

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΣΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΑΜΜΩΝΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σιδιρόπουλος Χ., Παναγιωτίδης Α., Καρβούνη Α. και Τσιλιγκιρίδης Γ.
Εργαστήριο Κατασκευής Συσκευών Διεργασιών, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54 124 Θεσσαλονίκη,
E-mail: csidirop@auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), στις δραστηριότητες που παραδοσιακά θεωρούνται υπεύθυνες για το φαινόμενο του θερμοκηπίου εντάσσεται και η γεωργία. Η παρούσα εργασία δίνει μια εκτίμηση του μεγέθους των αερίων θερμοκηπίου N₂O και CH₄ καθώς και των αζωτούχων ενώσεων NH₃ και NO που προέρχονται από τη δραστηριότητα αυτή στην Ελλάδα. Ο υπολογισμός των εκπομπών βασίζεται αφενός στη μεθοδολογία IPCC (καλλιεργούμενη έκταση × αντιπροσωπευτικός συντελεστής εκπομπής ανά είδος καλλιέργειας) και αφετέρου λαμβάνει υπόψη πρόσθετους παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή των παραπάνω αερίων, όπως οι φυσιολογικές διαδικασίες ανάπτυξης και αποσύνθεσης κάθε τύπου βλάστησης, η καύση καλαμιών που γίνεται μετά το τέλος της συγκομιδής, η σύνθεση και η ποσότητα των ζωικών απορριμμάτων που εναποτίθενται στα βοσκοτόπια (μεθοδολογία EMEP/CORINAIR). Τα αποτελέσματα της εργασίας συγκρίνονται με εκπομπές από τις οδικές μεταφορές καθώς και με τις εθνικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και δίνεται η δυνατότητα να εντοπιστεί η βαρύτητα των εκπομπών της γεωργίας.

ON THE CONTRIBUTION OF AGRICULTURAL GREENHOUSE GAS AND AMMONIA EMISSIONS IN GREECE

Sidiropoulos C., Panagiotidis A., Karvouni A. and Tsilingiridis G.
Process Equipment Design Laboratory, Department of Mechanical Engineering
Aristotle University of Thessaloniki, 54 124 Thessaloniki, Greece
E-mail: csidirop@auth.gr

ABSTRACT

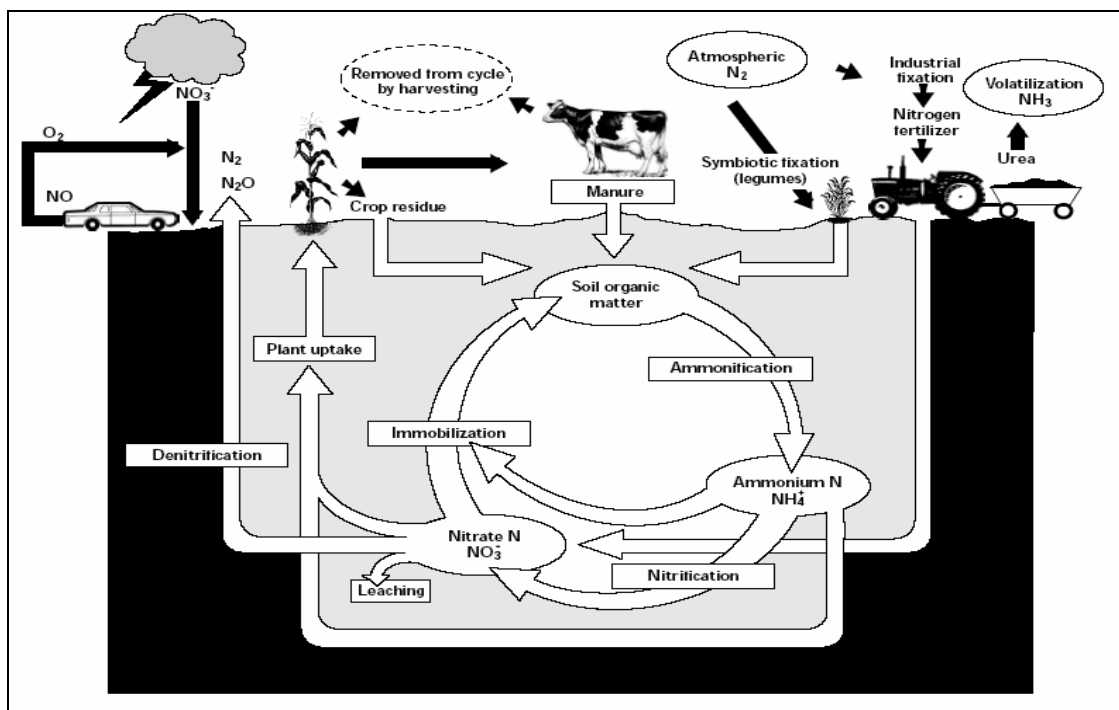
According to IPCC, agriculture is considered an activity responsible for greenhouse gas (GHG) emissions. The present paper contributes to the study of greenhouse gases (N₂O, CH₄) and the other air emissions (NH₃, NO) by providing a detailed calculation and analysis of emissions released by agriculture in Greece. The methodology is based on representative emission factors per cultivation multiplied by the area of cultivated land (IPCC methodology), taking further into account extra processes incorporated in the EMEP/CORINAIR methodology (the growth and decomposition of plants, the burning of residual crops and the application of animal manures to land). Emission results are compared to emissions released by transportation in Greece and national total GHG emissions.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), στις δραστηριότητες που παραδοσιακά θεωρούνται υπεύθυνες για το φαινόμενο του θερμοκηπίου εντάσσεται και η γεωργία [1]. Τα κύρια αέρια θερμοκηπίου που εκπέμπονται από γεωργικές διεργασίες είναι το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) και το μεθάνιο (CH_4). Σημαντικές είναι και οι εκπομπές αμμωνίας (NH_3), το μονοξείδιο του αζώτου (NO) και δευτερευόντως οι μη μεθανικές πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOC). Οι ενώσεις αυτές είναι μεγάλης σπουδαιότητας καθώς είναι πλέον αποδεκτό ότι παίζουν ρόλο στις εκπομπές τροποσφαιρικού όζοντος (O_3) και σωματιδίων (PM) (των πλέον ανησυχητικών ρύπων σε ότι αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση και τις επιπτώσεις της στην υγεία, η έκθεση στους οποίους μπορεί να οδηγήσει σε επιπτώσεις που κυμαίνονται από ελαφρές προσβολές του αναπνευστικού συστήματος έως πρόωρο θάνατο). Πιο συγκεκριμένα, το όζον δεν εκπέμπεται άμεσα, αλλά σχηματίζεται μέσω της αντίδρασης πτητικών οργανικών ενώσεων και οξειδίων του αζώτου (NO_x), παρουσία ηλιακού φωτός, τα δε σωματίδια είναι δυνατόν να εκπέμπονται άμεσα στον αέρα ή να σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα ως «δευτερογενή σωματίδια» από αέρια όπως τα NO_x και η NH_3 [2].

Στον τομέα της γεωργίας η παραγωγή αερίων κατά τις ποικίλες γεωργικές εργασίες εξαρτάται γενικά από παράγοντες όπως είναι η χρήση λιπασμάτων στις καλλιέργειες και τα βοσκοτόπια, οι φυσιολογικές διαδικασίες ανάπτυξης και αποσύνθεσης κάθε τύπου βλάστησης (π.χ. φυτά, διάφορες καλλιέργειες, χορτάρι, γρασίδι) και η καύση καλαμιών που γίνεται μετά το τέλος της συγκομιδής σε ορισμένες αγροτικές καλλιέργειες.

Οι κύριες διαδικασίες παραγωγής των αζωτούχων ρύπων είναι η αζωτοποίηση-nitrification (οξείδωση της ρίζας του αμμωνίου NH_4^+ σε νιτρική ρίζα NO_3^-) και η αφαίρεση του αζώτου-denitrification (μετατροπή της νιτρικής ρίζας NO_3^- σε αέριες μορφές N και τελικά σε N_2 και N_2O) και οφείλονται κυρίως στη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων στις καλλιέργειες. Αυτές οι διαδικασίες παρουσιάζονται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1. Διαδικασίες αζωτοποίησης και αφαίρεσης του αζώτου [3].

Στην Ελλάδα, η έρευνα που αφορά τη συμβολή της γεωργίας στις εκπομπές αέριων ρύπων βρίσκεται σε σχετικά αρχικό στάδιο. Η παρούσα εργασία έχει στόχο να συμβάλλει στη μελέτη της γεωργίας ως πηγής αέριας ρύπανσης δίνοντας αναλυτική εκτίμηση του μεγέθους των εκπομπών που προέρχονται από τη δραστηριότητα αυτή.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ο υπολογισμός των εκπομπών βασίζεται αφενός στη μεθοδολογία IPCC [1] (καλλιεργούμενη έκταση × αντιπροσωπευτικός συντελεστής εκπομπής ανά είδος καλλιέργειας) και αφετέρου λαμβάνει υπόψη πρόσθετους παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την παραγωγή των παραπάνω αερίων, όπως αυτοί περιγράφονται στη μεθοδολογία EMEP/CORINAIR [3] της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος (EEA). Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή της μεθοδολογίας EMEP/CORINAIR, εκτός των συνολικών εκτάσεων ανά είδος καλλιέργειας, απαιτεί τη χρήση πρόσθετων πληροφοριών όπως οι ποσότητες, ο τύπος και η ακριβής σύσταση των αζωτούχων λιπασμάτων ανά είδος καλλιέργειας, ο χρόνος ρίψης του λιπάσματος σε σχέση με το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας, εκτιμήσεις για τις βιολογικές διαδικασίες ανάπτυξης και αποσύνθεσης των τύπων βλάστησης, γνώση των κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν σε κάθε περιοχή, κ.ά, τις οποίες δε λαμβάνει υπόψη η μεθοδολογία IPCC. Σε κάθε περίπτωση, ο συνδυασμός των δυο αυτών μεθοδολογιών θεωρείται διεθνώς ο πιο κατάλληλος για την εκτίμηση των εκπομπών από τη γεωργία [4]. Η μεθοδολογία που ακολουθεί η παρούσα εργασία περιγράφεται στη συνέχεια αναλυτικά με τη βοήθεια σχέσεων για καθεμιά υποκατηγορία προέλευσης των εκπομπών.

2.1. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Τα είδη των καλλιεργειών στην Ελλάδα χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΣΥΕ) και παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Αροτραίες καλλιέργειες	22.113
Δενδρώδεις καλλιέργειες	9.974
Αμπέλια	1.315
Λαχανικά και λοιπές κηπευτικές καλλιέργειες	2.313
Γρασίδια	747
Θερμοκήπια	48

2.2. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

Καλλιέργειες όπου γίνεται χρήση λιπασμάτων είναι οι αροτραίες και δενδρώδεις καλλιέργειες, τα αμπέλια, τα λαχανικά και οι λοιπές κηπευτικές καλλιέργειες. Το άζωτο-πηγή των ενώσεων στην κατηγορία αυτή προέρχεται αποκλειστικά από το Ν που εισχωρεί στο έδαφος μέσω των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων και των υπολειμμάτων συγκομιδής των φυτών. Η λίπανση των φυτών διεξάγεται με δύο τρόπους: τη βασική λίπανση, στην οποία το λίπασμα ενσωματώνεται στο χώμα με το όργωμα και τη σπορά και την επιφανειακή λίπανση, η οποία γίνεται τμηματικά κατά τις διάφορες φάσεις ανάπτυξης του φυτού. Με βάση σχετικά δημοσιευμένα στοιχεία, στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται κυρίως η θειική αμμωνία και η νιτρική αμμωνία [6]. Η θειική αμμωνία χρησιμοποιείται στα πλαίσια της βασικής λίπανσης, αφενός γιατί δεν κινδυνεύει από έκπλυση και αφετέρου γιατί απαιτείται

σχετικά μακρά χρονική περίοδος για τη μικροβιακή νιτροποίηση του Ν. Η νιτρική αμμωνία που εκπλύνεται εύκολα μιας και περιέχει το Ν σε νιτρική μορφή, εφαρμόζεται επιφανειακά.

Για την εκτίμηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από την κατηγορία αυτή καθώς και των λοιπών αζωτούχων ενώσεων χρησιμοποιούνται οι σχέσεις [3]:

$$\square E_{N_2O} = HA \times EF_{N_2O} \quad [kg/a]$$

όπου: HA η έκταση της καλλιέργειας [str]
 $EF_{N_2O} = 0,0125 \text{ kgN-N}_2\text{O/kgN Λιπάσματος } i \times 0,9 \times \alpha + \beta + 0,01 \text{ kgN-N}_2\text{O/kgN-(NH}_3\text{+NO}_x) \times \gamma \times 44/28 \times 1/10$
 α η συνολική ποσότητα Ν που εναποτίθεται στο έδαφος από το λίπασμα και από κατάλοιπα συγκομιδής [kgN Λιπάσματος i/str,a]
 $\beta = 5 \text{ kgN-N}_2\text{O/str,a}$
 γ το άθροισμα των εκπομπών NH₃ και NO_x [kgN-(NH₃+NO_x)/str,a]

Οι τυπικές ποσότητες χρήσης λιπασμάτων α ανά καλλιέργεια στην Ελλάδα καθώς και οι περιεκτικότητες σε Ν των λιπασμάτων, έχουν αντληθεί από τη βιβλιογραφία [7,8,9,10,11], ενώ ο συντελεστής γ υπολογίζεται με βάση τις εκπομπές NH₃ και NO.

$$\square E_{CH_4} = HA \times SF \times CF \times EF_{CH_4} \quad [kg/a]$$

όπου: HA η έκταση των καλλιεργειών ρυζιού \times τον αριθμό των σοδειών των εκτάσεων [str/a]
SF το ποσοστό του συντελεστή εκπομπής για το συγκεκριμένο τρόπο αερισμού των χωραφιών (50% για την Ελλάδα)
CF διορθωτικός συντελεστής (2 για καλλιέργειες με χρήση οργανικών λιπασμάτων και 1 για καλλιέργειες χωρίς χρήση τους)
 $EF_{CH_4} = 20 \text{ kg CH}_4\text{/str}$ για ορυζώνα συνεχώς πλημμυρισμένο, όπου δε γίνεται χρήση οργανικών λιπασμάτων (κοπριά)

$$\square E_{NH_3} = \Sigma \text{ Μάζα Λιπάσματος } i \text{ [kg N/a]} \times EF_{NH_3} \text{ Λιπάσματος } i \times 17/14 \quad [kg/a]$$

όπου: i το είδος του λιπάσματος
 $EF_{NH_3} = 0,15 \text{ kgN-NH}_3\text{/kgN}$ για $i =$ θειική αμμωνία,
 $= 0,03 \text{ kgN-NH}_3\text{/kgN}$ για $i =$ νιτρική αμμωνία,
 $= 0,03 \text{ kgN-NH}_3\text{/kgN}$ για $i =$ κάθε είδος λιπάσματος σε βοσκοτόπια

$$\square E_{NO} = 0,3\% \times \Sigma \text{ Μάζα Λιπασμάτων και υπολειμμάτων συγκομιδής} \times 30/14 \quad [kg/a]$$

2.3. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΧΩΡΙΣ ΧΡΗΣΗ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

Οι καλλιέργειες στις οποίες δε γίνεται χρήση αζωτούχων λιπασμάτων περιλαμβάνουν κτηνοτροφικά και βρώσιμα όσπρια, καθώς και εκτάσεις που χρησιμοποιούνται για εκτροφή ζώων (βοσκοτόπια) [12]. Το άζωτο-πηγή των ενώσεων σε αυτή την κατηγορία προέρχεται αποκλειστικά από το Ν που παράγεται από τα φυτά μέσω της διαδικασίας της αζωτοδέσμευσης (N-fixation) και εισχωρεί στο έδαφος μέσω των ριζών τους και των υπολειμμάτων συγκομιδής τους.

Η εκτίμηση των εκπομπών N₂O σε αυτήν την περίπτωση γίνεται με βάση τη σχέση [3]:

$$E_{N_2O} = HA \times EF_{N_2O} \quad [kg/a]$$

όπου: HA η έκταση της καλλιέργειας [str]
 $EF_{N_2O} = 0,0125 \text{ kgN-N}_2\text{O/kgN} \times 0,9 \times \alpha + \beta + 0,01 \text{ kgN-N}_2\text{O/kgN-}(\text{NH}_3+\text{NO}_x) \times \gamma \times 44/28 \times 1/10$
 α η συνολική ποσότητα N που εισχωρεί στο έδαφος μέσω της διαδικασίας της αζωτοδέσμευσης [kgN/str,a]
 $\beta = 5 \text{ kgN-N}_2\text{O/str,a}$
 γ το άθροισμα των εκπομπών NH₃ και NO_x [kgN-(NH₃+NO_x)/str,a]

Για τον υπολογισμό του N που εισχωρεί στο έδαφος από τις καλλιέργειες χωρίς λιπάσματα γίνεται χρήση των τιμών του Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Ποσότητες N [kgN/str] ανά καλλιέργεια λόγω αζωτοδέσμευσης για καλλιέργειες χωρίς λίπασμα [3]	
Χωράφι με όσπρια ή τριφύλλια	10
Λιβάδι με τριφύλλια για βοσκή ζώων	16
Λιβάδι με τριφύλλια για βοσκή ζώων	42
Λιβάδι με τριφύλλια και γρασίδια για βοσκή ζώων	20

Οι εκπομπές NH₃ και NO προσδιορίζονται με τη βοήθεια των σχέσεων [3]:

$$E_{NH_3} = \sum EF_{NH_3} \text{ ανά είδος καλλιέργειας } k \times HA_k \text{ [str]} \times 17/14 \quad [kg/a]$$

όπου: k το είδος καλλιέργειας χωρίς λίπασμα
 $EF_{NH_3} = 0,1 \text{ kg N-NH}_3/\text{str}$ για k = καλλιέργεια οσπρίων,
 $1,2 \text{ kg N-NH}_3/\text{str}$ για k = λιβάδια με γρασίδια και τριφύλλια
 $0,4 \text{ kg N-NH}_3/\text{str}$ για k = λιβάδια με γρασίδια μόνο

$$E_{NO} = 0,3\% \times (N_{\text{υπολειμμάτων χωρίς λίπασμα}} + N_{\text{fixation}}) \times 30/14 \quad [kg/a]$$

όπου: $N_{\text{υπολειμμάτων χωρίς λίπασμα}}$ η ποσότητα του N [kgN-NO] που λόγω των υπολειμμάτων συγκομιδής εναποτίθεται στην καλλιέργεια k
 $N_{\text{fixation}} = \sum \text{Ποσότητα N ανά καλλιέργεια } k \text{ [kgN-NO/str]} \times HA_k$

Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι οι σχέσεις υπολογισμού των εκπομπών N₂O και NO είναι ανάλογες με αυτές που αναφέρονται στις καλλιέργειες με χρήση λιπασμάτων, με τη διαφορά ότι εδώ το N που εισχωρεί στο έδαφος δημιουργείται με τη διαδικασία αζωτοδέσμευσης των ψυχανθών και την παράχωση των υπολειμμάτων συγκομιδής.

2.4. ΚΑΥΣΗ ΚΑΛΑΜΙΩΝ/ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ

Σε αυτήν την κατηγορία, κύρια πηγή σχηματισμού είναι το N που περιέχεται στο φυτό, οπότε θα περιέχεται και στα υπολείμματά του και τελικά και στο χόμα κάτω από τις καμένες καλαμιές. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν καλλιέργειες που τα υπολείμματά τους είναι καλαμιές και τέτοιες είναι τα δημητριακά (σιτάρι, κριθάρι, καλαμπόκι, βρώμη, σίκαλη) και τα

βιομηχανικά φυτά (ζαχαροκάλαμα, βαμβάκι, καπνός, ηλιόσπορος, κά). Η εκτίμηση των εκπομπών που απελευθερώνονται κατά την καύση των υπολειμμάτων των παραπάνω καλλιεργειών γίνεται με βάση τις σχέσεις [1]:

- $E_{N_2O} = \Xi B \times \text{Fret burn} \times \text{Fret oxid} \times \text{Fret C} \times \text{Fret C/N} \times EF \times (44/28)$ [kg/a]
- $E_{CH_4} = \Xi B \times \text{Fret burn} \times \text{Fret C} \times EF$ [kg/a]
- $E_{NH_3} = \Xi B \times \text{Fret burn} \times \text{Fret oxid} \times \text{Fret C} \times \text{Fret C/N} \times EF$ [kg/a]
- $E_{NO} = \Xi B \times \text{Fret burn} \times \text{Fret oxid} \times \text{Fret C} \times \text{Fret C/N} \times EF \times (30/14)$ [kg/a]

όπου,	ΞB	το περιεχόμενο των καλλιεργειών σε ξηρή βιομάζα που υπολογίζεται από τον τύπο: $\Xi B = C_{\text{crop}} \times CF \times DF$ [kg]
	Fret burn	το ποσοστό της ξηρής βιομάζας που καίγεται
	Fret oxid	το ποσοστό των παραγώγων της καύσης που οξειδώνεται από την ξηρή βιομάζα που καίγεται
	Fret C	το ποσοστό του άνθρακα στην ξηρή βιομάζα [kgC/kg ΞB]
	Fret C/N	ο λόγος N/C στην ΞB [kgN/kgC]
	Crop	η ετήσια παραγόμενη ποσότητα καρπού σιτηρών-υπολειμμάτων συγκομιδής [kg/a]
	CF	ο συντελεστής μετατροπής της σοδειάς σε συνολική χλωρή βιομάζα (XB) [kgXB/kg παραγόμενης σοδειάς]
	DF	το ποσοστό ξηρού μέρους της XB [kg ξηρού μέρους/kgXB]
	EF	ο συντελεστής εκπομπής, ο οποίος παίρνει τις εξής τιμές: 2,4 kgNH ₃ /tn ΞB , 0,121 kg N-NO/kg ΞB , 0,007 kg N-N ₂ O/kg ΞB , 0,005 kg CH ₄ /kgC ΞB

Στον Πίνακα 3 παρατίθενται τα απαιτούμενα δεδομένα εισόδου για την εφαρμογή της μεθόδου. Έχουν προκύψει από τη βιβλιογραφία (χρήση τυπικών τιμών ή - σε περίπτωση που υπάρχουν - τιμές αντιπροσωπευτικές για την Ελλάδα) ή/και εκτιμήσεις/παραδοχές που προέρχονται από ειδικούς και αντανakλούν την πρακτική που ακολουθείται στη χώρα [1,3,7,8,9,10,11].

Πίνακας 3. Δεδομένα εισόδου για τον υπολογισμό των εκπομπών από την καύση υπολειμμάτων της συγκομιδής στην Ελλάδα						
Παράμετρος υπολογισμού	Σιτάρι	Κριθάρι	Βρώμη	Σίκαλη	Καλαμπόκι	Βιομηχανικά φυτά
CF [%]	33,33	50	33,33	16,67	100	200
DF [%]	83	83	83	83	40	85
Fret burn [%]	100	100	100	100	100	25
Fret C/N [kgN/kgC]	0,012	0,015	0,015	0,015	0,02	0,015
Fret C [kgC/kg ΞB]	48,53	45,67	50	50	47,09	0,50
Fret oxid [%]	90	90	90	90	90	85

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στον Πίνακα 4 δίνονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των εκπομπών από τη γεωργία. Για λόγους σύγκρισης δίνονται και οι αντίστοιχες εκπομπές από τις οδικές μεταφορές και οι συνολικές εθνικές εκπομπές στην Ελλάδα.

Πίνακας 4. Εκπομπές σε [t/a] από δραστηριότητες στην Ελλάδα (2002)				
Δραστηριότητα	NH₃	N₂O	NO	CH₄
Γεωργία	70.894	39.375	15.305	17.570
Οδικές Μεταφορές [13]	2.452	1.365	112.563	138.020
Σύνολο εθνικών εκπομπών [14]	-	45.040	-	544.760

Η σημαντικότητα της πηγής καταδεικνύεται από το γεγονός ότι οι εκπομπές NH₃ και N₂O από τη γεωργία είναι σχεδόν 29 φορές μεγαλύτερες τόσο από τις εκπομπές NH₃ όσο και N₂O που προέρχονται από τις οδικές μεταφορές. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι εκπομπές ανά επιμέρους γεωργική δραστηριότητα στην Ελλάδα, όπως προέκυψαν από την εφαρμογή της αναλυτικής μεθοδολογίας που περιγράφηκε στην παράγραφο 3 της εργασίας.

Πίνακας 5. Εκπομπές ρύπων [t/a] ανά κατηγορία καλλιεργειών στην Ελλάδα (2002)					
Δραστηριότητα	Κατηγορία καλλιεργειών	NH₃	N₂O	NO	CH₄
Καλλιέργειες με λιπάσματα	Σιτηρά	18.587	13.837	1.207	-
	Ορυζώνες	483	161	11	2.515
	Βιομηχανικά φυτά	10.296	6.501	4.393	-
	Κτηνοτροφικά φυτά (για καρπό)	3.514	796	40	-
	Κτηνοτροφικά φυτά (για γρασίδια)	2.717	934	54	-
	Πεπονοειδή - Πατάτες	1.112	1.104	224	-
	Λαχανικά	1.592	1.234	370	-
	Αμπέλια	1.950	1.322	97	-
	Δέντρα	17.744	12.599	950	-
	Σύνολο	57.995	38.488	7.346	2.515
Καλλιέργειες χωρίς χρήση λιπασμάτων	Βρώσιμα όσπρια + Κτηνοτροφικά όσπρια + Κτηνοτροφικά φυτά για σανό	891	565	368	-
Καύση υπολειμμάτων συγκομιδής	Σιτηρά + Ορυζώνες + Βιομηχανικά φυτά	12.008	322	7.591	15.055
	Σύνολο	70.894	39.375	15.305	17.570

Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων του Πίνακα 5 προκύπτουν σχετικά με τις εκπομπές NH₃ τα εξής:

- Οι εκπομπές NH₃ προέρχονται κατά 82% από τη ρίψη αζωτούχων λιπασμάτων. Σημαντική ποσότητα NH₃ εκπέμπεται από την εφαρμογή λιπασμάτων σε σιτηρά και δενδρώδεις καλλιέργειες.
- Η καύση των υπολειμμάτων συγκομιδής δεν μπορεί να αμεληθεί ως προς την περιβαλλοντική επιβάρυνση που προκαλεί (17% των συνολικών εκπομπών NH₃), σε αντίθεση με τις καλλιέργειες όπου δε γίνεται χρήση λιπασμάτων.

Όσον αφορά τα αέρια του θερμοκηπίου παρατηρούνται τα εξής:

- Το εκπεμπόμενο N_2O προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από τις καλλιέργειες με λιπάσματα.
- Κύρια πηγή παραγωγής CH_4 από τις καλλιέργειες στην Ελλάδα είναι η καύση των υπολειμμάτων συγκομιδής και κατά δεύτερο λόγο η καλλιέργεια ρυζιού, όπου λόγω των αναερόβιων ζυμώσεων του φυτού στο νερό παράγεται μεθάνιο.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συμβολή της γεωργίας στις συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στην Ελλάδα και NH_3 είναι σημαντική. Για το 2002, οι εκπομπές N_2O και NH_3 από τη γεωργία ήταν 29 φορές μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες εκπομπές των οδικών μεταφορών. Στη χώρα μας η σημαντικότερη πηγή εκπομπών NH_3 είναι η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων και ακολουθεί η καύση υπολειμμάτων συγκομιδής. Η χρήση αζωτούχων λιπασμάτων είναι η σημαντικότερη πηγή και για τις εκπομπές N_2O . Για το CH_4 η σημαντικότερη πηγή είναι η καύση υπολειμμάτων συγκομιδής και οι ορυζώνες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Eggleston S., L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe (eds.) (2006), 'IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories'
2. Ανακοίνωση της Επιτροπής στο Συμβούλιο και στο Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο COM (2005), 'Θεματική στρατηγική για την ατμοσφαιρική ρύπανση', Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων
3. Joint EMEP/CORINAIR (2007), 'Atmospheric Emissions Inventory Guidebook', third edition, Copenhagen, European Environment Agency, Group 10 - Agriculture
4. Havlikova M. and C. Kroeze (2006), 'Evaluation of methods for quantifying agricultural emissions of air, water and soil pollutants', The Science of the Total Environment, 372: 133-147
5. Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος (2003), 'Εκτάσεις γεωργικών καλλιεργειών κατά είδος 2002', Προσωρινά αποτελέσματα της Ετήσιας Γεωργικής Στατιστικής Έρευνας, Αθήνα
6. Official site of International Fertilizer Industry Association (2007), Internet address: <http://www.fertilizer.org/ifa/statistics/>
7. Ντόγρας Κ. (2003-04), Σημειώσεις στο μάθημα 'Γενική Λαχανοκομία', Θεσσαλονίκη
8. Ντόγρας Κ. (2003-04), Σημειώσεις στο μάθημα 'Ειδική Λαχανοκομία I & II', Θεσσαλονίκη
9. Βασιλακάκης Μ. (1997), 'Γενική δεντροκομία', Εκδόσεις Δεδούση, Θεσσαλονίκη
10. Παπακώστα-Τασοπούλου Δ. (2005), 'Ειδική Γεωργία Ι', Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη
11. Παπακώστα-Τασοπούλου Δ. (2002), 'Βιομηχανικά φυτά: ζαχαρότευτλα, βαμβάκι, καπνός', Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη
12. Τσιουβάρας Κ. (2005), καθηγητής Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος ΑΠΘ, προσωπική επικοινωνία
13. Τσιλιγκιρίδης Γ. (2005), 'Εκτίμηση και χαρτογραφική απεικόνιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Ελλάδα', Τελική Έκθεση προς το ΥΠΕΧΩΔΕ
14. Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (2002), Internet address <http://www.climate.noa.gr/>