.52	2.04
19	4.50	8.61	1.09	917.5	34.0	22.0	44.0	1.91	4.49
20	4.50	7.76	0.44	88.4	57.3	20.0	22.8	0.89	2.54
22	4.39	8.12	0.43	249.4	48.0	14.0	38.0	1.01	3.03
23	4.20	6.11	0.40	292.6	66.0	20.0	14.0	0.61	1.60
24	4.20	8.72	1.68	188.4	50.1	12.0	37.9	0.58	2.50
25	4.20	7.73	0.51	136.5	72.0	14.0	14.0	0.71	1.51
26	4.17	8.03	0.34	148.8	74.8	16.8	8.4	0.45	1.20
27	4.11	8.13	0.27	233.0	74.8	14.8	10.4	0.81	1.71
28	4.10	6.43	0.33	213.7	52.9	21.0	26.0	1.28	2.56
29	4.10	7.89	0.67	251.6	51.2	16.0	33.0	1.28	3.00
30	4.00	7.96	1.31	250.1	54.8	18.0	27.2	0.71	1.84
31	4.00	6.35	0.71	348.0	47.3	20.0	32.8	1.08	2.37
32	4.00	8.14	0.88	255.0	55.2	16.0	28.8	1.10	3.10
33	4.00	8.08	2.16	251.4	53.1	15.9	31.0	1.14	3.19
34	4.00	8.01	0.75	346.4	53.0	15.9	31.1	0.81	3.23
35	3.90	7.93	0.30	235.6	25.1	27.9	47.0	2.56	4.82
36	3.90	8.52	1.37	323.7	37.0	14.0	49.0	1.68	4.85
37	3.89	8.19	0.34	273.9	39.0	17.9	43.0	1.28	4.39
38	3.80	8.10	0.60	257.3	51.0	15.9	33.1	1.21	2.90

40	3.60	8.53	1.00	216.0	34.3	44.6	21.1	1.34	2.66
41	3.49	8.31	1.30	393.3	48.1	34.7	17.2	1.41	2.85
42	3.40	7.10	0.98	267.6	61.0	28.0	11.0	0.84	1.82
43	3.40	6.66	0.46	230.7	59.0	26.0	15.0	1.14	2.43
44	3.40	6.45	0.54	1023.0	48.0	17.0	35.0	1.82	3.83
45	3.38	8.46	0.57	245.4	40.2	40.6	19.1	1.14	2.55
46	3.30	7.10	7.85	372.0	49.9	22.8	27.3	1.41	3.38
47	3.20	8.00	1.18	321.6	58.0	29.0	13.0	1.28	1.72
48	3.20	8.47	2.80	287.1	50.0	23.0	27.0	1.82	2.87
49	3.20	7.44	0.22	316.2	56.0	25.0	19.0	1.14	2.23
50	3.20	7.23	1.59	498.4	52.0	33.0	15.0	1.14	2.23
51	3.10	7.84	0.32	208.3	50.0	29.0	21.0	1.29	2.85
52	3.09	7.03	0.54	445.4	48.0	23.0	29.0	1.68	3.50
53	3.00	8.06	0.49	103.2	38.1	22.8	39.1	1.81	3.95
54	3.00	9.65	0.47	93.8	48.1	26.7	25.1	1.34	2.53
55	2.98	7.85	0.62	147.6	46.0	22.8	31.2	1.49	3.09
56	2.90	6.05	0.72	382.5	32.3	18.7	49.0	1.41	4.10
57	2.90	7.14	0.83	390.4	30.9	18.0	51.1	1.88	3.79
58	2.88	8.06	1.72	303.6	56.0	24.8	19.2	2.49	4.07
59	2.80	7.40	0.60	197.0	48.0	14.8	37.2	1.68	3.65
60	2.79	8.07	9.05	379.3	30.8	14.0	55.2	2.20	4.45
61	2.79	8.13	12.63	735.0	36.3	20.7	43.0	2.20	3.13
62	2.59	8.35	0.34	119.3	53.3	16.8	29.9	1.61	2.59
63	2.58	8.50	0.28	126.8	48.0	18.0	34.0	1.42	3.13
64	2.58	7.16	0.41	367.7	43.4	14.7	41.8	1.28	3.05
65	2.50	8.07	2.65	426.9	32.0	24.0	44.0	1.61	4.07
66	2.50	7.07	1.72	682.2	23.2	32.8	44.0	4.10	5.84
67	2.50	8.25	0.41	237.4	43.2	38.8	18.0	1.23	2.14
68	2.49	8.71	1.21	116.5	41.2	30.8	28.0	1.88	2.76
69	2.48	7.15	0.49	1414.0	35.5	24.7	39.8	2.65	4.44
70	2.41	8.09	0.28	274.9	59.4	18.7	21.9	1.34	2.47
71	2.41	6.05	3.88	238.9	29.2	24.8	46.0	1.98	3.68
72	2.40	7.11	24.61	362.8	20.2	29.9	49.9	2.42	3.64
74	2.40	6.97	3.44	365.8	67.3	19.6	13.2	1.34	2.12
75	2.40	8.45	0.37	218.8	36.0	24.8	39.2	1.95	4.08
76	2.30	7.85	0.87	129.8	37.2	16.8	46.0	1.95	3.15
77	2.20	5.80	1.13	367.0	28.0	20.8	51.2	2.46	4.27
78	2.10	8.36	12.33	236.3	46.0	14.8	39.2	1.55	2.42
80	2.00	8.18	20.80	239.4	28.0	22.8	49.2	2.96	4.51
81	1.80	7.13	3.73	286.2	34.0	16.8	49.2	1.88	3.72
82	1.80	6.72	4.01	282.6	26.0	28.8	45.2	1.49	3.23

83	1.80	8.30	3.13	272.9	26.8	20.0	53.2	1.48	4.05
84	1.80	6.56	2.06	279.9	28.8	22.0	49.2	2.15	4.38
85	1.80	6.09	0.33	244.6	44.8	14.0	41.2	1.68	4.00
86	1.70	7.05	1.04	281.3	36.8	14.0	49.2	1.34	2.76
87	1.60	8.04	0.38	278.6	58.0	25.6	16.4	1.03	2.13
88	1.60	7.50	0.39	516.7	59.0	18.8	22.0	1.34	2.25
89	1.60	8.29	0.29	505.2	56.0	16.0	28.0	1.55	2.78
90	1.50	6.32	0.32	740.9	54.0	17.0	29.0	1.68	2.80
91	1.40	8.61	0.33	270.2	52.0	16.8	31.2	1.23	2.17
92	1.30	8.76	7.86	514.1	36.0	20.8	43.2	1.88	3.35
93	1.30	7.69	7.51	1175.0	42.1	26.7	31.1	1.61	2.47
94	1.30	4.70	7.70	736.9	46.1	16.8	37.1	1.55	2.90
95	1.29	7.56	0.45	475.7	36.1	16.8	47.1	1.68	4.74
96	1.20	7.53	0.33	357.9	46.0	24.8	29.2	2.02	4.75
97	1.20	8.13	0.46	125.9	74.0	12.8	13.2	0.91	1.71
98	1.20	8.20	0.34	418.2	62.0	16.8	21.2	0.78	2.14
99	1.19	7.60	4.27	340.2	58.0	18.8	23.2	1.42	2.76
100	1.10	7.71	0.29	587.4	48.0	30.8	21.2	1.88	3.28
101	1.10	7.21	1.83	343.4	64.0	18.8	17.2	2.15	2.86
102	1.00	7.79	0.70	167.8	50.1	22.8	27.1	0.84	2.47
103	0.89	6.32	0.74	442.6	50.0	14.8	35.2	1.14	3.65
104	0.80	6.04	0.54	415.8	64.1	26.7	9.2	0.94	1.62
105	0.70	6.25	0.84	364.2	48.1	14.8	37.1	1.01	3.87
106	0.60	4.80	0.32	194.4	64.0	24.8	11.2	0.54	1.72
107	0.40	7.61	0.47	328.6	48.0	18.8	33.2	1.28	3.43
108			0.32	115.7	70.0	18.8	11.2	0.65	1.41
109			3.57	286.5	64.8	16.0	19.2	1.28	2.46
110			0.33	166.6	62.8	20.0	17.2	0.84	1.63

Πίνακας 5 Σύγκριση αποτελεσμάτων επί τις % της οργανικής ουσίας σε σχέση με την μέθοδο απώλεια στην πύρωση σε αλκαλικά εδάφη με ανθρακικό ασβέστιο < 0,5% (CaCO₃ < 0.5%) με την διόρθωση ανθρακικού ασβεστίου.

#Δείγματος	% Υγρασίας	pH	CaCO ₃ %	EC μS/cm	Άργιλος%	Οργανική ουσία%	% LOI	Δ(CaCO ₃)	LOI (adj.)
7	5.19	7.80	0.08	91.4	14.8	1.38	1.52	2.90772237	-1.39
10	5.10	8.36	0.20	111.7	21.0	1.25	2.13	2.85750824	-0.72
6	5.69	8.41	0.21	235.2	17.0	1.29	1.31	3.19049519	-1.88
49	3.20	7.44	0.22	316.2	19.0	1.14	2.23	1.79115519	0.44
9	5.10	7.11	0.25	104.5	28.7	1.49	2.58	2.85750824	-0.28
1	6.39	7.67	0.26	421.4	24.8	1.40	2.25	3.58231039	-1.33
27	4.11	8.13	0.27	233.0	10.4	0.81	1.71	2.30181614	-0.59
70	2.41	8.09	0.28	274.9	21.9	1.34	2.47	1.34875603	1.12
63	2.58	8.50	0.28	126.8	34.0	1.42	3.13	1.44664241	1.68
100	1.10	7.71	0.29	587.4	21.2	1.88	3.28	0.61632531	2.67
89	1.60	8.29	0.29	505.2	28.0	1.55	2.78	0.89468381	1.88
2	6.29	8.01	0.29	672.3	14.8	1.05	1.60	3.52633679	-1.92
35	3.90	7.93	0.30	235.6	47.0	2.56	4.82	2.1873407	2.63
51	3.10	7.84	0.32	208.3	21.0	1.29	2.85	1.73691677	1.11
108			0.32	115.7	11.2	0.65	1.41	0	1.41
96	1.20	7.53	0.33	357.9	29.2	2.02	4.75	0.6716832	4.08
91	1.40	8.61	0.33	270.2	31.2	1.23	2.17	0.78284833	1.38
110			0.33	166.6	17.2	0.84	1.63	0	1.63
26	4.17	8.03	0.34	148.8	8.4	0.45	1.20	2.33920684	-1.14
98	1.20	8.20	0.34	418.2	21.2	0.78	2.14	0.6716832	1.46
62	2.59	8.35	0.34	119.3	29.9	1.61	2.59	1.45241167	1.13
37	3.89	8.19	0.34	273.9	43.0	1.28	4.39	2.17861751	2.21
13	4.90	7.93	0.37	776.0	41.2	1.45	3.84	2.7454491	1.09
75	2.40	8.45	0.37	218.8	39.2	1.95	4.08	1.34336639	2.74
5	5.73	8.23	0.38	166.3	14.7	1.25	1.61	3.21188637	-1.60
87	1.60	8.04	0.38	278.6	16.4	1.03	2.13	0.89647317	1.24
88	1.60	7.50	0.39	516.7	22.0	1.34	2.25	0.8955776	1.36
4	5.80	7.86	0.39	298.9	24.4	1.16	2.04	3.24971526	-1.20
64	2.58	7.16	0.41	367.7	41.8	1.28	3.05	1.44377493	1.61
67	2.50	8.25	0.41	237.4	18.0	1.23	2.14	1.40073933	0.74
3	5.89	8.20	0.42	374.8	32.8	1.82	2.85	3.30244239	-0.45
18	4.60	8.14	0.43	573.9	26.0	1.52	2.04	2.57736038	-0.53
22	4.39	8.12	0.43	249.4	38.0	1.01	3.03	2.46038047	0.57
20	4.50	7.76	0.44	88.4	22.8	0.89	2.54	2.5213308	0.02
95	1.29	7.56	0.45	475.7	47.1	1.68	4.74	0.72476065	4.01
16	4.70	7.75	0.46	268.8	24.7	1.25	2.26	2.63338995	-0.37

97	1.20	8.13	0.46	125.9	13.2	0.91	1.71	0.6716832	1.04
107	0.40	7.61	0.47	328.6	33.2	1.28	3.43	0.22367095	3.21
54	3.00	9.65	0.47	93.8	25.1	1.34	2.53	1.67920799	0.85
69	2.48	7.15	0.49	1414.0	39.8	2.65	4.44	1.38962236	3.05
53	3.00	8.06	0.49	103.2	39.1	1.81	3.95	1.6808872	2.27
11	5.09	8.30	0.49	253.3	26.0	0.92	2.54	2.85465359	-0.31
25	4.20	7.73	0.51	136.5	14.0	0.71	1.51	2.35089119	-0.84
15	4.78	7.66	0.53	229.6	28.0	1.03	2.34	2.67603933	-0.33
52	3.09	7.03	0.54	445.4	29.0	1.68	3.50	1.73344988	1.77
14	4.90	7.15	0.54	582.1	42.0	1.75	4.08	2.7454491	1.33
45	3.38	8.46	0.57	245.4	19.1	1.14	2.55	1.89176315	0.66
38	3.80	8.10	0.60	257.3	33.1	1.21	2.90	2.12912379	0.78
59	2.80	7.40	0.60	197.0	37.2	1.68	3.65	1.56882805	2.08
17	4.69	7.92	0.61	368.6	26.7	1.28	2.56	2.62813368	-0.07
55	2.98	7.85	0.62	147.6	31.2	1.49	3.09	1.67086203	1.42
29	4.10	7.89	0.67	251.6	33.0	1.28	3.00	2.29721251	0.70
102	1.00	7.79	0.70	167.8	27.1	0.84	2.47	0.559736	1.91
12	5.09	7.81	0.74	296.2	30.8	1.65	3.17	2.85465359	0.32
34	4.00	8.01	0.75	346.4	31.1	0.81	3.23	2.23894399	0.99
57	2.90	7.14	0.83	390.4	51.1	1.88	3.79	1.62323439	2.16
76	2.30	7.85	0.87	129.8	46.0	1.95	3.15	1.28868019	1.86
32	4.00	8.14	0.88	255.0	28.8	1.10	3.10	2.24118294	0.85
42	3.40	7.10	0.98	267.6	11.0	0.84	1.82	1.9050055	-0.08
40	3.60	8.53	1.00	216.0	21.1	1.34	2.66	2.01706464	0.65
86	1.70	7.05	1.04	281.3	49.2	1.34	2.76	0.9515512	1.81
19	4.50	8.61	1.09	917.5	44.0	1.91	4.49	2.5213308	1.97
47	3.20	8.00	1.18	321.6	13.0	1.28	1.72	1.79115519	-0.07
68	2.49	8.71	1.21	116.5	28.0	1.88	2.76	1.39654969	1.37
41	3.49	8.31	1.30	393.3	17.2	1.41	2.85	1.95516956	0.89
30	4.00	7.96	1.31	250.1	27.2	0.71	1.84	2.24118294	-0.40
36	3.90	8.52	1.37	323.7	49.0	1.68	4.85	2.18515336	2.66
50	3.20	7.23	1.59	498.4	15.0	1.14	2.23	1.79115519	0.44
24	4.20	8.72	1.68	188.4	37.9	0.58	2.50	2.35324208	0.15
66	2.50	7.07	1.72	682.2	44.0	4.10	5.84	1.40073933	4.44
58	2.88	8.06	1.72	303.6	19.2	2.49	4.07	1.61356269	2.46
101	1.10	7.21	1.83	343.4	17.2	2.15	2.86	0.6157096	2.24
33	4.00	8.08	2.16	251.4	31.0	1.14	3.19	2.23894399	0.95
65	2.50	8.07	2.65	426.9	44.0	1.61	4.07	1.40073933	2.67
48	3.20	8.47	2.80	287.1	27.0	1.82	2.87	1.79115519	1.08
83	1.80	8.30	3.13	272.9	53.2	1.48	4.05	1.0075248	3.04
74	2.40	6.97	3.44	365.8	13.2	1.34	2.12	1.34336639	0.78
109			3.57	286.5	19.2	1.28	2.46	0	2.46
81	1.80	7.13	3.73	286.2	49.2	1.88	3.72	1.00853232	2.71

82	1.80	6.72	4.01	282.6	45.2	1.49	3.23	1.0075248	2.22
99	1.19	7.60	4.27	340.2	23.2	1.42	2.76	0.66768111	2.10

Πίνακας 6 Σύγκριση αποτελεσμάτων επί τις % της οργανικής ουσίας σε σχέση με την μέθοδο απώλεια στην πύρωση μετά την διόρθωση αργίλου ως προς 1% υγρασίας.

#Δείγματος	% Υγρασίας	pH	CaCO3 %	EC μ S/cm	Άργιλος%	Οργανική ουσία%	% LOI	LOI adj (1% H ₂ O)
1	6.39	7.67	0.26	421.4	24.8	1.40	2.25	2.00614795
2	6.29	8.01	0.29	672.3	14.8	1.05	1.60	1.45520641
3	5.89	8.20	0.42	374.8	32.8	1.82	2.85	2.52081632
4	5.80	7.86	0.39	298.9	24.4	1.16	2.04	1.80089529
5	5.73	8.23	0.38	166.3	14.7	1.25	1.61	1.46549287
6	5.69	8.41	0.21	235.2	17.0	1.29	1.31	1.14445905
7	5.19	7.80	0.08	91.4	14.8	1.38	1.52	1.36715152
8	5.10	8.10	7.72	447.4	40.7	2.24	3.85	3.43896822
9	5.10	7.11	0.25	104.5	28.7	1.49	2.58	2.29255421
10	5.10	8.36	0.20	111.7	21.0	1.25	2.13	1.92414634
11	5.09	8.30	0.49	253.3	26.0	0.92	2.54	2.28323499
12	5.09	7.81	0.74	296.2	30.8	1.65	3.17	2.86522471
13	4.90	7.93	0.37	776.0	41.2	1.45	3.84	3.42617427
14	4.90	7.15	0.54	582.1	42.0	1.75	4.08	3.65523511
15	4.78	7.66	0.53	229.6	28.0	1.03	2.34	2.06454638
16	4.70	7.75	0.46	268.8	24.7	1.25	2.26	2.01379008
17	4.69	7.92	0.61	368.6	26.7	1.28	2.56	2.28882552
18	4.60	8.14	0.43	573.9	26.0	1.52	2.04	1.78498978
19	4.50	8.61	1.09	917.5	44.0	1.91	4.49	4.05320794
20	4.50	7.76	0.44	88.4	22.8	0.89	2.54	2.31569008
22	4.39	8.12	0.43	249.4	38.0	1.01	3.03	2.64713987
23	4.20	6.11	0.40	292.6	14.0	0.61	1.60	1.46481444
24	4.20	8.72	1.68	188.4	37.9	0.58	2.50	2.12075848
25	4.20	7.73	0.51	136.5	14.0	0.71	1.51	1.36753769
26	4.17	8.03	0.34	148.8	8.4	0.45	1.20	1.116
27	4.11	8.13	0.27	233.0	10.4	0.81	1.71	1.60454271
28	4.10	6.43	0.33	213.7	26.0	1.28	2.56	2.29885363
29	4.10	7.89	0.67	251.6	33.0	1.28	3.00	2.66586777
30	4.00	7.96	1.31	250.1	27.2	0.71	1.84	1.57037462
31	4.00	6.35	0.71	348.0	32.8	1.08	2.37	2.04603957
32	4.00	8.14	0.88	255.0	28.8	1.10	3.10	2.80809039
33	4.00	8.08	2.16	251.4	31.0	1.14	3.19	2.87588345
34	4.00	8.01	0.75	346.4	31.1	0.81	3.23	2.91840969
35	3.90	7.93	0.30	235.6	47.0	2.56	4.82	4.34644703
36	3.90	8.52	1.37	323.7	49.0	1.68	4.85	4.35677696
37	3.89	8.19	0.34	273.9	43.0	1.28	4.39	3.95826435
38	3.80	8.10	0.60	257.3	33.1	1.21	2.90	2.57388702

40	3.60	8.53	1.00	216.0	21.1	1.34	2.66	2.45277905
41	3.49	8.31	1.30	393.3	17.2	1.41	2.85	2.67387177
42	3.40	7.10	0.98	267.6	11.0	0.84	1.82	1.71370821
43	3.40	6.66	0.46	230.7	15.0	1.14	2.43	2.28161094
44	3.40	6.45	0.54	1023.0	35.0	1.82	3.83	3.4762668
45	3.38	8.46	0.57	245.4	19.1	1.14	2.55	2.35718492
46	3.30	7.10	7.85	372.0	27.3	1.41	3.38	3.11207029
47	3.20	8.00	1.18	321.6	13.0	1.28	1.72	1.59064777
48	3.20	8.47	2.80	287.1	27.0	1.82	2.87	2.60179487
49	3.20	7.44	0.22	316.2	19.0	1.14	2.23	2.04350254
50	3.20	7.23	1.59	498.4	15.0	1.14	2.23	2.08123732
51	3.10	7.84	0.32	208.3	21.0	1.29	2.85	2.64132383
52	3.09	7.03	0.54	445.4	29.0	1.68	3.50	3.2115448
53	3.00	8.06	0.49	103.2	39.1	1.81	3.95	3.55478451
54	3.00	9.65	0.47	93.8	25.1	1.34	2.53	2.28143106
55	2.98	7.85	0.62	147.6	31.2	1.49	3.09	2.77759835
56	2.90	6.05	0.72	382.5	49.0	1.41	4.10	3.61090653
57	2.90	7.14	0.83	390.4	51.1	1.88	3.79	3.27451092
58	2.88	8.06	1.72	303.6	19.2	2.49	4.07	3.87717599
59	2.80	7.40	0.60	197.0	37.2	1.68	3.65	3.27383333
60	2.79	8.07	9.05	379.3	55.2	2.20	4.45	3.89715254
61	2.79	8.13	12.63	735.0	43.0	2.20	3.13	2.70124512
62	2.59	8.35	0.34	119.3	29.9	1.61	2.59	2.28591421
63	2.58	8.50	0.28	126.8	34.0	1.42	3.13	2.7882586
64	2.58	7.16	0.41	367.7	41.8	1.28	3.05	2.63430489
65	2.50	8.07	2.65	426.9	44.0	1.61	4.07	3.63098121
66	2.50	7.07	1.72	682.2	44.0	4.10	5.84	5.39941606
67	2.50	8.25	0.41	237.4	18.0	1.23	2.14	1.9563174
68	2.49	8.71	1.21	116.5	28.0	1.88	2.76	2.48356192
69	2.48	7.15	0.49	1414.0	39.8	2.65	4.44	4.03915812
70	2.41	8.09	0.28	274.9	21.9	1.34	2.47	2.2500123
71	2.41	6.05	3.88	238.9	46.0	1.98	3.68	3.22421053
72	2.40	7.11	24.61	362.8	49.9	2.42	3.64	3.14303755
74	2.40	6.97	3.44	365.8	13.2	1.34	2.12	1.9916204
75	2.40	8.45	0.37	218.8	39.2	1.95	4.08	3.69176963
76	2.30	7.85	0.87	129.8	46.0	1.95	3.15	2.69315315
77	2.20	5.80	1.13	367.0	51.2	2.46	4.27	3.75694344
78	2.10	8.36	12.33	236.3	39.2	1.55	2.42	2.03160379
80	2.00	8.18	20.80	239.4	49.2	2.96	4.51	4.02006716
81	1.80	7.13	3.73	286.2	49.2	1.88	3.72	3.22349894
82	1.80	6.72	4.01	282.6	45.2	1.49	3.23	2.77380645

83	1.80	8.30	3.13	272.9	53.2	1.48	4.05	3.51917271
84	1.80	6.56	2.06	279.9	49.2	2.15	4.38	3.883
85	1.80	6.09	0.33	244.6	41.2	1.68	4.00	3.59221496
86	1.70	7.05	1.04	281.3	49.2	1.34	2.76	2.26808493
87	1.60	8.04	0.38	278.6	16.4	1.03	2.13	1.9679797
88	1.60	7.50	0.39	516.7	22.0	1.34	2.25	2.03409836
89	1.60	8.29	0.29	505.2	28.0	1.55	2.78	2.49777778
90	1.50	6.32	0.32	740.9	29.0	1.68	2.80	2.50503106
91	1.40	8.61	0.33	270.2	31.2	1.23	2.17	1.85518266
92	1.30	8.76	7.86	514.1	43.2	1.88	3.35	2.92229769
93	1.30	7.69	7.51	1175.0	31.1	1.61	2.47	2.16284956
94	1.30	4.70	7.70	736.9	37.1	1.55	2.90	2.53330683
95	1.29	7.56	0.45	475.7	47.1	1.68	4.74	4.26578422
96	1.20	7.53	0.33	357.9	29.2	2.02	4.75	4.46006612
97	1.20	8.13	0.46	125.9	13.2	0.91	1.71	1.57826157
98	1.20	8.20	0.34	418.2	21.2	0.78	2.14	1.9243174
99	1.19	7.60	4.27	340.2	23.2	1.42	2.76	2.53156192
100	1.10	7.71	0.29	587.4	21.2	1.88	3.28	3.07005128
101	1.10	7.21	1.83	343.4	17.2	2.15	2.86	2.68806129
102	1.00	7.79	0.70	167.8	27.1	0.84	2.47	2.2002216
103	0.89	6.32	0.74	442.6	35.2	1.14	3.65	3.29763504
104	0.80	6.04	0.54	415.8	9.2	0.94	1.62	1.52597939
105	0.70	6.25	0.84	364.2	37.1	1.01	3.87	3.50308806
106	0.60	4.80	0.32	194.4	11.2	0.54	1.72	1.60690799
107	0.40	7.61	0.47	328.6	33.2	1.28	3.43	3.101923
108			0.32	115.7	11.2	0.65	1.41	1.30071443
109			3.57	286.5	19.2	1.28	2.46	2.26953846
110			0.33	166.6	17.2	0.84	1.63	1.4573279

Πίνακας 7 Σύγκριση αποτελεσμάτων επί τις % της οργανικής ουσίας σε σχέση με την μέθοδο απώλεια στην πύρωσημεσουσχέτιση των δύο παραμέτρων που επηρεάζουν την οργανική ουσία του εδάφους (άργιλος, ανθρακικό ασβέστιο).

#Δείγματος	% Υγρασίας	pH	CaCO3 %	EC μ S/cm	Άργιλος%	Οργανική ουσία%	% LOI	Δ (CaCO3)	LOI (adj.)
7	5.19	7.80	0.08	91.4	14.8	1.38	1.52	2.90772237	-1.54
10	5.10	8.36	0.20	111.7	21.0	1.25	2.13	2.85750824	-0.93
6	5.69	8.41	0.21	235.2	17.0	1.29	1.31	3.19049519	-2.05
49	3.20	7.44	0.22	316.2	19.0	1.14	2.23	1.79115519	0.25
9	5.10	7.11	0.25	104.5	28.7	1.49	2.58	2.85750824	-0.56
1	6.39	7.67	0.26	421.4	24.8	1.40	2.25	3.58231039	-1.58
27	4.11	8.13	0.27	233.0	10.4	0.81	1.71	2.30181614	-0.70
70	2.41	8.09	0.28	274.9	21.9	1.34	2.47	1.34875603	0.90
63	2.58	8.50	0.28	126.8	34.0	1.42	3.13	1.44664241	1.34
100	1.10	7.71	0.29	587.4	21.2	1.88	3.28	0.61632531	2.45
89	1.60	8.29	0.29	505.2	28.0	1.55	2.78	0.89468381	1.60
2	6.29	8.01	0.29	672.3	14.8	1.05	1.60	3.52633679	-2.07
35	3.90	7.93	0.30	235.6	47.0	2.56	4.82	2.1873407	2.16
51	3.10	7.84	0.32	208.3	21.0	1.29	2.85	1.73691677	0.90
108			0.32	115.7	11.2	0.65	1.41	0	1.30
96	1.20	7.53	0.33	357.9	29.2	2.02	4.75	0.6716832	3.79
91	1.40	8.61	0.33	270.2	31.2	1.23	2.17	0.78284833	1.07
110			0.33	166.6	17.2	0.84	1.63	0	1.46
26	4.17	8.03	0.34	148.8	8.4	0.45	1.20	2.33920684	-1.22
98	1.20	8.20	0.34	418.2	21.2	0.78	2.14	0.6716832	1.25
62	2.59	8.35	0.34	119.3	29.9	1.61	2.59	1.45241167	0.83
37	3.89	8.19	0.34	273.9	43.0	1.28	4.39	2.17861751	1.78
13	4.90	7.93	0.37	776.0	41.2	1.45	3.84	2.7454491	0.68
75	2.40	8.45	0.37	218.8	39.2	1.95	4.08	1.34336639	2.35
5	5.73	8.23	0.38	166.3	14.7	1.25	1.61	3.21188637	-1.75
87	1.60	8.04	0.38	278.6	16.4	1.03	2.13	0.89647317	1.07
88	1.60	7.50	0.39	516.7	22.0	1.34	2.25	0.8955776	1.14
4	5.80	7.86	0.39	298.9	24.4	1.16	2.04	3.24971526	-1.45
64	2.58	7.16	0.41	367.7	41.8	1.28	3.05	1.44377493	1.19
67	2.50	8.25	0.41	237.4	18.0	1.23	2.14	1.40073933	0.56
3	5.89	8.20	0.42	374.8	32.8	1.82	2.85	3.30244239	-0.78
18	4.60	8.14	0.43	573.9	26.0	1.52	2.04	2.57736038	-0.79
22	4.39	8.12	0.43	249.4	38.0	1.01	3.03	2.46038047	0.19
20	4.50	7.76	0.44	88.4	22.8	0.89	2.54	2.5213308	-0.21
95	1.29	7.56	0.45	475.7	47.1	1.68	4.74	0.72476065	3.54
16	4.70	7.75	0.46	268.8	24.7	1.25	2.26	2.63338995	-0.62
97	1.20	8.13	0.46	125.9	13.2	0.91	1.71	0.6716832	0.91

107	0.40	7.61	0.47	328.6	33.2	1.28	3.43	0.22367095	2.88
54	3.00	9.65	0.47	93.8	25.1	1.34	2.53	1.67920799	0.60
69	2.48	7.15	0.49	1414.0	39.8	2.65	4.44	1.38962236	2.65
53	3.00	8.06	0.49	103.2	39.1	1.81	3.95	1.6808872	1.87
11	5.09	8.30	0.49	253.3	26.0	0.92	2.54	2.85465359	-0.57
25	4.20	7.73	0.51	136.5	14.0	0.71	1.51	2.35089119	-0.98
15	4.78	7.66	0.53	229.6	28.0	1.03	2.34	2.67603933	-0.61
52	3.09	7.03	0.54	445.4	29.0	1.68	3.50	1.73344988	1.48
14	4.90	7.15	0.54	582.1	42.0	1.75	4.08	2.7454491	0.91
45	3.38	8.46	0.57	245.4	19.1	1.14	2.55	1.89176315	0.47
38	3.80	8.10	0.60	257.3	33.1	1.21	2.90	2.12912379	0.44
59	2.80	7.40	0.60	197.0	37.2	1.68	3.65	1.56882805	1.71
17	4.69	7.92	0.61	368.6	26.7	1.28	2.56	2.62813368	-0.34
55	2.98	7.85	0.62	147.6	31.2	1.49	3.09	1.67086203	1.11
29	4.10	7.89	0.67	251.6	33.0	1.28	3.00	2.29721251	0.37
102	1.00	7.79	0.70	167.8	27.1	0.84	2.47	0.559736	1.64
12	5.09	7.81	0.74	296.2	30.8	1.65	3.17	2.85465359	0.01
34	4.00	8.01	0.75	346.4	31.1	0.81	3.23	2.23894399	0.68
57	2.90	7.14	0.83	390.4	51.1	1.88	3.79	1.62323439	1.65
76	2.30	7.85	0.87	129.8	46.0	1.95	3.15	1.28868019	1.40
32	4.00	8.14	0.88	255.0	28.8	1.10	3.10	2.24118294	0.57
42	3.40	7.10	0.98	267.6	11.0	0.84	1.82	1.9050055	-0.19
40	3.60	8.53	1.00	216.0	21.1	1.34	2.66	2.01706464	0.44
86	1.70	7.05	1.04	281.3	49.2	1.34	2.76	0.9515512	1.32
19	4.50	8.61	1.09	917.5	44.0	1.91	4.49	2.5213308	1.53
47	3.20	8.00	1.18	321.6	13.0	1.28	1.72	1.79115519	-0.20
68	2.49	8.71	1.21	116.5	28.0	1.88	2.76	1.39654969	1.09
41	3.49	8.31	1.30	393.3	17.2	1.41	2.85	1.95516956	0.72
30	4.00	7.96	1.31	250.1	27.2	0.71	1.84	2.24118294	-0.67
36	3.90	8.52	1.37	323.7	49.0	1.68	4.85	2.18515336	2.17
50	3.20	7.23	1.59	498.4	15.0	1.14	2.23	1.79115519	0.29
24	4.20	8.72	1.68	188.4	37.9	0.58	2.50	2.35324208	-0.23
66	2.50	7.07	1.72	682.2	44.0	4.10	5.84	1.40073933	4.00
58	2.88	8.06	1.72	303.6	19.2	2.49	4.07	1.61356269	2.26
101	1.10	7.21	1.83	343.4	17.2	2.15	2.86	0.6157096	2.07
33	4.00	8.08	2.16	251.4	31.0	1.14	3.19	2.23894399	0.64
65	2.50	8.07	2.65	426.9	44.0	1.61	4.07	1.40073933	2.23
48	3.20	8.47	2.80	287.1	27.0	1.82	2.87	1.79115519	0.81
83	1.80	8.30	3.13	272.9	53.2	1.48	4.05	1.0075248	2.51
74	2.40	6.97	3.44	365.8	13.2	1.34	2.12	1.34336639	0.65
109			3.57	286.5	19.2	1.28	2.46	0	2.27

81	1.80	7.13	3.73	286.2	49.2	1.88	3.72	1.00853232	2.21
82	1.80	6.72	4.01	282.6	45.2	1.49	3.23	1.0075248	1.77
99	1.19	7.60	4.27	340.2	23.2	1.42	2.76	0.66768111	1.86

