



Ε.Γ.Μ.Ε.

Εταιρία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος

ΠΡΑΚΤΙΚΑ
5ου ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ
ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ



Συνεδριακό κέντρο ΤΕΙ Λάρισας
18-20 Οκτωβρίου 2007

VEOLIA

ΠΡΑΚΤΙΚΑ
5^ο ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ (ΕΓΜΕ)
Βόλος, 10 Οκτωβρίου 2007.
Επιμέλεια πρακτικών: Νικόλαος Κατσούλας,
Γ. Γραμματέας ΕΓΜΕ
Λέκτορας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
τηλ. 2421093249, e-mail: nkatsoul@uth.gr

Επιμέλεια εξώφυλλου πρακτικών και αφίσας συνεδρίου:
Δρ. Χρήστος Καβαλάρης,
ΙΔΑΧ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

**ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΛΛΑΔΟΣ (ΕΓΜΕ)
HELLENIC SOCIETY OF AGRICULTURAL
ENGINEERS (HelAgEng)**

**ΠΡΑΚΤΙΚΑ
5^ο ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**

*«Η συμβολή των Γεωργικών Μηχανικών σε μια
ανταγωνιστική γεωργία»*

Λάρισα, 18-20 Οκτωβρίου 2007

Υπό την Αιγίδα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
Συνδιοργάνωση: ΤΕΙ Λάρισας

5^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής

Οργανωτική Επιτροπή

Πρόεδρος:

Γέμτος Θ. Α., Καθηγητής Π.Θ.

Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Σακελλαρίου Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.

Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ

Κατσούλας Ν., Λέκτορας Π.Θ

Φουντάς Σ., Δρ. Π.Θ.

Καβαλάρης Χ., Δρ. Π.Θ.

Καραμούτης Χ., Δρ. Π.Θ.

Λέλλης Θ., Αν. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Ντιούδης Π., Αν. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Πατέρας Δ., Αν. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Γράβαλος Ι., Επ. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Γιαλαμάς Θ., Καθ. Εφαρμογών, ΤΕΙ Λάρισας

Τούλιος Λ., Ερευνητής, ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ

Καλφούντζος Δ., Ερευνητής, ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ

Επιστημονική Επιτροπή

Πρόεδρος:

Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Αναστασιάδου-Παρθενίου Ε., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.

Αρβανίτης Κ. Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

Ασημακόπουλος Ι., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Βαλιάντζας Ι., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Βάλμης Σ., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Βουγιούκας Στ., Επικ. Καθηγητής ΑΠΘ

Γέμτος Θ., Καθηγητής Π.Θ.

Γεωργακάκης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Γιαννόπουλος Στ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Δημήρκου Ανθ., Αν. Καθηγήτρια Π.Θ.

Ζήσης Θ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Καλφούτζος Δ., ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ

Καραντούνιας Γ., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Κατσούλας Ν., Λέκτορας Π.Θ.

Κερκίδης Π., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.

Κυρίτσης Σ., Ομ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

Λιακατάς Α., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Μαρτζόπουλος Γ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μισοπολινός Ν., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπαρτζάνας Θ., Δρ. Π.Θ.
Μπριασούλης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Παναγάκης Π., Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παναγιωτόπουλος Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Πανώρας Α., Ερευνητής Ι.Ε.Β. ΕΘΙΑΓΕ
Παπαδάκης Γ., Αν. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παπαμιχαήλ Δ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Παρισόπουλος Γ., Δ/ντης Ι.Γ.Ε.Μ.Κ., ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε.
Πατέρας Δ., Αν. Καθηγητής ΤΕΙ Λάρισας
Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.
Συγριμής Ν., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Συλλαίος Ν., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τούλιος Λ., ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ
Τσατσαρέλης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Φουντάς Σ., Δρ. Π.Θ.
Χουλιάρης Ν., Καθηγητής ΤΕΙ Λάρισας

Κατάλογος αξιολογητών των εργασιών

Αλεξανδρίδης Θ.	Μιμίδης Θ.
Αλεξίου Ι.	Μπαμπατζιμόπουλος Χ
Αντωνόπουλος Β.	Μπαρμπαγιάννης Ν.
Αργυροκαστρίτης Ι.	Μπαρτζάνας Θ.
Βουγιούκας Στ.	Μυγδάκος Ε.
Γέμτος Θ.	Μυστριώτης Α.
Γεωργίου Π.	Νάνος Γ.
Γιαννόπουλος Στ.	Παναγόπουλος Α.
Δομενικιώτης Ι.	Πανώρας Α.
Ελμαλόγλου Σ.	Παπαδάκης Γ.
Θεοχάρης Μ.	Παπαμιχαήλ Δ.
Καλφούντζος Δ.	Πατέρας Δ.
Καραθάνος Β.	Παυλάτου-Βε Α.
Καραμούζης Δ.	Προδρόμου Κ.
Καρυδάς Χ.	Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ.
Κατσούλας Ν.	Σταυρινός Ε.
Κερκίδης Π.	Συλλαίος Ν.
Κιοσέ-Καμπασακάλη Ε.	Τούλιος Λ.
Κίττας Κ.	Τσατσαρέλης Κ.
Κόκκορας Ι.	Τσιούρης Σ
Κωτσόπουλος Σπ.	Φουντάς Σπ.
Λουκάς Α.	Χαλκίδης Η.
Μαρτζοπούλου Χρ.	Ψιλοβίκος Α.
Ματσή Θεοδώρα	

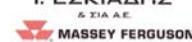
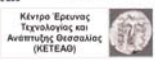
5^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής

Χορηγοί του συνεδρίου

- Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων
- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.
- Κ/Ε ΒΕΡΜΙΟΝ ΑΤΕΕ – ΧΑΥΔΑΣ - ΩΡΟΛΟΓΟΠΟΥΛΟΣ ΑΤΕ,
Ρουπακιάς Ι.
- SCIENTACT Α.Ε.
- ΚΑΜΕΛΙΔΗΣ Α.Τ.Ε.
- ΚΑΡΑΤΖΟΥΝΗΣ ΑΤΕΒΕ
- ΑΓΡΕΚ Κ. ΣΑΜΑΝΤΟΥΡΟΣ Α.Ε.
- AGROMA, Σ. Πέtkος & ΣΙΑ Ο.Ε.
- Κέντρο Έρευνας Τεχνολογίας και Ανάπτυξης Θεσσαλίας (Κ.Ε.ΤΕ.Α.Θ.)
- TERRA Α.Ε.
- Ι. Εσκιάδης και ΣΙΑ Α.Ε.Β.Ε.
- Ένωση Κατασκευαστών Γεωργικών Μηχανημάτων Ελλάδος
(Ε.ΚΑ.ΓΕ.Μ.)
- Δαλακούρας Γ., Πολιτικός Μηχανικός
- Κούτη Ευτυχία – Κηποτεχνικά.

Υπό την αιγίδα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και του ΤΕΙ Λάρισας

Χορηγοί:



ΕΝΩΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΚΑΜΕΛΙΔΗΣ

<http://lacec.agr.uth.gr/egme2007.htm>

Πρόλογος

Το 5^ο Εθνικό Συνέδριο της Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας (ΕΓΜΕ) οργανώνεται στο ΤΕΙ Λάρισας με συνδιοργανωτές το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και το ΤΕΙ Λάρισας. Πολλές συζητήσεις έγιναν για την αναγκαιότητα του συνεδρίου καθώς στους επόμενους οκτώ μήνες θα διεξαχθεί το Ευρωπαϊκό συνέδριο της Ευρωπαϊκής Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών (Ιούνιος 2008 στην Κρήτη), την οργάνωση του οποίου έχει αναλάβει η ΕΓΜΕ. Επικράτησε όμως η άποψη ότι το Εθνικό συνέδριο έχει διαφορετικούς και αυτοτελείς σκοπούς, όπως τη γνωριμία των νέων Ελλήνων ερευνητών που θα τους δοθεί ένα φιλικό βήμα να παρουσιάσουν τις εργασίες, τη γνωριμία των ερευνητικών ομάδων και του έργου τους, στοιχεία ιδιαίτερα σημαντικά για των επίτευξη των στόχων της Εταιρείας.

Το φετινό συνέδριο πραγματοποιείται μετά από μια ιδιαίτερα ξηρή χρονιά και ένα ιδιαίτερα θερμό καλοκαίρι που προκάλεσε σημαντικές ζημιές στις γεωργικές καλλιέργειες αλλά και στα δασικά οικοσυστήματα πολλών περιοχών της χώρας. Οι κλιματικές αλλαγές κάνουν έντονη την παρουσία τους και στη χώρα μας. Η εταιρεία μας έχει να παίξει σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια της άμβλυσης των αρνητικών τους επιπτώσεων. Η διαχείριση των υδάτινων και εδαφικών πόρων αποκτούν ιδιαίτερη σημασία και πολλές από τις εργασίες του συνεδρίου δίνουν νέες ιδέες και λύσεις. Η εκμηχάνιση της γεωργίας συμβάλλει στη διατήρηση μιας οικονομικά βιώσιμης γεωργίας στη χώρα μας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων, που τόσο ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα και αυξάνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σημαντική συμβολή στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της γεωργίας της χώρας, στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και στην καλύτερη αξιοποίηση των φυσικών πόρων προσφέρουν οι εφαρμογές των νέων τεχνολογιών στη γεωργία, η τεχνολογία των καλλιεργειών υπό κάλυψη και η συντήρηση και μεταποίηση των προϊόντων. Θεωρούμε ότι το 5^ο Συνέδριο θα συμβάλλει ουσιαστικά στην προώθηση κατάλληλων λύσεων στα παραπάνω θέματα.

Στο συνέδριο υπεβλήθησαν 137 περιλήψεις και τελικά έγιναν δεκτές 110 πλήρεις εργασίες που θα παρουσιαστούν προφορικά στις τρεις παράλληλες συνεδριάσεις του συνεδρίου. Πιστεύω ότι το συνέδριο θα ακολουθήσει την επιτυχία των προηγούμενων.

Με την ευκαιρία αυτή θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους αξιολογητές των εργασιών που υπεβλήθησαν και στους συντελεστές της οργάνωσης αυτού του συνεδρίου. Ο Λέκτορας του Π.Θ. κ. Ν. Κατσούλας και ο Δρ. κ. Σπ. Φουντάς διακαίονται τις περισσότερες, καθώς χάρη στην εργασία τους έγινε δυνατή η καλή οργάνωση του συνεδρίου. Ο Αν. Καθηγητής κ. Θ. Λέλλης και η ομάδα του ΤΕΙ Λάρισας είχαν σημαντική συμβολή. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους χορηγούς του συνεδρίου.

Ν. Ιωνία, 10 Οκτωβρίου 2007
Ο πρόεδρος της Οργανωτικής Επιτροπής



Καθηγητής Θ.Α. Γέμτος

Περιεχόμενα

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ – ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΙ	19
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΡΙΕΤΟΥΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΝΕΟΤΕΡΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	21
Μυγδάκος Ε., Πατσιαλή Σ., Αυγουλάς Χ., Μυγδάκος Γ. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΜΙΑΣ ΒΑΜΒΑΚΟΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	31
Ε. Γρ. Μυγδάκος ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΡΗΤΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	44
Ι. Γράβαλος, Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Α. Αυγουστής, Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Ζ. Τσιρόπουλος	44
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΣΕ ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	52
Ε. Λάμπου, Κ. Ζάννης και Ε. Καραγιάννης ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΙΣΟΠΕΔΩΣΗΣ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	58
Κ. Ζάννης, Δ. Μπόχτης, Ε. Λάμπου και Αθ. Καραγιάννης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΗΣ ΕΛΞΗΣ ΚΑΙ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΜΕ ΟΜΟΙΩΜΑ ΤΡΟΧΟΦΟΡΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ	65
Θ.Α. Γιαλαμας, Ι. Γραβαλος, Α. Ανδρέου, Σ. Τσάντζος, Δ. Κατέρης, Κ.Α. Τσατσαρέλης, Θ. Α. Γέμτος ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	73
Θ. Α. Γιαλαμάς, Ε. Παπαχρήστου, Ι. Γραβαλος, Δ. Κατέρης, Χ. Δημητριάδης, Κ.Α. Τσατσαρέλης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΘΑΛΑΜΟ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	80
Θ.Α. Γιαλαμάς, Ι. Γράβαλος, Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Κ.Α.Τσατσαρέλης, Θ.Α. Γέμτος ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΕΥΣΤΑΘΙΑΣ ΓΙΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	87
Θ.Α. Γιαλαμας, Δ. Κατέρης, Ι. Γράβαλος, Π. Ξυραδάκης, Κ.Α. Τσατσαρέλης ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΟΥΣ ΤΗΣ ΛΕΒΑΝΤΑΣ.....	95
Χ. Ι. Δημητριάδης, J. L. Brighton, Ι. Κόκκορας, Ι. Γράβαλος, Θ.Α. Γιαλαμάς ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΟΠΗΣ ΠΕΡΙΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΧΟΡΤΟΥ	103
Χ.Κ. Κοτσακιώτη, Δ.Δ. Μπόχτης, Ι.Α. Σπανομήτρος, Ι.Γ. Αμπατζίδης και Κ.Α. Τσατσαρέλης ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΥΡΙΑΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ..	111
Α.Γ. Ντιρογιάννης, Ι.Γ. Αμπατζίδης, Δ.Δ. Μπόχτης, Ι.Α. Σπανομήτρος και Κ.Α. Τσατσαρέλης ΘΟΥΡΥΒΟΣ ΚΑΙ ΚΡΑΔΑΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΑΦΙ.....	119
Θ.Α. Γέμτος, Σπ. Φουντάς, Χρ. Παπανικολάου, Ν. Νάνμος, Β. Βλάχος ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ, ΤΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	127
Καβαλάρης Χρ., Καραμούτης Χρ., Κ. Αγγελοπούλου, Θ.Α. Γέμτος ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΗ ΕΝΟΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΙΣΧΥΟΔΟΤΟΥΜΕΝΟΥ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟΥ.....	135

X. Καραμούτης, X. Καβαλάρης, Δ. Παράφορος, Ο. Παπαδοπούλου, Κ. Κολιπέτσας και Θ.Α. Γέμτος ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΝΕΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΖΙΖΑΝΙΩΝ ΣΤΗ ΓΡΑΜΜΗ ΣΠΟΡΑΣ	143
A. Π. Δεδούσης, R. J. Godwin Η ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	152
A. Νάτσης, Θ. Γέμτος, Ε. Μυγδάκος, Η. Νάτσης	
ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ	163
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΗΤΑ PROBE ML2 ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	165
Γ. Κάργας, Α. Σγουμποπούλου, Β. Φασούλη και Π. Κερκίδης ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΔΟΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	173
Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Χ. Παπανικολάου και Σ. Πατελοδήμου ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ.....	181
Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Κ. Α. Δημοπούλου, Θ. Βούλγαρης ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ ΔΙΑΒΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΝΕΡΟΥ ΛΟΓΩ ΒΑΘΙΑΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ	189
Ε. Διαμαντόπουλος, Σ. Ελμαλόγλου ΑΠΛΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΗΘΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΑΚΟΡΕΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	196
A. Λουκάς ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΧΕΣΕΩΝ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ – ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ	205
Π.Ε. Γεωργίου και Δ.Μ. Παπαμιχαήλ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	213
Π. Βύρλας και Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΑΓΡΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΟΥ ΜΕ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΕΝΣΙΡΩΣΗΣ.....	221
Β. Αντωνόπουλος, Ε. Λεκάκης και Α. Παυλάτου-Βε ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΟΡΥΖΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ GLEAMS	229
Β.Ζ. Αντωνόπουλος, Β.Γ. Ασχονίτης, Μ.Η. Rahil, Ε.Η. Λεκάκης ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΩΝ ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	237
Β. Αντωνόπουλος, Β. Λίτσας, Β. Ασχονίτης και Σ. Τσιούρης ΜΟΝΙΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ ΤΡΑΠΕΖΟΕΙΔΟΥΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ.....	245
Μ. Θεοχάρης ΜΟΝΙΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΒΟΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ.....	253
Μ. Θεοχάρης ΤΕΧΝΗΤΗ ΕΠΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗ ΦΡΕΑΤΙΚΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΦΡΕΑΤΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ	262
Δ.Ν. Καραμούζης και Π.Ε. Γεωργίου	

ΣΧΕΔΙΟ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ Ν. ΚΑΛΥΜΝΟΥ	270
Δ. Κ. Καρπούζος	
Η ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΩΣ ΜΕΤΡΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ	
ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60/ΕΕ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΟΙΝΗΣ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	280
Ε. Σταυρινός	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ, ΣΤΡΕΣ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	
ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΜΕΝΗΣ ΜΕ GIS ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ	288
Αγ. Φιλίντας, Π. Ντιούδης, Θ. Λέλλης, Αρ. Παπαδόπουλος και Ι. Χατζόπουλος	
ΝΕΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΤΗΣ	
ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ	296
Β. Άμπας, Ε. Μπαλτάς και Δ. Παπαμιχαήλ	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ	
ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	304
Δ. Καλφούντζος, Ι. Αλεξίου, Σ. Κωτσόπουλος	
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΣΤΟΝ ΧΕΙΜΑΡΡΟ	
ΛΥΚΟΡΡΕΜΑ ΤΟΥ ΟΡΟΥΣ ΠΕΝΤΕΛΗ	312
Κ. Σούλης, Ν. Δέρκας, Ι. Δ. Βαλιάντζας	
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΤΟΥ Τ.Ο.Ε.Β. ΠΗΝΕΙΟΥ ΣΤΗΝ	
ΚΑΛΥΨΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ	320
Σ. Κωτσόπουλος, Ι. Αλεξίου, Φ. Λόκκας, Γ. Γραβάνης και Σ. Μαγαλιός	
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ	
ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60	328
Ν. Δέρκας, Π. Λόντρα και Α. Καραμάνος	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ WAVE	337
Ι. Αλεξίου, Δ. Παπαμιχαήλ και Β. Αντωνόπουλος	
ΠΛΕΙΑΔΕΣ –ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ	
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	345
Α. Μπλάντα, Χ. Δομενικιώτης και Ν. Δαλέζιος	
ΑΔΡΟΜΕΡΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ	
ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ RDI	353
Γ. Τσακίρης, Δ. Τίγκα	
ΕΝΟΤΗΤΑ 3: ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	362
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ ΦΩΤΟΔΙΑΣΠΩΜΕΝΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ	364
Ι. Κυρίκου, Δ. Μπριασούλης και Μ. Χισκάκης	
ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΜΕ ΗΛΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟ ΜΕ ΥΔΡΟΡΡΟΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ	372
Γ. Ντίνας, Π. Κούγιας, Χ. Νικήτα- Μαρτζοπούλου	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΜΕ CO ₂	
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ	380
Δ. Βαφειάδης, Μ. Μπότας, Χ. Παπαμάνθος και Χ. Νικήτα- Μαρτζοπούλου	
Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	
ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	387
Ι. Λυκοσκούφης, Γ. Μαυρογιαννόπουλος	
ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΡΟΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΓΥΡΩ ΑΠΟ	
ΥΠΕΡΥΨΩΜΕΝΟ ΠΕΡΑΤΟ ΠΕΤΑΣΜΑ	395
Α. Γιαννούλης, Α. Μυστριώτης και Δ. Μπριασούλης	

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ	403
I. Λ. Τσιρογιάννης, Ν. Κατσούλας, Κ. Κίττας και Δ. Σάββας ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	411
Βέντζας Δ., Παναγιωτίδη Αικ. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΤΟΞΩΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	421
Κ. Μπαξεβάνου, Θ. Μπαρτζάνας, Δ. Φειδαρος, Κ. Κίττας ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	429
Ν. Tadj, Θ. Μπαρτζάνας, Β. Draoui και Κ. Κίττας ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	437
Θ. Μπαρτζάνας και Κ. Κίττας ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΧΕΙΜΩΝΑ	445
Κ. Κίττας, Γ. Δημόκας και Μ. Tchamitchian ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ	453
Γ. Δημόκας, Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας και Ν. Δημόκας ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΓΙΑ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΣΠΟΡΟΦΥΤΩΝ	462
Ν. Κατσούλας, Κ. Πεπονάκης, Δ. Πετσάνη, Κ. Κίττας ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΓΟΝΙΚΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΜΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ	469
Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας, Χ. Μανωλαράκη, Θ. Μπαρτζάνας	
ΕΝΟΤΗΤΑ 4: ΕΛΑΦΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ.....	478
ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΒΟΡΙΟΥ ΑΠΟ ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΑ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΜΑΓΓΑΝΙΟΥ	480
Κ. Π. Προδρόμου και Χ. Λάκης ΟΔΗΓΙΕΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟ ΜΕΣΩ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΔΗΜΩΝ Ν. ΚΟΖΑΝΗΣ.....	487
Φ. Παπαδόπουλος, Α. Παπαδόπουλος και Π. Τζιαχρής ΧΩΡΟ-ΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ Cd ΚΑΙ Cr ΣΕ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΕΔΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	495
Ε. Ε. Γκόλια, Α. Δημήρκου, Στ. Α. Φλωράς, Κ. Παπαδήμας, Γ. Σκαμαγκούλης και Ι. Κ. Μήτσιος† ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΜΑΚΡΟ- ΚΑΙ ΜΙΚΡΟ-ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΗ ΚΑΙ ΝΕΡΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΛΜΥΡΟΥ, ΝΟΜΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ.	503
Α. Δημήρκου, Ε. Ε. Γκόλια, Στ. Α. Φλωράς, Χ. Ηλιόπουλος, Γ. Σκαμαγκούλης και Ι. Κ. Μήτσιος† ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΡΙΓΑΝΗΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ ΣΤΙΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ	511
Ν. Χουλιαράς, Φ. Γραβάνης, Η. Αναστασόπουλος, Ι. Βασιλάκογλου, Ν. Γκουγκουλιάς, Ι. Βαγγέλας, Α. Τσιτσιγιάννης και Ε. Βογιατζή	

Η ΕΠΟΧΙΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (BioP), ΣΕ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ ΜΕ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ - ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ	519
Στήμης Α. και Παυλάτου –Βε Α. Η ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΝΑΝ ΟΡΥΖΩΝΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	527
Αλαμάνου Μ., Παυλάτου-Βε Α., Ασκονίτης Β., Λίτσκας Β. και Αντωνόπουλος Β. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ ΠΡΟΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ ALFISOL ΚΑΙ VERTISOL	535
Κ. Π. Παναγιωτόπουλος και Γ. Τσολάκη	
ΕΝΟΤΗΤΑ 5: ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ	542
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΜΕΣΩ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	544
Α. Άνθης, Ι. Βαφειάδης ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΙΘΑΝΟΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ Χ. Ζαραγκότας, Α. Λουκάς, Λ. Βασιλειάδης και Π. Μήτσιου ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗ ΔΡΙΜΥΤΗΤΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ	558
Γ.Τζαμπύρας, Α.Λουκάς και Λ.Βασιλειάδης	
ΕΝΟΤΗΤΑ 6: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	566
ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΞΥΛΟΥ ΜΕ ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ	568
Α. Καραγιάννης, Ε. Λάμπου και Π. Καραρίζος ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΕΥΑΙΣΘΗΤΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΠΡΕΣΠΩΝ	575
Γ. Σαπουνηζάκης, Μ. Γιαμούρη , Α. Παπαγιαννοπούλου, Φ. Παπαδόπουλος και Γ. Παρισόπουλος ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΑΓΡΟ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΟ ΜΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΛΥΜΑΤΑ	583
Β. Ζ. Αντωνόπουλος και Μ. Η. Rahil ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	592
Γ. Τζιαφάς, Χ. Τοπάλογλου, Ο. Χρίστου και Ν. Συλλαίος ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΚΑΤΑΛΥΤΙΚΗΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΜΕ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟΤΙΚΟ ΤΟΜΕΑ	600
Ι. Πούλιος, Ι. Τρυπαναγνωστόπουλος ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ - ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΗΣ Ε.Ε.	607
Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Παρισόπουλος, Χ. Σακκάς ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΟΠΗΣ ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ	615
Δ. Φεΐδαρος, Α. Μπαξεβάνου, Α. Ζαγορίτης, Π.-Ε. Μπίσκα	
ΕΝΟΤΗΤΑ 7: ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ / ΜΕΤΑΣΥΓΚΟΜΙΣΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	626

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΑΖΑΣ ΨΥΧΡΟΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΜΗΛΩΝ <i>PILAFI DELICIOUS</i> ΚΑΙ <i>GRANNY SMITH</i>	628
Θ. Θεοδωρίδης, Ε. Μανωλοπούλου, Γρ. Λαμπρινός και Ε. Αραβαντινός–Καρλάτος ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ» ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	634
Ε. Μανωλοπούλου, Ν. Καπετάνιος, Ν. Χαλασοχώρη, Γρ. Λαμπρινός ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΗΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ».....	642
Ε. Μανωλοπούλου, Θ. Σαμαράς, Ν. Χαλασοχώρη, Γρ. Λαμπρινός Η ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΜΗΛΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ <i>GRANNY SMITH</i> ΩΣ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ.....	651
Δ. Μητρόπουλος και Γ. Λαμπρινός ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΜΗΛΩΝ <i>DELICIOUS PILAFI</i> ΣΕ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΣ	658
Δ. Μητρόπουλος και Γ. Λαμπρινός ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΑΣΥΣΚΕΥΑΣΤΩΝ ΟΠΩΡΟΛΑΧΑΝΙΚΩΝ	666
Γ. Ξανθόπουλος, Γρ. Λαμπρινός, Δ. Μητρόπουλος, Ε. Χατζής ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΜΗΛΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	675
Ν. Πεντάρης, Ε. Μανωλοπούλου, Γ. Ξανθόπουλος, Δ. Μητρόπουλος και Γρ. Λαμπρινός ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	682
Ε. Χατζής, Σ. Ψυχογιού, Γ. Ξανθόπουλος και Γρ. Λαμπρινός	

ΕΝΟΤΗΤΑ 8: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ690

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ	692
Εσσάμ Μωχάμεντ, Γ. Παπαδάκης, Ε. Μαθιουλάκης και Β. Μπελεσσιώτης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΣΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ-ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ.....	699
Ι. Γράβαλος, Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Α. Αυγουστής, Γ. Λιανός, Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Ζ. Τσιρόπουλος, Θ. Λέλλης ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΛΑΔΟΔΕΜΑΤΩΝ ΕΛΙΑΣ	707
Π. Ξένος–Κοκολέτσης, Ε. Χατζής και Γρ. Λαμπρινός ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	716
Τσιάνος Ν., Θ. Γέμτος, Χ. Καβαλάρης και Χ. Καραμούτης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗΣ (<i>Brassica sp.</i>) ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ	723
Ι. Ραμνιώτης, Θ. Κωτσόπουλος, Γ. Μαρτζόπουλος ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗΣ ΣΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	731
Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Ι. Παναγιώτου και Π. Βύρλας ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΠΟΡΟΥ, ΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΠΙΤΑΣ ΔΥΟ ΥΒΡΙΔΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	738
Π. Α. Καλαβριώτου και Θ. Α. Γέμτος	

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΛΑΙΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	746
X. Καβαλάρης, X. Καραμούτης, Π. Καλαβρυώτου και Θ.Α. Γέμτος	
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΗΛΙΕΛΑΙΟΥ ΜΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ	754
Α. Μπαλαφούτης, Δ. Μελάς, Α. Νάτσης, Α. Παπαγιαννοπούλου και Γ. Παπαδάκης	
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΛΥΜΑΤΑ ΧΟΙΡΩΝ ΣΕ ΔΥΟ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ CSTR ΣΤΗ ΜΕΣΟΦΙΛΗ ΚΑΙ ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΦΙΛΗ ΖΩΝΗ.....	762
I. Φωτίδης, N. Τσολάκης, Θ. Κωτσόπουλος και Γ. Γ. Μαρτζόπουλος	

ΕΝΟΤΗΤΑ 9: ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ. 769

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΚΡΟΦΥΣΙΩΝ ΕΚΝΕΦΩΣΗΣ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΜΕ ΦΘΟΡΙΣΜΟ	771
M. Βλαχογιάννης, Β. Ιακωβάκης, Θ. Τσιρίκογλου και Δ. Χάχαλης	
ΑΜΑΔΑ: ΜΙΑ ΠΟΛΥΧΡΗΣΤΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΑΓΡΩΝ.....	779
I. Γράβαλος, Z. Τσιρόπουλος, Θ. Γιαλαμάς, Z. Κουτσοφίτης, Π. Ξυραδάκης, Δ. Κατέρης, Ε. Ντάφας, Θ. Λέλλης	
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΣΜΟΚΟΒΟΥ	787
Α. Αυγουστής, Μ. Σαπουντζής, Δ. Κατέρης, I. Γράβαλος, Π. Ξυραδάκης	
ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΝΤΟΣ ΑΓΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΟΠΩΡΟΦΟΡΩΝ ΔΕΝΔΡΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ RFID	795
I.Γ. Αμπατζίδης, Σ.Γ. Βουγιούκας και Δ.Δ. Μπόχτης	
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΤΟΠΙΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ ΤΗΣ ΕΝΙΑΙΑΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΤΗΝΟ	803
Νικόλαος Μαλάμος, Γεώργιος Παγανέλης	
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ SLURP ΚΑΙ GIS ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΛΜΩΠΑΙΟΥ	812
Π.Ε. Γεωργίου, Γ. Γεωργούλιας, Δ.Μ. Παπαμιχαήλ και Μ.Ι. Διαμαντοπούλου	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	821
Δ.Δ. Μπόχτης, Σ.Γ. Βουγιούκας, I.Γ. Αμπατζίδης και Κ.Α. Τσατσαρέλης	
ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΒΛΕΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΑΣΕΙ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΠΛΟΗΓΗΣΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	829
Σ. Γ. Βουγιούκας	
ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ.....	835
Κατσαλής Κ., Ξενάκης Α., Σακαλλερίου Α., Κίικρας Π.	
ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΩΝ ΣΤΑΦΥΛΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.....	843
I.Γ. Αμπατζίδης, Γ.Σ. Τζελέπης και Σ.Γ. Βουγιούκας	
ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΕΛΛΗΝΩΝ ΑΓΡΟΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ.....	850
Σ. ΜΟΥΡΤΖΙΝΗΣ, Σ. ΦΟΥΝΤΑΣ, Θ. ΓΕΜΤΟΣ	
ΜΕΛΕΤΗ ΧΩΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΟΠΩΡΩΝΕΣ ΜΗΛΙΑΣ.....	858
Α. Δ. Αγγελοπούλου, S. Blackmore, Σ. Φουντάς, Θ. Α. Γέμτος και Γ. Δ. Νάνος	

ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΧΑΡΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ	866
A. Τάνος, A. Αγγελοπούλου, Σ. Φουντάς, Θ.Α. Γέμτος, Γ.Δ. Νάνος και A. Χατζηνίκος ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΟΠΗΣ ΧΟΡΤΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ.....	874
Δ. Μπόχτης, H.W. Griepentrog, Σ. Βουγιούκας, N.A. Andersen ΧΡΗΣΗ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ SPOT 5 ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΩΝ	882
Λ. Τούλιος, Δ. Δουδουμοπούλου, Μ. Τούλιος, και Δ. Χατζημιτσής ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΣΕ ΚΕΛΙ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΕΥΘΕΩΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ.....	890
Αικατερίνη Α. Μπαξεβάνου, Δημήτριος Κ. Φείδαρος ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΧΑΜΗΛΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ.....	898
Τρέσσος Κ.Δ., Ανδρέου Ι.Α., Blackmore S. , Φουντάς Σ., Γέμτος Θ.Α.	

Κατάλογος Συγγραφέων

Αγγελοπούλου	A.	Δημοπούλου	K.
Αλαμάνου	M.	Διαμαντόπουλος	E.
Αλεξίου	Δ.	Διαμαντοπούλου	M.I.
Αλεξίου	I.	Δομενικιώτης	X.
Άμπας	B.	Δουδουμοπούλου	Δ.
Αμπατζίδης	I.Γ.	Ελμαλόγλου	Σ.
Αναστασόπουλος	H.	Εσσάμ	M.
Ανδρέου	A.	Ζαγορίτης	A.
Άνθης	A.	Ζάννης	K.
Αντωνόπουλος	B.	Ζαραγκότας	X.
Αραβαντινός-Καρλάτος	E.	Ηλιόπουλος	X.
Αραμπατζής	Γ.	Θεοδωρίδη	Θ.
Ασχονίτης	B.	Θεοχάρης	M.
Αυγουλάς	X.	Ιακωβάκης	B.
Αυγουστής	A.	Καβαλάρης	X.
Βαγγέλας	I.	Καλαβρυάτου	Π.
Βαλιάντζας	I.	Καλφούντζος	Δ.
Βασιλάκογλου	I.	Καπετάνιος	N.
Βασιλειάδης	Λ.	Καραγιάννης	A.
Βαφειάδης	Δ.	Καραγιάννης	E.
Βαφειάδης	I.	Καραμάνος	A.
Βέντζας	Δ.	Καραμούζης	Δ.N.
Βλαχογιάννης	M.	Καραμούτης	X.
Βλάχος	B.	Καραρίζος	Π.
Βογιατζή	E.	Κάργας	Γ.
Βουγιούκας	Σ.	Καρπούζος	Δ.
Βούλγαρης	Θ.	Κατέρης	Δ.
Βύρλας	Π.	Κατσαλής	K.
Γέμτος	Θ.	Κατσούλας	N.
Γεωργίου	Π.E.	Κερκίδης	Π.
Γεωργούλιας	Γ.	Κίκιρας	Π.
Γεωργούσης	X.	Κίττας	K.
Γιαλαμάς	Θ.	Κόκορας	I.
Γιαμούρη	M.	Κολιπέτσας	K.
Γιαννούλης	A.	Κοτσακιώτη	X.K.
Γκόλια	E.	Κούγιας	Π.
Γκουγκουλιάς	N.	Κουτσερής	E.
Γράβαλος	I.	Κουτσοφίτης	Z.
Γραβάνης	Γ.	Κυρίκου	I.
Γραβάνης	Φ.	Κωτσόπουλος	Θ.
Δαλέζιος	N.	Κωτσόπουλος	Σ.
Δεδούσης	A.	Λάκης	X.
Δέρκας	N.	Λάμπου	E.
Δημήρκου	A.	Λαμπρινός	Γ.
Δημητριάδης	X.	Λεκάκης	E.H.
Δημόκας	Γ.	Λέλλης	Θ.
Δημόκας	N.	Λιανός	Γ.

Λίτσκας	Β.	Παναγιωτίδη	Α.
Λόκκας	Φ.	Παναγιωτόπουλος	Κ.Π.
Λόντρα	Π.	Παναγιώτου	Ι.
Λουκάς	Α.	Πανώρας	Α.
Λυκοσκούφης	Ι.	Παπαγιαννοπούλου	Α.
Μαγαλιός	Σ.	Παπαδάκης	Γ.
Μαθιουλάκης	Ε.	Παπαδήμας	Κ.
Μαλάμος	Ν.	Παπαδόπουλος	Α.
Μανωλαράκη	Χ.	Παπαδόπουλος	Φ.
Μανωλοπούλου	Ε.	Παπαδοπούλου	Ο.
Μαρτζόπουλος	Γ.	Παπαμάνθος	Χ.
Μαυρογιαννόπουλος	Γ.	Παπαμιχαήλ	Δ.
Μελάς	Δ.	Παπανικολάου	Χ.
Μητρόπουλος	Δ.	Παπαχρήστου	Ε.
Μήτσιος	Ι.Κ.	Παράφορος	Δ.
Μήτσιου	Π.	Παρισόπουλος	Γ.
Μουρτζίνης	Σ.	Πατελοδήμου	Σ.
Μουσουλιώτης	Α.	Πατσιαλή	Σ.
Μπαλαφουτης	Α.	Πατσιαλής	Κ.
Μπαλτάς	Ε.	Παυλάτου Βε	Α.
Μπαμπατζιμόπουλος	Χ.	Πεντάρης	Ν.
Μπαξεβάνου	Α.	Πεπονάκης	Κ.
Μπαρτζάνας	Θ.	Πετσάνη	Δ.
Μπελεσιώτης	Β.	Πούλιος	Ι.
Μπιλάλης	Δ.	Προδρόμου	Κ.Π.
Μπίσκα	Π.Ε.	Ραμινιώτης	Θ.
Μπλάντα	Α.	Σάββας	Δ.
Μπότας	Μ.	Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη	Μ.
Μπόχτης	Δ.	Σακκάς	Χ.
Μπριασούλης	Δ.	Σαμαράς	Θ.
Μυγδάκος	Γ.	Σαπουντζάκης	Γ.
Μυγδάκος	Ε.	Σαπουντζής	Μ.
Μυστριώτης	Α.	Σγουμποπούλου	Α.
Νάνμος	Ν.	Σιήμης	Α.
Νάνος	Γ.Δ.	Σκαμαγκούλης	Γ.
Νάτσης	Α.	Σούλης	Κ.
Νάτσης	Η.	Σπανομήτρος	Ι.Α.
Νικήτα-Μαρτζοπούλου	Χ.	Σταμούλης	Γ.
Ντάφας	Ε.	Σταυρινός	Ε.
Ντίνας	Γ.	Συλλαίος	Ν.
Ντιούδης	Ι.Π.	Τάνος	Α.
Ντιρογιάννης	Α.Γ.	Τζαμπύρας	Γ.
Ξανθόπουλος	Γ.	Τζελέπης	Γ.Σ.
Ξενάκης	Απ.	Τζιαφάς	Γ.
Ξένος-Κοκολέτσης	Π.	Τζιαχρής	Π.
Ξυραδάκης	Π.	Τζιγκούρας	Ι.
Παγανέλης	Γ.	Τίγκας	Δ.

Τοπάλογλου	Χ.	Φουντάς	Σ.
Τούλιος	Λ.	Φωτίδης	Ι.
Τούλιος	Μ.	Χαλασοχώρη	Ν.
Τρέσσοσ	Κ.Δ.	Χατζηγιαννάκης	Ε.
Τρυπαναγνωστόπουλος	Ι.	Χατζημιτσής	Δ.
Τσακίρης	Γ.	Χατζής	Ε.
Τσάντζος	Σ.	Χάχαλης	Δ.
Τσατσαρέλης	Κ.Α.	Χισκάκης	Μ.
Τσιάνος	Ν.	Χουλιάρας	Ν.
Τσιούρης	Σ.	Χρίστου	Ο.
Τσιρίκογλου	Θ.	Ψυχογιού	Σ.
Τσιρογιάννης	Ι.Λ.	Blackmore	Σ.
Τσιρόπουλος	Ζ.	Brighton	J.L.
Τσιτσιγιάννης	Α.	Draoui	Β.
Τσολάκη	Γ.	Godwin	Ρ.
Τσολάκης	Ν.	Griepentrog	H.W.
Φασουλή	Β.	Rahil	M.H.
Φείδαρος	Δ.	Tadj	Ν.
Φιλίντας	Θ.Αγ.	Tchamitchian	Μ.
Φλωράς	Στ.	Tillett	Ν.

Ενότητα 6:

Περιβάλλον

(139)

ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΞΥΛΟΥ ΜΕ ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Α. Καραγιάννης^α, Ε. Λάμπου^β και Π. Καραρίζος^γ

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Δασολογίας & Φυσ. Περιβάλλοντος,
Τομέας Δασοτεχνικών & Υδρονομικών Έργων, Τ.Κ. 54124 Θεσ/νίκη
^αeakarag@for.auth.gr, ^βelampou@for.auth.gr, ^γpkarariz@for.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή, ύστερα από τη συγκέντρωση στοιχείων από παραγωγικά δασαρχεία της χώρας μας, αναλύθηκε η εξέλιξη των ελκυστήρων μετατόπισης του ξύλου την τριακονταετία 1976 – 2005, μετρήθηκε η αντοχή των εδαφών σε σχέση με την περιεχόμενη υγρασία τους και το μητρικό πέτρωμα και υπολογίστηκε η πίεση την οποία ασκούν στο έδαφος οι τροχοί των διαφόρων τύπων ελκυστήρων μετατόπισης του ξύλου. Τέλος, προτείνονται μέτρα για τη μείωση της επιβάρυνσης των εδαφών, λόγω της κίνησης των ελκυστήρων, με σκοπό την καλύτερη προστασία των δασικών οικοσυστημάτων και του φυσικού περιβάλλοντος γενικότερα .

WOOD'S SKIDDING BY TRACTORS AND DISTRESS OF FOREST SOILS

A. Karagiannis^a, E. Lampou^b and P. Kararizos^c

Aristotle University of Thessaloniki, Faculty of Forestry and Natural Environment,
Department of Forest & Water Engineering, 54124 Thessaloniki
^aeakarag@for.auth.gr, ^belampou@for.auth.gr, ^cpkarariz@for.auth.gr

ABSTRACT

In this paper, after the data concentration from productive forest ranger districts of our country, it is analyzed the development of tractors by wood skidding in the years 1976-2005, measured the resistance of the soil in relation to their contained moisture and the native rock, investigated the pressure that the wheels of different types of tractors exert to the soil. Finally, there are suggested ways of reducing the distress upon the soil because of the movement of the tractors, for the better protection of forest ecosystems and generally of the natural environment.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ελκυστήρες αποτελούν, για τα ελληνικά δάση, το κυριότερο μέσο μετατόπισης του ξύλου εδώ και 60 χρόνια.

Στη Δασοπονία το ενδιαφέρον καταρχήν στράφηκε περισσότερο στους ερπυστριοφόρους παρά στους τροχοφόρους ελκυστήρες, επειδή [4]:

1. Παρείχαν αυξημένη ευστάθεια λόγω των κινδύνων ανατροπής στις λοφώδεις και ορεινές περιοχές και μπορούσαν να υπερνικήσουν καλύτερα τις εδαφικές και τοπογραφικές δυσκολίες

2. Προκαλούσαν μικρότερη συμπίεση του εδάφους, όπου αυτό απαιτούνταν για προστατευτικούς λόγους

3. Μπορούσαν να εργασθούν σε εδάφη χαλαρά, τυρφοδδη ή βαλτώδη, χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα, λόγω της μικρής πίεσης που ασκούσαν

4. Ήταν πιο ευέλικτοι και βοηθούσαν στον ακριβέστερο έλεγχο κατά την οδήγηση

5. Μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες βαριές εργασίες, όπως χωματουργικές εργασίες, εκχερσώσεις κ.λ.

Παρά τα σοβαρά πλεονεκτήματα των ερπυστριοφόρων ελκυστήρων σύντομα αποδείχθηκε ότι η χρησιμοποίησή τους στο δάσος είχε πολλά μειονεκτήματα εξαιτίας:

1. Του υψηλότερου κόστους αγοράς και συντήρησης

2. Της ανάπτυξης πολύ χαμηλών ταχυτήτων (6-10 km/h)

3. Των δυσχερειών που παρουσιάζουν κατά τις μετακινήσεις σε δημόσιους δρόμους

4. Της ανάπτυξης τροχοφόρων ελκυστήρων με πλεονεκτήματα που προσεγγίζουν τα πλεονεκτήματα των ερπυστριοφόρων.

Οι τροχοφόροι ελκυστήρες αποτελούν σήμερα για τη Γεωργία και τη Δασοπονία τα πλέον εύχρηστα μηχανήματα έλξης και κίνησης.

Στη χώρα μας το σύνολο των διαξονικών ελκυστήρων ανέρχεται σήμερα περίπου στις 330.000. Κάθε χρόνο αγοράζονται περίπου 10.000 ελκυστήρες διαξονικοί, είτε για αντικατάσταση των υπαρχόντων ή για πρώτη φορά. Η κατανομή της ισχύος στους νεοεισερχόμενους ελκυστήρες δείχνει ότι τα τελευταία χρόνια υπάρχει συνεχής αύξηση ισχύος. Το έτος 1989 το 39% των ελκυστήρων ήταν ισχύος μέχρι 50 PS, το 39% από 50-70 PS και το υπόλοιπο 22% ισχύος μεγαλύτερης από 70 PS, ενώ το 1970 ήταν μόνο το 6% και το 1960 μόνο το 2% ισχύος μεγαλύτερης από 70 PS [8].

Η αύξηση του μεγέθους των ελκυστήρων σε όλες τις χώρες είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση της διάρκειας απασχόλησής τους στις 800 περίπου ώρες ετησίως. Αν και δεν έχουν γίνει έρευνες που να δείχνουν το βαθμό απασχόλησης των ελκυστήρων στη χώρα μας, φαίνεται ότι η μέση απασχόληση δεν θα πρέπει να ξεπερνά τις 550-600 ώρες ετησίως με κόστος φυσικά υψηλό. Από μελέτες που έχουν γίνει βρέθηκε ότι οι ελκυστήρες εργάζονται με χαμηλό κόστος, όταν η ετήσια απασχόλησή τους είναι περίπου 1.000-1.200 ώρες [8].

Το υψηλό κόστος των ελκυστήρων, το οποίο προκύπτει αφενός από τη χαμηλή μέση ετήσια απασχόλησή τους στις γεωργικές εργασίες και αφετέρου από την περίσσεια ισχύος (λόγω αγοράς ελκυστήρων μεγάλης υποδύναμης), μπορεί να μειωθεί εν μέρει με τη χρησιμοποίηση των ελκυστήρων και στη μετατόπιση του ξύλου, εφόσον βέβαια εξοπλιστούν κατάλληλα με τα απαραίτητα παρελκόμενα και εκπαιδευτούν κατάλληλα οι χειριστές τους για την εκτέλεση της δύσκολης και επικίνδυνης εργασίας της μετατόπισης του ξύλου.

Η κίνηση όμως των τροχοφόρων ελκυστήρων, με σκοπό την εξυπηρέτηση της μετατόπισης του ξύλου, προκαλεί σημαντικές καταπονήσεις στο φυσικό έδαφος, η έκταση των οποίων εξαρτάται από το είδος, την αντοχή και την κατάσταση του εδάφους,

από το είδος, το μέγεθος και τη συχνότητα κίνησης των ελκυστήρων, καθώς και από το είδος και το μέγεθος των φορτίων [1].

Στην εργασία αυτή, αναλύθηκε η εξέλιξη των ελκυστήρων μετατόπισης του ξύλου, σε 38 παραγωγικά δασαρχεία της χώρας μας, την τριακονταετία 1976 – 2005, μετρήθηκε η αντοχή των εδαφών σε σχέση με την περιεχόμενη υγρασία τους και το μητρικό πέτρωμα και υπολογίστηκε η πίεση την οποία ασκούν στο έδαφος οι τροχοί των διαφόρων τύπων ελκυστήρων μετατόπισης του ξύλου. Τέλος, προτείνονται μέτρα για τη μείωση της επιβάρυνσης των εδαφών, λόγω της κίνησης των ελκυστήρων, με σκοπό την καλύτερη προστασία των δασικών οικοσυστημάτων και του φυσικού περιβάλλοντος γενικότερα .

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1. Υλικά

Για τους σκοπούς της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν:

α. Στοιχεία για το ποσοστό του ξύλου που μετατοπίστηκε, σε 38 δασαρχεία (τα πιο παραγωγικά) της χώρας μας, με διάφορα μέσα, τη χρονική περίοδο 1975-2005.

β. Στοιχεία για το είδος, τις κατηγορίες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά (βάρος και διανομή στους άξονες, υποδύναμη, διαστάσεις ελαστικών), μέσο φορτίο, των ελκυστήρων που χρησιμοποιήθηκαν στα δασικά συμπλέγματα Τραχωνίου-Διποτάμων, Θόλου-Αμισινού, Βορειοανατολικού και Δυτικού Νέστου Δράμας, καθώς και Σμίξης-Αβδέλας-Περιβολίου, Κρανιάς και Σαμαρίνας Γρεβενών.

γ. Το φορητό διεισδυσιόμετρο FARNELL και το φορητό υγρόμετρο GANN.

δ. Ο γεωλογικός χάρτης των παραπάνω δασικών συμπλεγμάτων

2.2 Μέθοδος έρευνας

Από την επεξεργασία και ανάλυση των παραπάνω στοιχείων προέκυψαν:

α. Το μοντέλο εξέλιξης της μηχανοποίησης της μετατόπισης του ξύλου στη χώρα μας, καθώς και του ποσοστού του ξύλου που μετατοπίστηκε με διάφορα μέσα, τη χρονική περίοδο 1975-2005.

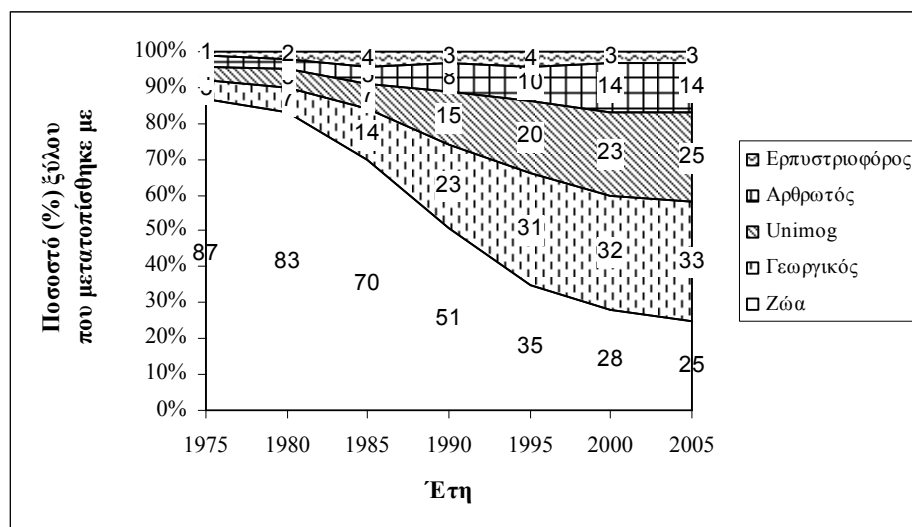
β. Η σχέση μεταξύ της αντοχής του εδάφους, η οποία μετρήθηκε με το φορητό διεισδυσιόμετρο, και της περιεχόμενης υγρασίας του, η οποία μετρήθηκε με το φορητό υγρόμετρο GANN και αφορούσε την ευαίσθητη και ευδιάβρωτη περιοχή του φλύσχη καθώς και την περιοχή των πυριγενών πετρωμάτων

γ. Η επιβάρυνση (πίεση) που προκαλείται στο έδαφος (πάροδος μετατόπισης) από την κίνηση των ελκυστήρων μετατόπισης του ξύλου, με βάση τη μεθοδολογία του Wästerlund [9]

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Μοντέλο εξέλιξης των μέσων μετατόπισης του ξύλου

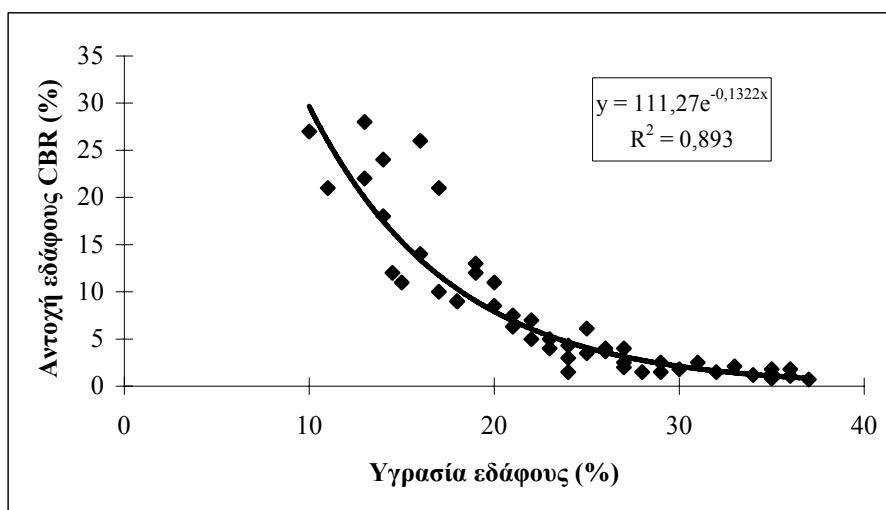
Στο σχήμα 1 φαίνεται η εξέλιξη της μηχανοποίησης καθώς και του ποσοστού του ξύλου που μετατοπίστηκε με διάφορους τύπους ελκυστήρων, τη χρονική περίοδο 1975-2005.



Σχήμα 1. Εξέλιξη της μηχανοποίησης των εργασιών μετατόπισης του ξύλου, με διάφορους τύπους ελκυστήρων.

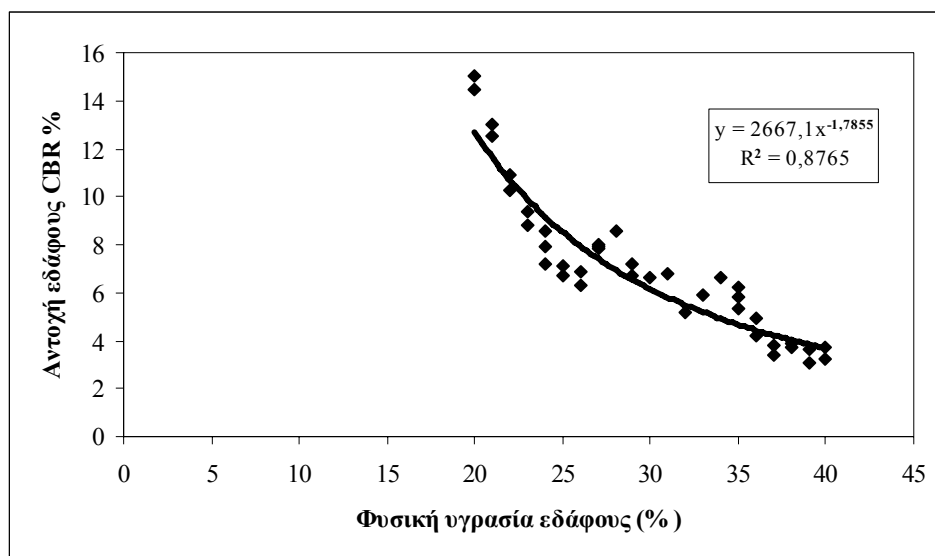
3.2 Σχέση μεταξύ της αντοχής και της υγρασίας του εδάφους

Στο σχήμα 2 φαίνεται η σχέση μεταξύ της αντοχής και της υγρασίας του εδάφους (βάθους 17 cm) για την περιοχή του φλύσχη [3].



Σχήμα 2. Σχέση μεταξύ της αντοχής και της υγρασίας του εδάφους στο Φλύσχη.

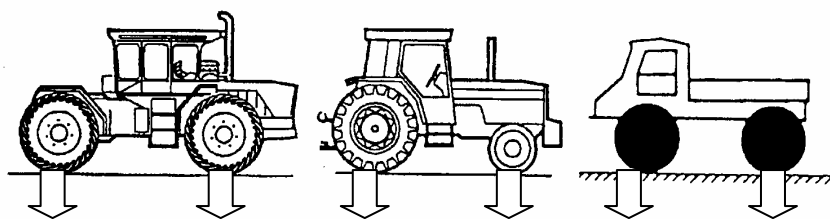
Στο σχήμα 3 φαίνεται η σχέση μεταξύ της αντοχής και της υγρασίας του εδάφους (βάθους 17cm) για την περιοχή των πυριγενών πετρωμάτων [3].



Σχήμα 3. Σχέση μεταξύ της αντοχής και της υγρασίας του εδάφους στην περιοχή των πυριγενών πετρωμάτων.

3.3 Επιβάρυνση (πίεση) του εδάφους από την κίνηση των ελκυστήρων μετατόπισης του ξύλου

Στο σχήμα 4 φαίνεται η πίεση που ασκούν στο έδαφος οι διαφόρων τύπων ελκυστήρες μετατόπισης του ξύλου, ενώ στον πίνακα 1 φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ελκυστήρων και υπολογίζεται η ασκούμενη πίεση στο έδαφος.



66-78 kPa 45-50 kPa 45-50 kPa 91-108 kPa 57-65 kPa 62-69 kPa

Σχήμα 4. Πίεση που ασκείται στο έδαφος από τους τροχούς των ελκυστήρων

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ -ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας προκύπτουν τα εξής:

1. Ο βαθμός μηχανοποίησης των εργασιών μετατόπισης του ξύλου στην πατρίδα μας αυξάνει χρόνο με το χρόνο, καθώς τα μηχανήματα (ελκυστήρες διαφόρων τύπων) αντικαθιστούν τα ζώα έλξεως, ενώ δεν χρησιμοποιούνται οι σχοινογερανοί για την εναέρια μεταφορά του ξύλου σε δύσκολες συνθήκες.

Πίνακας 1. Τεχνικά στοιχεία των κυριότερων τύπων ελκυστήρων μετατόπισης του ξύλου και υπολογισμός της πίεσης που ασκείται στο έδαφος από τους τροχούς.

Τεχνικά στοιχεία των ελκυστήρων μετατόπισης του ξύλου και πίεση που ασκείται στο έδαφος από τους τροχούς	Δασικοί ελκυστήρες	Γεωργικοί ελκυστήρες	Ελκυστήρας Unimog
Βάρος (kg)	6.500-7.000	2.800-3.200	4.500-5.200
Κατανομή βάρους (kg)			
εμπρός:	60%	33%	60%
πίσω:	40%	67%	40%
Πλάτος ελαστικών b (cm)	44-52	εμπρός: 25-30 πίσω: 45-50	40-46
Διάμετρος ελαστικών d (cm)	140-148	εμπρός: 75-88 πίσω: 117-128	95-105
Πλάτος ελκυστήρα (cm)	230-240	180-192	207-215
Ιπποδύναμη PS/U/min	80-90	55-68	90-105
Όγκος φορτίου (m ³)	2-3	1-1,5	2-2,5
Βάρος φορτίου (kg)	1.600-2400	800-1.200	1.600-2.000
Επιφάνεια επαφής (d/2) x b (cm ²)			
εμπρός:	3.080-3.840	937,5-1.320	
πίσω:	3.080-3.840	2.632-3.200	1.900-2.415
Πίεση εδάφους (kg/cm ² ή kPa)			
εμπρός:	0,66-0,78 ή 66-78	0,91-1,08 ή 91-108	0,57-0,65 ή 57-65
πίσω:	0,45-0,50 ή 45-50	0,44-0,49 ή 44-49	0,62-0,69 ή 62-69

2. Η αντοχή του εδάφους μειώνεται με την αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας. Κρίσιμη για την αντοχή του εδάφους (CBR \leq 3%), στην περιοχή του φλύσχη, είναι όταν η υγρασία είναι μεγαλύτερη από 30%. Τα ίδια αποτελέσματα δίνει και ο Schlaghamersky, A. [7] και ο Καραγιάννης [3], για παρόμοια εδάφη στη Γερμανία και στην Ελλάδα αντίστοιχα. Για την περιοχή των πυριγενών πετρωμάτων το όριο της κρίσιμης υγρασίας ανέρχεται στο 45%.

3. Η πίεση την οποία προκαλούν στο έδαφος τα ελαστικά των μηχανημάτων μετατόπισης του ξύλου ανέρχεται για τους γεωργικούς ελκυστήρες από 91-108 και 44-49 kPa για τον εμπρόσθιο και οπίσθιο άξονα αντίστοιχα, για το δασικούς ελκυστήρες ανέρχεται από 66-78 και 45-50 kPa και για τον ελκυστήρα Unimog από 57-65 και 62-69 kPa αντίστοιχα. Η πίεση που ασκούν τα ελαστικά στο έδαφος δεν πρέπει να ξεπερνά το όριο των 50 kPa [6, 10].

4. Η χρησιμοποίηση στη μετατόπιση του ξύλου ελκυστήρων με στενά ελαστικά (γεωργικοί) προκαλεί πίεση στο έδαφος που ανέρχεται σχεδόν στο διπλάσιο πάνω από τα επιτρεπτά όρια.

Σύμφωνα με τα παραπάνω συμπεράσματα προτείνονται τα παρακάτω:

1. Όταν, στην περιοχή του φλύσχη (αργιλώδη εδάφη), η υγρασία του εδάφους είναι μεγαλύτερη από 30% και στην περιοχή των πυριγενών πετρωμάτων (πηλώδη έως αργιλλοπηλώδη εδάφη) μεγαλύτερη από 45%, θα πρέπει να αποφεύγεται η κίνηση ελκυστήρων λόγω μειωμένης αντοχής του εδάφους.

2. Η εισαγωγή εναέριων μέσων μετατόπισης του ξύλου στη χώρα μας, όπως των κινητών σχοινογερανών, σε δύσκολες εδαφικές συνθήκες (μικρή αντοχή, μεγάλη

κλίση), μπορεί να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα, τόσο όσο αφορά την απόδοσή τους, όσο και την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος [2].

3. Η χρησιμοποίηση, στη μετατόπιση του ξύλου, γεωργικών ελκυστήρων με στενά ελαστικά (εμπρόσθιοι τροχοί) προκαλεί μεγάλη πίεση στο έδαφος (λόγω της μικρής επιφανείας επαφής), που ανέρχεται πάνω από τα επιτρεπτά όρια. Για τους ελκυστήρες αυτούς προτείνεται η χρησιμοποίηση φαρδιών ελαστικών [6].

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Karagiannis, E., Kararizos, P., 2001. Ökologische Folgerungen der Mechanisierung von Holzrückebeiten in Griechenland. 35 Internationales Wissenschaftliches Symposium (FORMEC 2001), S. 97-107, Brno, Tschechische Republik.
2. Καραγιάννης, Ε., 2004. Αξιολόγηση των μέσων μετατόπισης του ξύλου με βάση οικονομικοτεχνικά και οικολογικά κριτήρια. 1^ο Πανελλήνιο Περιβαλλοντικό Συνέδριο που διοργανώθηκε από το Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων του Δ.Π. Θράκης, Πρακτικά Συνεδρίου, σελ. 840-849, Εκδότης ΓΕΩΤ.Ε.Ε., Θεσσαλονίκη.
3. Καραγιάννης, Ε., Καραγιάννης, Κ., Καραρίζος, Π., 2005. Οι συνέπειες της επίδρασης του νερού στα έργα διάνοιξης των δασών. 12^ο Πανελλήνιο Δασολογικό Συνέδριο που διοργανώθηκε στη Δράμα από τη Δασολογική Εταιρεία, Πρακτικά Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη (Υπό δημοσίευση).
4. Καραγιάννης, Ε., 2006. Διάνοιξη δάσους και Μεταφορά ξύλου. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Υπηρεσία Εκδόσεων Α.Π.Θ., σελ. 187.
5. Matthies, D., 1997, Perspektiven des physikalisch – mechanischen Bodenschutzes in Forstwirtschaft. In: Schriftenreihe der Forstwiss. Fakultät der Universität München und Bayerischen Anstalt für Wald und Forstwirtschaft, Nr. 165: 34-47.
6. Nipkow, F., 1983 Vorteile von Breitreifen für Forstschlepper auf schlecht tragfähigen Waldböden. Forstw. Cbl., 102, S. 126-142.
7. Schlaghamersky, A., 1991. Bericht zum Forschungsvorhaben über die “Entwicklung von Methoden und einfachen Geräten zur Bestimmung der Oberflächentragfähigkeit von Waldböden zum Zwecke der Minimierung von Boden- und Baumwurzelschäden, die durch den Einsatz von Holzrückefahrzeugen- und Holzertemaschinen entstehen können“. Fachhochschule Hildesheim-Holzminde, Fachbereich Forstwirtschaft, in Göttingen, S. 88.
8. Τσατσαρέλης, Κ., 1997. Γεωργικοί ελκυστήρες. Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.
9. Wästerlund, I., 1989. Torque distribution in a forwarder with mechanical 8WD soil mechanics in forestry. In: FAO-ECE-ILO: Seminar on the impact of mechanization of forest operations on the soil, Belgium.

(159)

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΕΥΑΙΣΘΗΤΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΠΡΕΣΠΩΝ

**Γ. Σαπουντζάκης¹, Μ. Γιαμούρη¹, Α. Παπαγιαννοπούλου¹, Φ.
Παπαδόπουλος² και Γ. Παρισόπουλος¹**

¹ΕΘΙΑΓΕ, Ινστιτούτο Γεωργικών Μηχανών και Κατασκευών, Λεωφόρος Δημοκρατίας
61, Άγιοι Ανάργυροι Αττικής, Τ.Κ. 135 61, e-mail: iamc@ath.forthnet.gr

²ΕΘΙΑΓΕ, Ινστιτούτο Εδαφολογίας Θεσσαλονίκης, Ελληνικής Γεωργικής Σχολής
Θεσσαλονίκης, Τ.Θ. 435, Τ.Κ. 57001 Θέρμη, e-mail: secretary.ssi@nagref.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται ο σχεδιασμός τριών Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Λυμάτων (Ε.Ε.Λ.) με φυσικά συστήματα για οκτώ μικρούς οικισμούς του Δήμου Πρεσπών. Η επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας βασίστηκε στην απαίτηση σεβασμού των χαρακτηριστικών της περιοχής και την ανάγκη απλής και μικρού κόστους λειτουργίας. Στα δύο συστήματα συνδυάζονται υγρότοποι κατακόρυφης και οριζόντιας ροής με χρήση βαθιάς αναερόβιας δεξαμενής μόνο στο μεγαλύτερο από αυτά. Το τρίτο σύστημα αποτελείται από αναερόβια δεξαμενή, τρεις δεξαμενές σταθεροποίησης και υγρότοπο οριζόντιας ροής. Σχολιάζονται οι κρίσιμες διαφορές στο σχεδιασμό των τριών έργων.

WASTEWATER TREATMENT PLANTS IN ECOLOGICAL SENSITIVE REGIONS. THE CASE OF PRESPA MUNICIPALITY

**G. Sapountzakis¹, M. Giamouri¹, A. Papayianopoulou¹, F.
Papadopoulos², G. Parissopoulos¹**

¹NAGREG, Institute of Agricultural Machinery and Constructions, 61 Democratias str,
Agii Anargiri Attiki, P.C. 135 61, e-mail: iamc@ath.forthnet.gr

²NAGREF, Soil Science Institute of Thessaloniki, P.O. BOX 60435, P.C. 57001 Thermi
Thessaloniki, e-mail: secretary.ssi@nagref.gr

ABSTRACT

The design features of three natural wastewater treatment plants accommodating eight small communities of the Prespa municipality are presented. The main reasons for the choice of natural systems were the ecological characteristics of the area and the requirement for simple and low cost operation. Two of the plants are combining vertical and horizontal flow wetlands while a deep anaerobic pond is used as first stage treatment in one of them. The third plant consists of an anaerobic pond, three stabilization ponds and a horizontal flow wetland. The key differences in the design of the three plants are discussed.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Επεξεργασία Υγρών Αστικών Αποβλήτων με φυσικές μεθόδους σε μικρούς οικισμούς (<5.000 ισοδύναμων κατοίκων) αποτελεί μία ενδιαφέρουσα επιλογή, η οποία στη χώρα μας κερδίζει ολοένα και μεγαλύτερη αποδοχή από την επιστημονική κοινότητα, αλλά και την πολιτεία. Τα κοινά αποδεκτά πλεονεκτήματά τους είναι η απλή και οικονομική λειτουργία τους, το χαμηλό κόστος κατασκευής όταν η αξία της γη είναι μικρή, και η ποιότητα των εκροών, η οποία ικανοποιεί τις Ελληνικές και τις Ευρωπαϊκές απαιτήσεις. Η λανθασμένη αντίληψη ότι η χρήση φυσικών συστημάτων επεξεργασίας απευθύνεται σε χώρες του τρίτου κόσμου, λόγω των απαιτήσεων που έχουν οι μέθοδοι αυτοί σε κλιματολογικές συνθήκες, των οχλήσεων από οσμές και έντομα και της χαμηλής ποιότητας των εκροών, δεν έχει πλέον απήχηση στους επιστημονικούς κύκλους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το ομόσπονδο κρατίδιο της Βαυαρίας στη Γερμανία στο οποίο περισσότεροι από το 50% των οικισμών με πληθυσμό μικρότερο των 1.000 ισοδύναμων κατοίκων, που διαθέτουν σύστημα επεξεργασίας των αποβλήτων βασίζονται σε λύσεις που χαρακτηρίζονται με τον όρο «επιστροφή στη φύση», δηλαδή χρήση φυσικών μεθόδων για την επεξεργασία των αποβλήτων [1].

Τα φυσικά συστήματα επεξεργασίας διακρίνονται κυρίως σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Στην πρώτη ανήκουν οι μονάδες επεξεργασίας με λίμνες σταθεροποίησης και στη δεύτερη οι μονάδες επεξεργασίας με τεχνητούς υγροτόπους. Οι τεχνητοί υγροτόποι κατηγοριοποιούνται σε τρεις ομάδες ήτοι, σε αυτούς της επιφανειακής ροής, της υπόγειας οριζόντιας ροής και της υπόγειας κατακόρυφης ροής, με τις δύο τελευταίες κατηγορίες να είναι αυτές που απαντώνται συχνότερα τα τελευταία έτη [2], [3], [4], [5]. Στην Ελλάδα οι μελέτες φυσικών συστημάτων επεξεργασίας αστικών αποβλήτων ανέρχονται πλέον σε μερικές δεκάδες, αλλά αυτά που βρίσκονται σε λειτουργία είναι σημαντικά λιγότερα, ενώ αυτά που διαθέτουν συστηματικές μετρήσεις των εισερχόμενων και εξερχόμενων ρυπαντικών φορτίων είναι ακόμα πιο περιορισμένα. Τα αποτελέσματα λειτουργίας από τις μετρήσεις που έγιναν στα πρώτα φυσικά συστήματα που κατασκευάστηκαν είναι ιδιαίτερος ικανοποιητικά [6].

2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΔΗΜΟ ΠΡΕΣΠΩΝ

Το πλούσιο σε χλωρίδα και πανίδα οικοσύστημα των Πρεσπών έχει χαρακτηριστεί ως Εθνικός Δρυμός από τη δεκαετία του 1970 και προστατεύεται από σχεδόν όλες τις Συμβάσεις και τα Δίκτυα Προστασίας, Εθνικά και Διεθνή, για το περιβάλλον (Ramsar, Natura 2000, κλπ). Παρόλα αυτά τα αστικά λύματα όλων των οικισμών καταλήγουν ανεπεξέργαστα στα ρέματα και από εκεί στις δύο λίμνες των Πρεσπών. Στόχος της εργασίας αυτής είναι να παρουσιάσει την επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας, καθώς επίσης και το σχεδιασμό, για την επεξεργασία των αστικών υγρών αποβλήτων σε οκτώ από τους οικισμούς του Δήμου Πρεσπών, που υλοποιήθηκε από το ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε..

Το κριτήριο αλλά ταυτόχρονα και ο βασικός περιορισμός στην επιλογή της μεθόδου ήταν ότι οι μονάδες επεξεργασίας των λυμάτων επρόκειτο να εγκατασταθούν εντός του Εθνικού Δρυμού των Πρεσπών και πλησίον των λιμνών. Συνεπώς έπρεπε να σέβονται τα χαρακτηριστικά του οικοσυστήματος. Ουσιαστικά η επιλογή της μεθόδου επεξεργασίας υπαγορεύθηκε από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής των δύο λιμνών και την απαίτηση για απουσία υπέργειων κτισμάτων και εκτεταμένη χρήση κατασκευών από σκυρόδεμα προς αποφυγή αλλοίωσης της φυσιογνωμίας της περιοχής. Η επιλογή συμβατικού συστήματος επεξεργασίας δεν προκρίθηκε λόγω των κατασκευών από σκυρόδεμα, αλλά και του αυξημένου κόστους κατασκευής και λειτουργίας. Η λύση για κατασκευή φυσικού συστήματος επεξεργασίας πληρούσε όλες τις προϋποθέσεις για την ομαλή ένταξη στο φυσικό περιβάλλον του Δρυμού, καθώς η

απουσία υπέργειων κτισμάτων από σκυρόδεμα δεν διαταράσσει το φυσικό τοπίο. Επιπρόσθετα, η επιλογή ενός συστήματος επεξεργασίας με τεχνητούς υγροτόπους ήταν για τις παραλίμνιες περιοχές απόλυτα συμβατή με το τοπίο της περιοχής που κυριαρχείται από καλαμιώνες συνολικής έκτασης περίπου 5000 στρ.

Η γεωγραφική κατανομή των οκτώ οικισμών δεν ευνοούσε τη συγκέντρωση όλων των λυμάτων σε μία μονάδα, χωρίς σημαντικό κόστος λειτουργίας. Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε η κατασκευή τριών μονάδων επεξεργασίας με βάση τη γεωγραφική ομαδοποίηση που παρουσιάζουν οι οκτώ οικισμοί (Σχήμα 1). Το πρώτο έργο επεξεργάζεται τα λύματα από τα Δημοτικά Διαμερίσματα (Δ.Δ.) του Λαιμού, του Αγίου Γερμανού και του Πλατέως, το δεύτερο από τα Δημοτικά Διαμερίσματα της Καλλιθέας και του Λευκώνα και το τρίτο από τα Δημοτικά Διαμερίσματα της Μικρολίμνης και των Καρυών. Οι δύο πρώτες Ε.Ε.Λ. βασίζονται στη μέθοδο των τεχνητών υγροτόπων, ενώ η τρίτη Ε.Ε.Λ. σε συνδυασμό δεξαμενών σταθεροποίησης και τεχνητών υγροτόπων. Η ΕΕΛ Λαιμού - Αγ. Γερμανού - Πλατέως διαφέρει από την ΕΕΛ Καλλιθέας - Λευκώνα ως προς την παρεμβολή αναερόβιας δεξαμενής πριν την τροφοδοσία των κλινών κατακόρυφης ροής. Η λειτουργία των έργων θα δώσει τη δυνατότητα σύγκρισης της αποτελεσματικότητας επεξεργασίας των τριών διαφορετικών μεθόδων υπό σχεδόν ταυτόσημες συνθήκες.



Σχήμα 1: Θέσεις των Ε.Ε.Λ. και των αγωγών μεταφοράς λυμάτων

2.1. Η Ε.Ε.Λ. των Δ.Δ. Λαιμού – Αγίου Γερμανού – Πλατέως

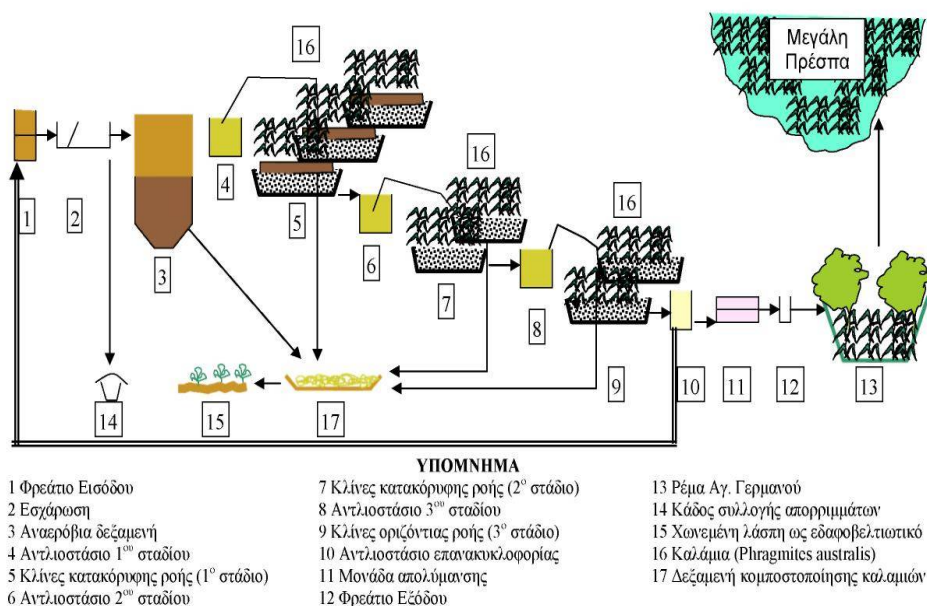
Η θέση που επιλέχθηκε ως η καταλληλότερη για την κατασκευή της εγκατάστασης βρίσκεται σε απόσταση περίπου 250m ανατολικά της Μεγάλης Πρέσπας, στον ισθμό μεταξύ των δύο λιμνών. Εξετάστηκαν και οι δύο τύποι φυσικών συστημάτων ήτοι τεχνητοί υγροτόποι και λίμνες σταθεροποίησης και επιλέχθηκε η μέθοδος των τεχνητών

υγροτόπων, διότι εντάσσονται καλύτερα στο φυσικό περιβάλλον της εγγύς περιοχής. Ο πληθυσμός σχεδιασμού ανέρχεται σε 1.310 ισοδύναμους κατοίκους (ι.κ.), με προοπτική 40ετία, λαμβάνοντας υπόψη την ετήσια αύξηση του πληθυσμού και την τουριστική ανάπτυξη της περιοχής.

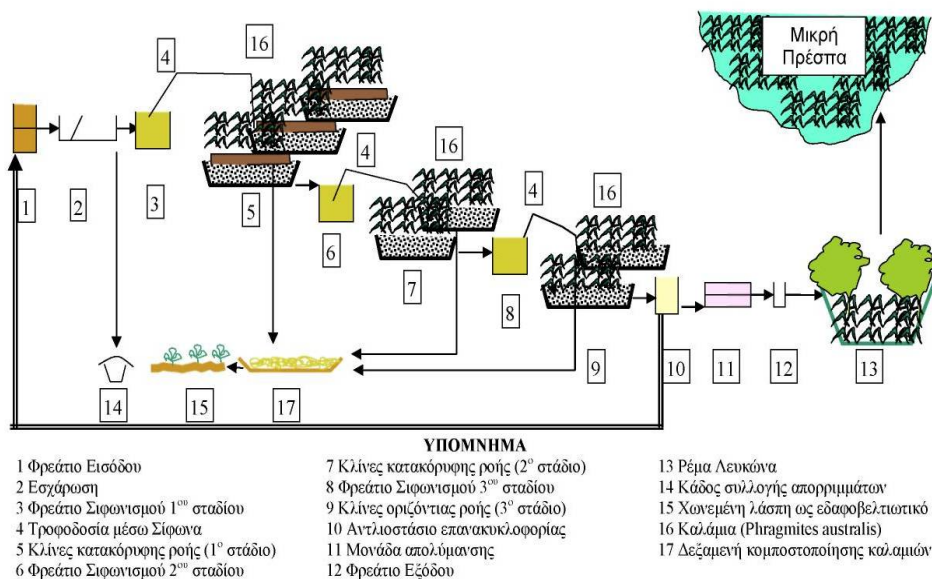
Το έργο ακολουθεί σε γενικές γραμμές τη σχεδιαστική προσέγγιση των Γερμανικών κανονισμών. Τα λύματα από τον αγωγό μεταφοράς μετά την εσχάρωση εισέρχονται σε βαθιά αναερόβια δεξαμενή χωρητικότητας 600m³ για την πρωτοβάθμια επεξεργασία [8]. Ο μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής υπολογίζεται σε 2 ημέρες. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία αποτελείται από δύο στάδια αποτελούμενα από δύο ομάδες των 6 και 4 κλινών κατακόρυφης ροής, οι οποίες είναι φυτεμένες με καλάμια (*Phragmites australis*). Η συνολική επιφάνεια των κλινών της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας και των δύο σταδίων ανέρχεται σε 2,5m²/ικ. Η τροφοδοσία των κλινών, λόγω της απουσίας κλίσεων του εδάφους, γίνεται με τη χρήση αντλιών υψηλής παροχής και μικρού μανομετρικού για τον ταχύ πλημμυρισμό των κλινών, ώστε το σύνολο της επιφάνειας να κατακλύζεται από λύματα. Η λειτουργία (φόρτιση) των κλινών προβλέπεται να ακολουθεί τη σειρά φόρτιση/ανάπαυση με σχέση χρόνου 1:2 για το πρώτο στάδιο και 1:1 για το δεύτερο στάδιο. Το τρίτο στάδιο επεξεργασίας αποτελείται από 4 κλίνες οριζόντιας ροής εμβαδού 1,5m²/ι.κ., οι οποίες είναι φυτεμένες με καλάμια και τροφοδοτούνται επίσης με αντλία. Οι επεξεργασμένες εκροές συγκεντρώνονται σε φρεάτιο επανακυκλοφορίας, με το οποίο επιστρέφονται τα επεξεργασμένα λύματα στο φρεάτιο εισόδου τις περιόδους κατά τις οποίες οι εκροές δεν ικανοποιούν τα κριτήρια διάθεσης. Τελευταίο στάδιο επεξεργασίας είναι η μονάδα απολύμανσης των επεξεργασμένων λυμάτων, από το οποίο καταλήγουν στο φρεάτιο διάθεσης. Το έργο διαθέτει, επίσης, δεξαμενή κομποστοποίησης των καλαμιών και ξήρανσης της λάσπης από την αναερόβια δεξαμενή. Στο Σχήμα 2 που ακολουθεί παρατίθεται το διάγραμμα ροής της εγκατάστασης επεξεργασίας.

2.2. Η Ε.Ε.Λ. των Δ.Δ. Καλλιθέας – Λευκώνα

Η θέση που επιλέχθηκε κυρίως με βάση τη διαθεσιμότητα του κοινόχρηστου χώρου για την κατασκευή της εγκατάστασης βρίσκεται σε απόσταση περίπου 1.500m ανατολικά της Μικρής Πρέσπας, δυτικά του οικισμού του Λευκώνα. Ο πληθυσμός σχεδιασμού του συστήματος των υγροτόπων ανέρχεται σε 600 ι.κ.. Το έργο αυτό ακολουθεί στο σχεδιασμό του μια προσέγγιση που εφαρμόζεται πρόσφατα στη Γαλλία, η οποία χαρακτηρίζεται από απουσία πρωτοβάθμιου σταδίου επεξεργασίας (Δεξαμενή Imhoff, Αναερόβια δεξαμενή) [7]. Τα λύματα από τον αγωγό μεταφοράς εισέρχονται στη μονάδα στο φρεάτιο εισόδου του έργου και από εκεί μεταφέρονται στην εσχάρωση. Η πρωτοβάθμια επεξεργασία αποτελείται από δύο στάδια κατακόρυφης ροής 3 και 2 κλινών, αντίστοιχα, που είναι φυτεμένες με καλάμια. Η συνολική επιφάνεια των κλινών της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας ανέρχεται σε 2,5m²/ικ. Η τροφοδοσία των κλινών γίνεται με τη χρήση δύο μηχανικών σιφώνων, καθαρού όγκου 16,00m³ έκαστος, οι οποίοι εξασφαλίζουν υψηλή παροχή και ταχύ πλημμυρισμό των κλινών. Το δεύτερο στάδιο επεξεργασίας αποτελείται από 2 κλίνες οριζόντιας ροής εμβαδού 1,5m²/ικ, οι οποίες είναι φυτεμένες με καλάμια και τροφοδοτούνται, επίσης, με μηχανικό σίφωνα καθαρού όγκου 8,00m³. Οι λοιπές εγκαταστάσεις είναι αντίστοιχες της Ε.Ε.Λ του Λαιμού – Αγίου Γερμανού – Πλατέως. Η χρήση μηχανικών σιφώνων κατέστη δυνατή λόγω του επικλινούς του χώρου εγκατάστασης (ΔΗ= 6,50m) Στο Σχήμα 3 που ακολουθεί παρατίθεται το διάγραμμα ροής της εγκατάστασης.



Σχήμα 2: Διάγραμμα ροής ΕΕΛ ΔΔ Λαιμού – Αγίου Γερμανού – Πλατέως του Δήμου Πρεσπών



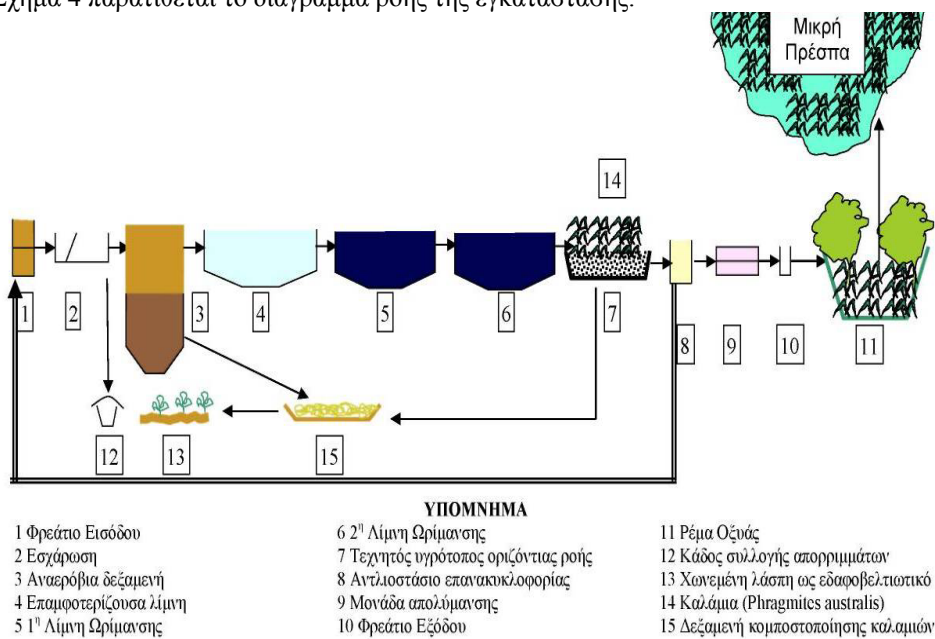
Σχήμα 3: Διάγραμμα ροής Ε.Ε.Λ. Δ.Δ. Καλλιθέας – Λευκώνα του Δήμου Πρεσπών

2.3. Η Ε.Ε.Λ. των Δ.Δ. Μικρολίμνης - Καρυών

Η θέση που επιλέχθηκε για την κατασκευή της εγκατάστασης βρίσκεται σε απόσταση περίπου 2.000m ανατολικά της Μικρής Πρέσπας, πλησίον του οικισμού της Οξυάς και σε ενδιάμεση απόσταση από τους οικισμούς της Μικρολίμνης και των Καρυών. Εξετάστηκαν δύο τύποι φυσικών συστημάτων ήτοι τεχνητοί υγρότοποι και

λίμνες σταθεροποίησης και επιλέχθηκε η κατασκευή των λιμνών σταθεροποίησης, διότι έχουν απλούστερη λειτουργία από τους υγροτόπους [9], ενώ η θέση του έργου απέχει σημαντικά από τους παρόχθιους καλαμιώνες της Μικρής Πρέσπας. Ο πληθυσμός σχεδιασμού του συστήματος των λιμνών σταθεροποίησης ανέρχεται στους 400 ι.κ..

Ο σχεδιασμός του έργου περιλαμβάνει το φρεάτιο εισόδου, από το οποίο τα λύματα μεταφέρονται στην εσχάρωση και στη συνέχεια στην αναερόβια δεξαμενή χωρητικότητας 200m³ για την πρωτοβάθμια επεξεργασία. Ο μέσος χρόνος παραμονής στην αναερόβια υπολογίζεται σε 2,4 ημέρες. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία αποτελείται από τρεις ανοικτές λίμνες, μία επαμφοτερίζουσα χωρητικότητας 2.200m³ και δύο ωρίμανσης χωρητικότητας 500m³, η κάθε μία. Ο συνολικός χρόνος παραμονής και στις τρεις λίμνες ανέρχεται σε 38 ημέρες. Η τριτοβάθμια επεξεργασία περιλαμβάνει έναν τεχνητό υγρότοπο με κλίνη οριζόντιας ροής εμβαδού 1,5m²/ικ, η οποία είναι φυτεμένη με καλάμια. Οι επεξεργασμένες εκροές συγκεντρώνονται στο φρεάτιο επανακυκλοφορίας, μέσω του οποίου επιστρέφουν τα επεξεργασμένα λύματα στο φρεάτιο εισόδου, τις περιόδους κατά τις οποίες δεν ικανοποιούνται τα κριτήρια διάθεσης. Τελευταίο στάδιο επεξεργασίας είναι η μονάδα απολύμανσης των επεξεργασμένων λυμάτων, από την οποία καταλήγουν στο φρεάτιο διάθεσης. Επίσης, προβλέπεται δεξαμενή κομποστοποίησης των καλαμιών και ξήρανσης της λάσπης. Στο Σχήμα 4 παρατίθεται το διάγραμμα ροής της εγκατάστασης.



Σχήμα 4: Διάγραμμα ροής Ε.Ε.Λ. Δ.Δ. Καρυών – Μικρολίμνης

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι φυσικές μέθοδοι επεξεργασίας τυγχάνουν σήμερα γενικής αποδοχής διεθνώς (EU, USA κλπ.), αλλά και στη χώρα μας, ως μια αξιόπιστη και κατάλληλη για μικρούς οικισμούς (<5.000ικ) μέθοδος επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων. Εκτός όμως από αξιόπιστη, είναι και οικονομική λύση, ιδιαίτερα κατά τη φάση της λειτουργίας, καθώς οι μονάδες δεν χρειάζονται συνεχή παρουσία εξειδικευμένου προσωπικού για να λειτουργήσουν, γεγονός το οποίο επιβαρύνει τον συνήθως περιορισμένο προϋπολογισμό των μικρών Δήμων.

Για τα τρία έργα που παρουσιάζονται συνοπτικά στην παρούσα εργασία το κόστος κατασκευής, σύμφωνα με τον προϋπολογισμό τους, ανέρχεται σε 350€ έως 600 €/ικ ανάλογα με τη μέθοδο επεξεργασίας και τον πληθυσμό σχεδιασμού. Αναλυτικά για το έργο επεξεργασίας λυμάτων των Δ.Δ. Λαιμού – Αγίου Γερμανού – Πλατέως ο προϋπολογισμός του ανέρχεται στις 720.000€, ήτοι 550€/ικ και αν συνυπολογιστεί ότι οι μεταφορές των υλικών είναι της τάξης των 150.000€, λόγω των ιδιαίτερων απαγορεύσεων της περιοχής, το πραγματικό κόστος κατασκευής ανέρχεται στα 450€/ικ. Για το έργο της επεξεργασίας των λυμάτων των Δ.Δ. Καλλιθέας – Λευκώνα ο προϋπολογισμός του ανέρχεται στις 360.000€, ήτοι 600€/ικ. Χωρίς τις μεταφορές των υλικών που ανέρχονται στις 50.000€ το κόστος κατασκευής είναι 500€/ικ. Τέλος, για το έργο επεξεργασίας λυμάτων των Δ.Δ. Καρυών – Μικρολίμνης το κόστος, με βάση αντίστοιχα έργα, είναι της τάξης των 350€/ικ. Αναλύοντας το κόστος λειτουργίας στα τρία έργα που αναφέρθηκαν στην μελέτη προκύπτει ότι για την Ε.Ε.Λ. των Δ.Δ. Λαιμού – Αγίου Γερμανού – Πλατέως το κυρίως κόστος λειτουργίας είναι η ηλεκτρική κατανάλωση και συντήρηση των αντλιών φόρτισης των κλινών και του συστήματος απολύμανσης, ενώ για τα άλλα δύο το κόστος περιορίζεται κυρίως στη λειτουργία της μονάδος απολύμανσης.

Ο σχεδιασμός των τεχνητών υγροτόπων είναι πλέον σύνθετος από το σχεδιασμό των δεξαμενών σταθεροποίησης, ιδιαίτερα όταν απαιτούνται αντλίες για την τροφοδοσία των κλινών. Η ύπαρξη επαρκούς κλίσης στο χώρο εγκατάστασης, η οποία να επιτρέπει τη χρήση μηχανικών σιφώνων, είναι σημαντικό πλεονέκτημα και απλοποιεί το σχεδιασμό, αλλά και τη λειτουργία των έργων με την προϋπόθεση της σωστής διαστασιολόγησης του όγκου που παροχετεύεται σε κάθε σιφωνισμό.

Η δυνατότητα κατάργησης του πρώτου σταδίου επεξεργασίας (αναερόβια δεξαμενή) σε τεχνητούς υγροτόπους αποτελεί ιδιαίτερα ελκυστική σχεδιαστική προσέγγιση η οποία πρέπει να αξιολογηθεί συστηματικά σε αντίστοιχα έργα εν λειτουργία.

Ο σχεδιασμός, όμως, φυσικών συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων, τόσο με λίμνες σταθεροποίησης, όσο και με τεχνητούς υγροτόπους δεν υποχρεούται να ακολουθεί στη χώρα μας θεσμοθετημένους κανόνες ή αρχές. Αντίθετα, υπόκειται σε ατεκμηρίωτες επιβολές στο σχεδιασμό από τις αδειοδοτούσες υπηρεσίες, που δεν έχουν την απαιτούμενη ενημέρωση. Η ανάπτυξη μίας βάσης πληροφοριών με τα χαρακτηριστικά του σχεδιασμού και των αποτελεσμάτων λειτουργίας για τα φυσικά συστήματα που κατασκευάστηκαν στην Ελλάδα θα βοηθούσε στη βελτίωση του σχεδιασμού αντίστοιχων έργων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Gottle, A. (2004). Bavarian Office for Water Management, Personal communication.
2. Καραμούζης Δ., (2003). Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας Λυμάτων. Τεύχος 1. Τεχνητοί Υγρότοποι. Εκδόσεις Δωδώνη, Θεσσαλονίκη. Σελ. ...
3. Αγγελάκης Α. και Tsobanoglous G. (1995). Υγρά Απόβλητα. Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας και Ανάκτηση, Επαναχρησιμοποίηση και Διάθεση εκροών. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης. Σελ. ...
4. Kadlec R. and Knight R.(1995). Treatment Wetlands. Lewis Publishers, New York.
5. Crites R. and Tsobanoglous G. (1998). Small and decentralized wastewater management systems. Series in Water Resources and Env. Engineering. McGraw-Hill.
6. Tsihrintzis V.A., Karamouzis D., Akrotos C. and Angelakis A.N., (2004). Comparison of a free-water surface and a vertical subsurface flow constructed wetland system. Proc. 6th Int. Conf. on Waste Stabilization Ponds and 9th Int. Conf.

- on Wetland Systems for Water Pollution Control, Avignon (France), 26th Sept.-1st Oct. 2004, Communications of common interest, pp 199-208.
7. Boutin C. and Lienard A. (2004). Reed Bed Filters for wastewater treatment in France: major design and history of development. *Water21*, April 2004, IWA.
 8. Papadopoulos A., Parisopoulos G., Papadopoulos F. and Karteris A. 2003. Sludge accumulation pattern in an anaerobic pond under Mediterranean climatic conditions. *Water Research*, Vol. 37, 634-644.
 9. Parissopoulos G., Papadopoulos A., Papadopoulos F. and Karteris A., 2003, Comparative design and performance analysis of three different in configuration waste stabilization ponds pilot units in a Mediterranean – temperate climate, *Water Science and Technology : Water Supply* 3 (4):193-200

(172)

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΑΓΡΟ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΟ ΜΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΛΥΜΑΤΑ

B. Z. Αντωνόπουλος και M. H. Rahil

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Γεωπονική Σχολή, Τομέας Εγγείων
Βελτιώσεων, Γεωργ. Μηχ. & Εδαφ., Τ.Κ. 54124, Θεσ/νίκη, vasanton@agro.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ισοζύγιο του νερού και του αζώτου στο έδαφος αγρού καλλιεργούμενου με αραβόσιτο και αρδευόμενο με επεξεργασμένα λύματα εκτιμήθηκε με το μοντέλο WANISIM (Water and Nitrogen Simulation Model). Η μελέτη επικεντρώθηκε στην εκτίμηση των επιπτώσεων της άρδευσης με επεξεργασμένα λύματα και τη συμπληρωματική λίπανση με ανόργανο άζωτο στην κατανομή του νερού και αζώτου στο έδαφος, στο ισοζύγιο τους κατά την καλλιεργητική και την ακολουθούμενη μη καλλιεργητική περίοδο και στην έκπλυση αζώτου προς τα υπόγεια νερά. Χρησιμοποιήθηκαν πειραματικές μετρήσεις που έγιναν σε αγρό της περιοχής Σίνδου Θεσσαλονίκης για ένα πλήρες έτος από τον Απρίλιο του 2004. Οι διαδικασίες αξιολόγησης των αποτελεσμάτων έδειξαν ότι το μοντέλο μπορεί να προσομοιώσει τις αλληλοεπιδράσεις του συστήματος έδαφος-νερό-φυτό-ατμόσφαιρα-περιβάλλον.

SIMULATION OF WATER AND NITROGEN BALANCE IN A CORN FIELD IRRIGATED WITH TREATED WASTEWATER

V. Z. Antonopoulos and M.H. Rahil

Aristotle University of Thessaloniki, Sch. of Agriculture, Department of Hydraulics, Soil
Science and Agriculture Engineering, 54124, Thessaloniki, vasanton@agro.auth.gr

ABSTRACT

A mathematical model named WANISIM (Water and Nitrogen Simulation Model) was used to evaluate the soil water and nitrogen dynamics in a soil cultivated with corn-crop under irrigation with treated wastewater. The model applications focused on the effects of irrigation with treated wastewater plus nitrogen fertilizer application on water and nitrogen distribution in the soil profile, water and nitrogen balance components, and nitrogen leaching to groundwater. To simulate the soil water and nitrogen balance, a field experiment was carried out for a period of one year. The procedures of model evaluation show that the model can simulate the effect of soil-water-plant-atmosphere interactions.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων για την άρδευση καλλιεργειών παρουσιάζει τις τελευταίες δύο δεκαετίες μεγάλο ενδιαφέρον. Η μείωση των διαθέσιμων υδατικών πόρων, η αυξανόμενη παραγωγή λυμάτων και η ανάγκη επαναχρησιμοποίησης των λυμάτων για την προστασία του περιβάλλοντος δημιουργεί την ανάγκη χρησιμοποίησης των επεξεργασμένων λυμάτων στην γεωργία. Η επαναχρησιμοποίηση έχει θετικές επιδράσεις στην παραγωγή με τη προσθήκη στο έδαφος θρεπτικών στοιχείων από τα λύματα, αλλά και αρνητικές επιπτώσεις από την υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο και άλλα ανεπιθύμητα στοιχεία των λυμάτων [16]. Προβληματισμός υπάρχει για τον εμπλουτισμό των υπόγειων νερών με νιτρικά και τα συνεπαγόμενα προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία [2], όπως και τα προβλήματα ευτροφισμού [17].

Η διαχείριση του αρδευτικού νερού και του αζώτου μπορεί να γίνει με μαθηματικά μοντέλα. Μοντέλα για το σκοπό αυτό υπάρχουν αρκετά στη διεθνή βιβλιογραφία [5],[6],[8],[9],[10],[14],[15].

Στο σταθμό επεξεργασίας λυμάτων της Θεσσαλονίκης επεξεργάζονται ημερησίως 150.000 m³ λυμάτων που διατίθενται στον Θερμαϊκό κόλπο. Η επαναχρησιμοποίησή τους για άρδευση θα συμβάλει στην εξοικονόμηση υδατικών πόρων και την προστασία του Θερμαϊκού.

Στην εργασία χρησιμοποιείται το μαθηματικό μοντέλο WANISIM (Water and Nitrogen Simulation Model) για την προσομοίωση της δυναμικής του νερού και του αζώτου στο έδαφος καλλιεργούμενου αγρού κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του αραβοσίτου και της συνεχόμενης μη καλλιεργητικής περιόδου. Ο σκοπός είναι να εξεταστούν και διερευνηθούν οι επιπτώσεις της άρδευσης με επεξεργασμένα λύματα και συμπληρωματική αζωτούχο λίπανση στο ισοζύγιο νερού και αζώτου στο έδαφος και η έκπλυση του προς τα υπόγεια νερά.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Περιγραφή του μοντέλου

Το μοντέλο προσομοίωσης της δυναμικής του νερού και του αζώτου στο έδαφος, WANISIM, περιγράφει την κίνηση του νερού, τη μεταφορά μάζας και τους μετασχηματισμούς του αζώτου στο έδαφος [3],[4],[13]. Αποτελείται από μια σειρά υπορουτινών που περιγράφουν και εκτιμούν ταυτόχρονα τις διαδικασίες της κίνησης του νερού, της μεταφοράς του αμμωνιακού και νιτρικού αζώτου, της πρόσληψης του νερού και του αζώτου από τα φυτά, την ανοργανοποίηση και ακινητοποίηση του αζώτου και τους μετασχηματισμούς των ανόργανων μορφών του αζώτου στο έδαφος, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη την επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων στις ευαίσθητες διαδικασίες των μετασχηματισμών και της πρόσληψης του αζώτου και στην τύχη του εφαρμοζόμενου οργανικού και ανόργανου αζωτούχου λιπάσματος.

Η εξίσωση που περιγράφει τη δυναμική του εδαφικού νερού με ταυτόχρονη πρόσληψη νερού από το ριζικό σύστημα των φυτών είναι η εξής

$$C_h \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K \frac{\partial h}{\partial z} - K \right) - S_w \quad (1)$$

όπου h είναι το ύψος πίεσης (cm), K είναι η υδραυλική αγωγιμότητα (cm day⁻¹), C_h είναι η υδραυλική χωρητικότητα (cm⁻¹), S_w είναι ο όρος πρόσληψης νερού από τις ρίζες (cm³ cm⁻³ day⁻¹), z είναι η κατακόρυφη συντεταγμένη (θετική προς τα κάτω) (cm) και t είναι ο χρόνος (day).

Η μακροσκοπική προσέγγιση πρόσληψης νερού από τις ρίζες περιγράφεται από την σχέση των Feddes et al. (1978) ως συνάρτηση της μέγιστης πρόσληψης νερού και του περιριστικού παράγοντα λόγω μείωσης της εδαφικής υγρασίας.

Οι μονοδιάστατες εξισώσεις στην κατακόρυφη διεύθυνση της μεταφοράς μάζας του NH₄-N και NO₃-N σε ακόρεστες συνθήκες έχουν ως εξής [4].

$$\frac{\partial \theta C_1}{\partial t} + \frac{\partial \rho S}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial z} \left(\theta D \frac{\partial C_1}{\partial z} \right) + \frac{\partial q C_1}{\partial z} + \Phi_1 - Q_a + \xi_1 \theta = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial \theta C_2}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial z} \left(\theta D \frac{\partial C_2}{\partial z} \right) + \frac{\partial q C_2}{\partial z} + \Phi_2 - Q_n + \xi_2 \theta = 0 \quad (4)$$

όπου: C₁ και C₂ είναι οι συγκεντρώσεις του NH₄-N και NO₃-N στο εδαφικό διάλυμα (mg L⁻¹), D είναι ο συντελεστής διασποράς (cm² day⁻¹), θ είναι η εδαφική υγρασία (cm³ cm⁻³), q είναι η ταχύτητα Darcy (cm day⁻¹), ρ είναι η φαινόμενη πυκνότητα του εδάφους (g cm⁻³), S είναι η προσροφημένη στα στερεά ποσότητα NH₄-N (mg g⁻¹), Φ₁ και Φ₂ είναι οι όροι των ρυθμών μετασχηματισμού του NH₄-N και NO₃-N (mg L⁻¹ day⁻¹), Q_a και Q_n είναι οι ρυθμοί πρόσληψης NH₄-N και NO₃-N ανά μονάδα όγκου του εδάφους (mg L⁻¹ day⁻¹), αντίστοιχα, και ξ₁ και ξ₂ είναι η καθαρή παραγωγή από την ανοργανοποίηση/ακίνητοποίηση NH₄-N και NO₃-N (mg L⁻¹ day⁻¹) κατά την ανοργανοποίηση του οργανικού αζώτου.

2.2 Περιγραφή των πειραματικών μετρήσεων

Ο πειραματικός αγρός βρίσκεται στο Ινστιτούτο Εγγείων Βελτιώσεων Δυτικά της Θεσσαλονίκης (40° 40' latitude, 22° 48' longitude). Η σπορά του αραβοσίτου έγινε στις 20 Απριλίου 2004 με πυκνότητα φυτών 66000/ha. Η βλάστηση άρχισε στις 4 Μαΐου και η συγκομιδή έγινε στις 13 Σεπτεμβρίου. Έγινε ανόργανος λίπανση αζώτου κατά τη σπορά με 500 kg N ha⁻¹. Τα επεξεργασμένα λύματα του σταθμού επεξεργασίας λυμάτων της Θεσσαλονίκης χρησιμοποιήθηκαν για την άρδευση της καλλιέργειας. Οι μέσες τιμές των ποιοτικών παραμέτρων των επεξεργασμένων λυμάτων δίνονται στον Πίνακα 1. Έγιναν 10 αρδεύσεις ανά 7 ημέρες. Το ολικό ύψος αρδευτικού νερού ήταν 49.4 cm. Η βροχή της ίδιας περιόδου ανήλθε στα 9.1 cm και έφτασε στα 49.06 cm κατά τη διάρκεια της περιόδου προσομοίωσης του ενός έτους. Η κατανομή της βροχής και άρδευσης κατά τη διάρκεια του έτους προσομοίωσης δίνεται στο Σχήμα 1.

Με τα ημερήσια μετεωρολογικά δεδομένα από το σταθμό της Σίνδου υπολογίστηκε η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή αναφοράς με τη μέθοδο FAO Penman-Monteith [1].

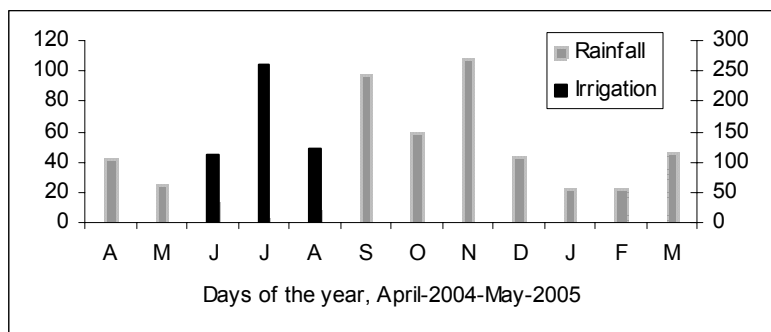
Πίνακας 1. Φυσικοχημικές ιδιότητες των επεξεργασμένων λυμάτων

Παράμετρος	pH	EC _w dS/m	SAR	Na	Ca	Mg	N-NO ₃	N-NH ₄
				meq/l			mg/l	
Συγκέντρωση	7.4	3.5	15.7	24.3	1.5	3.2	4.5	0.23

Σε αντιπροσωπευτικά βάθη (25, 55, 85, and 105 cm) των τεσσάρων στρώσεων του εδάφους προσδιορίστηκαν οι χαρακτηριστικές καμπύλες, θ(h), και η υδραυλική αγωγιμότητα κορεσμού, K_{sat}.

Η καταγραφή της εδαφικής υγρασίας και των συγκεντρώσεων αζώτου στο έδαφος έγινε σε δείγματα εδάφους από τα τέσσερα διαφορετικά βάθη με επανάληψη κάθε 12 ημέρες κατά την διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και κάθε 25 ημέρες την ακολουθούμενη μη καλλιεργητική περίοδο. Η εδαφική υγρασία προσδιοριζόταν με τη σταθμική μέθοδο. Οι μετρήσεις αζώτου περιλάμβαναν το αμμωνιακό άζωτο (NH₄-N), το νιτρικό (NO₃-N), το ολικό και το οργανικό άζωτο στα δείγματα εδάφους.

Για την παρακολούθηση της ανάπτυξης της καλλιέργειας γινόταν μετρήσεις του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI) κάθε δύο βδομάδες. Το βάθος και η κατανομή του ριζικού συστήματος γινόταν επίσης κάθε δύο βδομάδες σε αντιπροσωπευτικά φυτά, που απομακρυνόταν από το έδαφος.



Σχήμα 1. Κατανομή της βροχής και της άρδευσης κατά τη διάρκεια του έτους προσομοίωσης

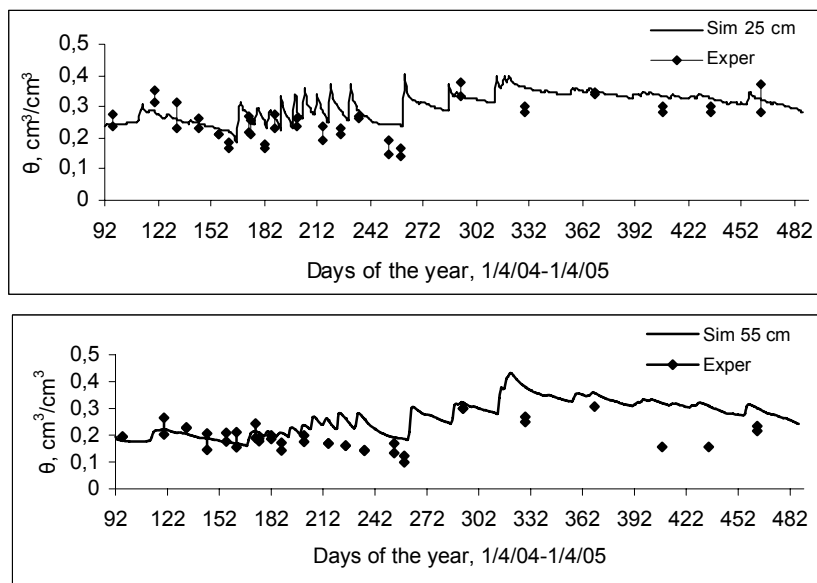
2.3 Στατιστικός έλεγχος των αποτελεσμάτων

Ο έλεγχος των αποτελεσμάτων του μοντέλου έγινε συγκρίνοντας τις υπολογισμένες με τις μετρημένες τιμές χρησιμοποιώντας ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια. Τα ποιοτικά κριτήρια περιλαμβάνουν διαγραμματική σύγκριση των υπολογισμένων με τις μετρημένες τιμές ως προς το βάθος και το χρόνο. Τα ποσοτικά κριτήρια περιλαμβάνουν τον υπολογισμό των στατιστικών παραμέτρων [2] του μέσου σφάλματος (E), του μέσου τετραγώνου των αποκλίσεων (RMS), το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMSE), το συντελεστή υπολείμματος μάζας (CRM), και την αποδοτικότητα του μοντέλου (EF).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο Σχήμα 2 δίνεται η διακύμανση της εδαφικής υγρασίας κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του αραβοσίτου και τη συνεχόμενη μη καλλιεργητική περίοδο στα βάθη των 25 και 55 cm. Η σύγκριση των υπολογισμένων με τις μετρημένες τιμές της εδαφικής υγρασίας δείχνει ότι το μοντέλο WANISIM μπορεί να περιγράψει αρκετά ικανοποιητικά το σύστημα έδαφος-νερό-φυτό ατμόσφαιρα. Παρατηρούνται όμως μερικές υπερ- και υποεκτιμήσεις της εδαφικής υγρασίας από το μοντέλο. Η υπερεκτίμηση της εδαφικής υγρασίας κατά την περίοδο 167 μέχρι 230 ημέρα του έτους οφείλεται στην μέθοδο άρδευσης (στάγδην άρδευση) και στη μέθοδο μέτρησης της υγρασίας (σταθμική μέθοδος), που εμπεριέχουν την μεταβλητότητα λόγω κατανομής της υγρασίας στο έδαφος και των εδαφικών ιδιοτήτων.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης δίνονται στον Πίνακα 2. Οι αποκλίσεις των υπολογισμένων από τις μετρημένες τιμές είναι μικρότερες στο επιφανειακό στρώμα ($E=0.028 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, $RMS=4.565$, $RMSE=17.996$) από ότι στο βαθύτερο στρώμα ($E=0.042 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, $RMS=6.192$, $RMSE=30.760$). Οι τιμές του CRM δείχνουν υπερεκτίμηση σ' όλα τα βάθη.



Σχήμα 2. Σύγκριση υπολογισμένων (συνεχή γραμμή) με τις μετρημένες (σημεία) τιμές εδαφικής υγρασίας στα βάθη 25 και 55 cm. Οι μετρημένες τιμές είναι διπλές σε κάθε βάθος

Πίνακας 2. Στατιστικά κριτήρια ελέγχου των αποτελεσμάτων

Στατιστικά κριτήρια						
Depth, cm	n	E (cm ³ /cm ³)	RMS	RMSE (%)	EF	CRM
0-40	22	0.028	4.565	17.996	0.336	-0.110
40-65	22	0.042	6.192	30.760	-0.748	-0.211

Στον Πίνακα 3 δίνονται οι συνιστώσες του ισοζυγίου του νερού στο έδαφος στο τέλος ενός πλήρους έτους. Το αθροιστικό ύψος νερού των συνιστωσών του ισοζυγίου κατά τη διάρκεια της περιόδου προσομοίωσης δίνονται στο Σχήμα 3. Το ολικό ύψος νερού που εφαρμόστηκε κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ήταν 58.5 cm, από το οποίο τα 49.4 cm ήταν η άρδευση και 9.1 cm ήταν από τη βροχή. Η πραγματική διαπνοή της περιόδου ανάπτυξης του αραβοσίτου ήταν 41.73 cm, ενώ η πραγματική εξάτμιση 15.2 cm, η οποία έφτασε τα 28.33 cm στον ένα πλήρες έτος. Το πρόγραμμα άρδευσης ικανοποιεί τις ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό.

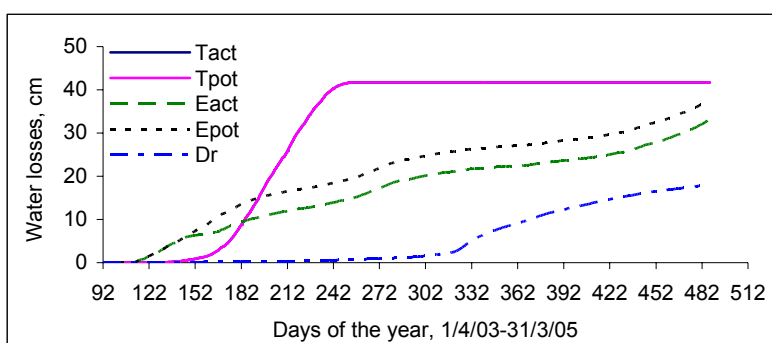
Στα Σχήματα 4 και 5 παρουσιάζονται οι χρονικές διακυμάνσεις των υπολογισμένων με το μοντέλο σε σύγκριση με τις μετρημένες τιμές στα βάθη των 25 και 55 cm των συγκεντρώσεων NO₃-N και NH₄-N κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν καλή συμφωνία κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Οι μεταβολές της συγκέντρωσης του NO₃-N δείχνουν καλή περιγραφή. Το μοντέλο εμφανίζει ένα μεγάλης χρονικής διάρκειας μέγιστο στο ριζόστρωμα αμέσως μετά την λίπανση (101 ημέρα του έτους) η οποία εμφανίζεται και στις μετρημένες τιμές.

Οι συγκεντρώσεις του νιτρικού αζώτου στο έδαφος μειώνονται ταχύτατα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών (156^η μέχρι 223^η ημέρα του έτους) ιδιαίτερα στη ζώνη του ριζοστρώματος (0-40 cm), και αυξάνει μετά την ωρίμανση όταν η πρόσληψη

αναστέλλεται. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τις παρατηρήσεις των Lotse et al. (1992) για τις αυξομειώσεις του αζώτου στο έδαφος.

Πίνακας 3. Συνιστώσες ισοζυγίου του νερού και του αζώτου στο τέλος της περιόδου προσομοίωσης (1 έτος)

Συνιστώσα του ισοζυγίου νερού	Υψος νερού (cm)	Συνιστώσα του αζώτου	kg N ha ⁻¹
Βροχή	49.06	Εφαρμογή αζώτου με λίπανση	500.0
Αρδευση	49.4	Εφαρμογή αζώτου με λύματα	23.5
Διαπνοή πραγματική	41.73	Ανοργανοποίηση οργανικού N	253.6
Εξάτμιση πραγματική	28.33	Πρόσληψη N από τα φυτά	386.4
Εξατμισοδιαπνοή πραγματική	70.06	Εκπλυση προς τα υπόγεια νερά	170.8
Στράγγιση	16.74	Απονιτροποίηση NO ₃ -N	12.7
Μεταβολή στο αποθηκευμένο νερό	+11.55	Μεταβολή στο αποθηκευμένο άζωτο	207.2



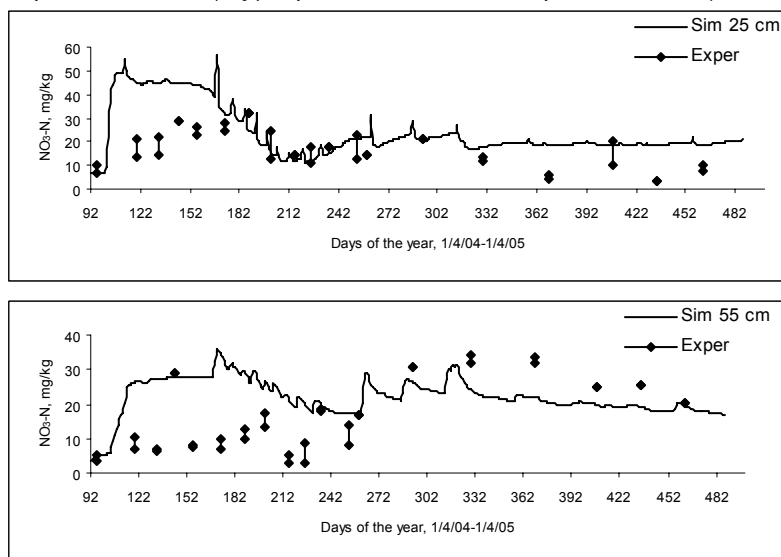
Σχήμα 3. Αθροιστική πραγματική διαπνοή (T_{act}), δυναμική διαπνοή (T_{pot}), πραγματική εξάτμιση (E_{act}), δυναμική εξάτμιση (E_{pot}), και στραγγιστικό νερό (Dr) στον αγρό

Οι υψηλές τιμές NH_4-N (Fig. 5) μετά την 101^η ημέρα του έτους οφείλονται στην λίπανση πριν τη σπορά. Οι υψηλές αυτές τιμές εμφανίζονται σε όλα τα βάθη αλλά με κάποια καθυστέρηση βαθύτερα και με μικρότερες μέγιστες τιμές. Καθώς τα φυτά φτάνουν στην πλήρη ανάπτυξη, το NO_3-N και NH_4-N μειώνεται στο ριζόστρωμα μέχρι την ωρίμανση. Μετά την ωρίμανση και την συγκομιδή οι συγκεντρώσεις του ανόργανου αζώτου παρουσιάζουν μικρή αύξηση, που οφείλεται στην αποικοδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων και την απελευθέρωση ανόργανου αζώτου.

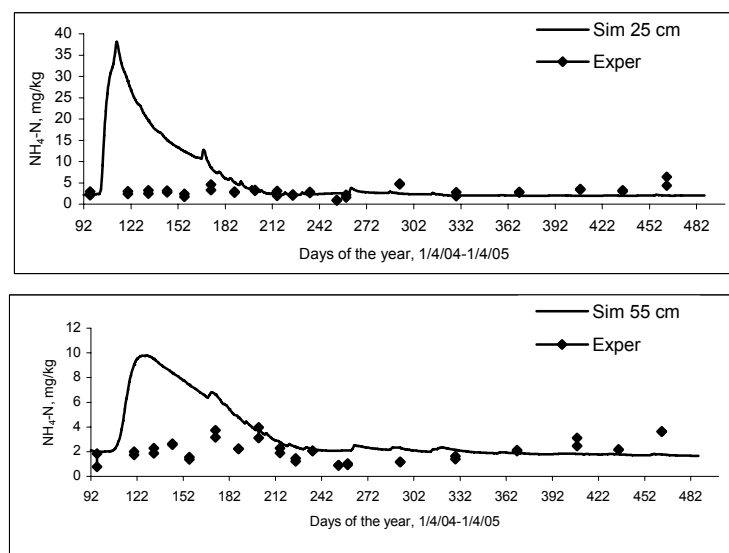
Στον Πίνακα 3 δίνεται το ισοζύγιο του αζώτου στον αγρό του αραβοσίτου. Η ποσότητα αζώτου που προστέθηκε με τα λύματα είναι πολύ μικρή. Αυτό οφείλεται στον προχωρημένο βαθμό επεξεργασίας των λυμάτων. Κατά τη διάρκεια του ενός έτους προσομοίωσης οι απώλειες αζώτου με έκπλυση ήταν $170.8 \text{ kg N ha}^{-1}$. Η έκπλυση συμβαίνει κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Μόνο το 14% του συνολικά εκπλυόμενου αζώτου παρατηρήθηκε την περίοδο Απριλίου - Οκτωβρίου, ενώ το υπόλοιπο 84 % εκπλύθηκε κατά την μη καλλιεργητική βροχερή περίοδο του χειμώνα. Το γεγονός δείχνει ότι ο χειμώνας είναι η επικίνδυνη εποχή για την έκπλυση του αζώτου. Είναι η

περίοδος που απαιτούνται αποφάσεις για να μειωθεί η ρύπανση των υπόγειων νερών με νιτρικά.

Η συνολική μεταβολή στο αποθηκευμένο άζωτο του εδάφους βάθους 1.5 m είναι ίση με 207.2 kg ha⁻¹. Η τιμή αυτή δείχνει ότι οι εισροές αζώτου ήταν αυξημένες κατά την περίοδο μελέτης. Το ποσό των 500 kg N ha⁻¹ που εφαρμόστηκε είναι πολύ μεγαλύτερο από τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας. Το επιπλέον άζωτο των 207.2 kg N ha⁻¹ που αποθηκεύεται στο έδαφος μπορεί να εκπλυθεί και να ρυπάνει τα υπόγεια νερά.



Σχήμα 4. Αποτελέσματα νιτρικού αζώτου (συνεχής γραμμή) και μετρημένες τιμές (σημεία) στα βάθη των 25 και 55 cm.



Σχήμα 5. Αποτελέσματα αμμωνιακού αζώτου (συνεχής γραμμή) και μετρημένες τιμές (σημεία) στα βάθη των 25 και 55 cm.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν ότι το μοντέλο WANISIM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει τις χωροχρονικές μεταβολές του νερού και του αζώτου στο έδαφος αγρού καλλιεργούμενου με αραβόσιτο και όταν για την άρδευση χρησιμοποιούνται επεξεργασμένα αστικά λύματα. Παρόλα αυτά παρατηρούνται υπερ και υποεκτιμήσεις των υπολογισμένων τιμών σε σχέση με τις μετρημένες τιμές. Η αιτία είναι η παραλλακτικότητα του εδάφους που δεν μπορεί να ληφθεί υπόψη με την δειγματοληψία εδάφους και η μέθοδος άρδευσης (στάγδην άρδευση) που δεν διαβρέχει ομοιόμορφα το έδαφος.

Το αθροιστικό νερό στράγγισης ήταν 16.74 cm από το οποίο το 10 % (1.67 cm) παρατηρήθηκε την περίοδο καλλιέργειας, ενώ το 90 % (15 cm) κατά την ακολουθούμενη μη καλλιεργητική περίοδο από τον Οκτώβρη μέχρι το Απρίλη. Η υπερβολική λίπανση με ανόργανο άζωτο είχε ως αποτέλεσμα την αποθήκευση σημαντικού αζώτου στο έδαφος στο τέλος της περιόδου προσομοίωσης, το οποίο είναι δυνατό να δημιουργήσει προβλήματα ρύπανσης των υπόγειων νερών με την έκπλυση κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. & Smith, M. 1998. *Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy.
2. Αντωνόπουλος, Β.Ζ., 2003. *Υδραυλική Περιβάλλοντος και Ποιότητα Επιφανειακών Υδάτων*, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, σελ. 520.
3. Antonopoulos, V. Z. (2001). Simulation of water and nitrogen balance of irrigated and fertilized corn-crop soil. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 127(2), 77-83.
4. Antonopoulos, V. Z. & Wyseure, G. C. 1998. Modeling of water and nitrogen dynamics on an undisturbed soil and a restored soil after open-cast mining. *Agriculture Water Management*, 37, 21-40.
5. Bergstrom, L., Johnsson, H. & Torstensson, G. 1991. Simulation of soil nitrogen dynamics using the SOILN model. *Fertilizer Research*, 27, 181-188.
6. Diekkruger, B., Sondgerath, D., Kersebaum, C. K., & Mc-Voy, C. W. 1998. Validity of agro-ecosystem models: A comparison of results of different models applied to the same data set. *Ecological Modeling*, 81, 3-29.
7. Feddes, R. A., Kowalik, P. J. & Zaradny, H. 1978. *Simulation of field water use and crop yield*. Simulation Monography, Pudoc, Wageningen, pp.189.
8. Gabrielle, B. & Kengni, L. 1996. Analysis and field-evaluation of the CERES models soil components: Nitrogen transfer and transformation. *Soil Science Society of American Journal*, 60, 142-149.
9. Hutson, J. L. 2000. *LEACHM: Model description and user's guide*. School of Chemistry, Physics, and Earth Science, The Flinders University of South Australia, Adelaide, South Australia.
10. Jarvis, N. J. 1995. Simulation of soil water dynamics and herbicides persistence in silt loam soil using the MACRO model. *Ecological Modeling*, 8, 97-109.
11. Lafolie, F., Bruckler, L., de-Cockborne, A. M. & Laboucarie, C. 1997. Modeling the water transport and nitrogen dynamics in irrigated salad crops. *Irrigation Science*, 17, 95-104.

12. Lotse, E. G., Jabro, J. D., Simmons, K. E. & Baker, D. E. 1992. Simulation of nitrogen dynamics and leaching from arable soils. *Journal of Contaminant Hydrology*, 10, 183-196.
13. Rahil, M. and Antonopoulos, V., 2007. Simulating Soil water flow and nitrogen dynamics in a sunflower field irrigated with reclaimed wastewater, *Agricultural Water Management*, doi: 10.1016/j.agwat.2007.05.019.
14. Rinaldi, M. 2001. Application of EPIC model for irrigation scheduling of sunflower in Southern Italy. *Agriculture Water Management*, 49, 185-196.
15. Vanclooster, M., Ducheyne, S., Dust, M., Vereecken, H., 2000. Evaluation of pesticide dynamics of the WAVE model. *Agriculture Water Management*, 44, 371-388.
16. Vazquez-Montiel, O., Horan, N. J. and Marra, D. D. 1995. Effects of nitrogen application rates using treated wastewater on nitrogen uptake and crop yield based on pot trials with maize and soybean. *Water Research*, 29(8), 1945-1949.
17. WHO 1989. *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*. WHO Tech. Report Series No. 77, WHO, Geneva, Switzerland.

(181)

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Γ. Τζιαφάς^{1α}, Χ. Τοπάλογλου^{2α}, Ο. Χρίστου^{1β} και Ν. Συλλαίος^{2β}

¹Geoinfo Εφαρμοσμένες Έρευνες και Μελέτες, Αγαλλιανού 26, Τ.Κ. 54352,
Θεσσαλονίκη, e-mail: Tgeor@geoinfo.gr^{1α}, geoinfo@geoinfo.gr^{1β}

²Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Γεωπονική Σχολή, Εργαστήριο
Τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, ΑΠΘ, Τ.Κ. 54124,
e-mail: chartop@agro.auth.gr^{2α}, sileos@agro.auth.gr^{2β}

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται και αναλύονται οι βασικές λειτουργίες του προσαρμοσμένου λογισμικού για τη συλλογή δεδομένων υπαίθρου τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες φάσεις επεξεργασίας δορυφορικών δεδομένων. Η εφαρμογή αυτή χρησιμοποιήθηκε στην Πάφο (Κύπρος) για ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας με ικανοποιητικά αποτελέσματα της λαμβάνοντας πολλές παρατηρήσεις από το πεδίο ημερησίως. Ειδικότερα, τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής ήταν η ταχύτητα και η ακρίβεια λήψης των σημείων καθώς και οι ελάχιστες απαιτήσεις σε ανθρώπινο δυναμικό.

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR GROUND DATA COLLECTION FOR REMOTE-SENSING AND GIS APPLICATIONS

G. Tzifas^{1α}, C. Topaloglou^{2α}, O. Christou^{1β} και N. Sileos^{2β}

¹Geoinfo Applied Studies and Research, Agalianou 26, PO. 54352, Thessalonica
, e-mail: Tgeor@geoinfo.gr^{1α}, geoinfo@geoinfo.gr^{1β}

²Aristotle University of Thessaloniki, Remote Sensing and GIS Laboratory, PO. 54124,
e-mail: chartop@agro.auth.gr^{2α}, sileos@agro.auth.gr^{2β}

ABSTRACT

In this paper is presented the basic functions of a new customized software called CTS Tools especially designed for the collection of field observations which can be used in the analysis of remote sensing data. This software was used already in Pafos city in Cyprus collecting daily a lot of data for the crop classification of satellite images with high spatial resolution. Particularly, the advantages were the speed and the accuracy of the collection of the field data and the minimum demand in human resources.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Τηλεπισκόπηση αποτελεί μία από τις σύγχρονες τεχνολογίες, που στηρίζεται στην ανάλυση και επεξεργασία επίγειων χωρικών δεδομένων με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού και Η/Υ και παρέχει συγκριτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με παραδοσιακές μεθόδους συλλογής δεδομένων που πραγματοποιούνται κατά κύριο λόγο με εργασίες πεδίου, όπως είναι η συνοπτική απεικόνιση μεγάλων περιοχών, η ικανότητα της χωρικής αντίληψης (spatial comprehensiveness), καθώς και η δυνατότητα διαχρονικών λήψεων δορυφορικών εικόνων [1]. Παρόλα όμως τα πλεονεκτήματα της τηλεπισκόπησης, δεν πρέπει να υποεκτιμούνται τα δεδομένα που συλλέγονται στο πεδίο γιατί αποτελούν σημαντικό εργαλείο για την επεξεργασία και τον έλεγχο των αποτελεσμάτων της ανάλυσης των δορυφορικών δεδομένων.

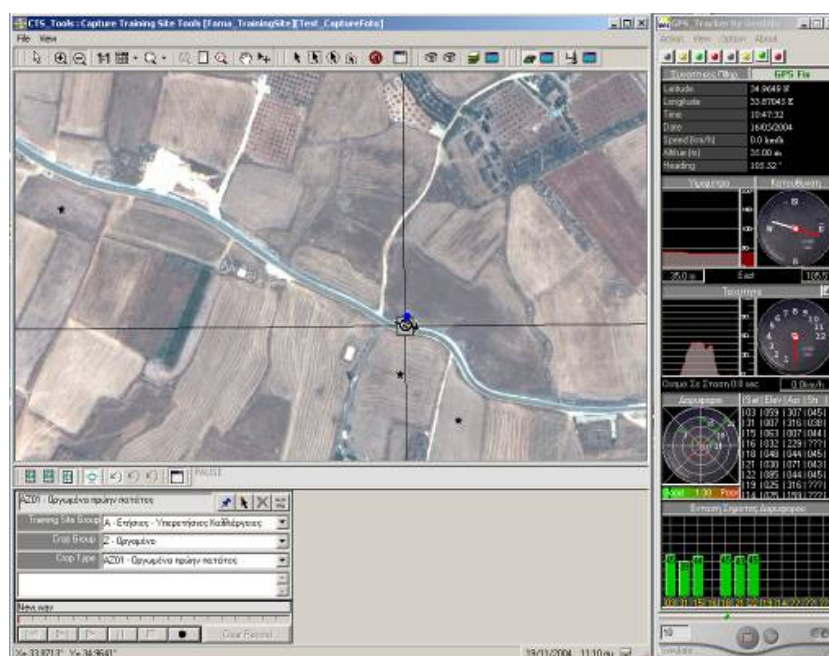
Μία κύρια ανάλυση των δορυφορικών εικόνων αποτελεί και η ταξινόμηση (classification) κατά την οποία ορίζονται δειγματοληπτικές περιοχές όπου αναγνωρίζεται ο τύπος κάλυψης γης και με τη χρήση καταλλήλου αλγορίθμου (ταξινομητής) παράγεται η ταξινομημένη εικόνα – θεματικός χάρτης. Η συλλογή των δειγματοληπτικών περιοχών μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους: είτε από άλλα χαρτογραφικά δεδομένα είτε από φωτοερμηνεία της ίδιας της εικόνας είτε από τη συλλογή δεδομένων στο ύπαιθρο (in situ). Από τις τρεις αυτές δυνατότητες η συλλογή δεδομένων στο ύπαιθρο κρίνεται πιο αναγκαία γιατί στις δύο πρώτες περιπτώσεις ενδέχεται να υπάρχουν λάθη επειδή κανένας χάρτης δεν είναι πάντοτε σωστός ενώ η φωτοερμηνεία εξαρτάται από την εμπειρία του αναλυτή.

Βέβαια και τα δεδομένα υπαίθρου πολλές φορές μπορούν να εμπεριέχουν λανθασμένες παρατηρήσεις. Επομένως θα πρέπει να λαμβάνονται διάφορες προϋποθέσεις όπως η συλλογή κατάλληλου αντιπροσωπευτικού δείγματος, ([2], [3] και [4]), καθώς και ο κατάλληλος εξοπλισμός και το ανθρώπινο δυναμικό για τη συλλογή αυτών. Στον εξοπλισμό θα πρέπει να περιλαμβάνεται σύστημα εντοπισμού θέσης (Global Position System) ικανοποιητικής χωρικής ακρίβειας, λογισμικό για τη συλλογή των δεδομένων και ψηφιακή φωτογραφική μηχανή για τη λήψη φωτογραφιών από το πεδίο οι οποίες βοηθούν τον αναλυτή στην μετέπειτα επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων.

Η παρούσα εργασία εστιάζεται κυρίως στο λογισμικό το οποίο είναι απαραίτητο για το χρήστη ώστε να συλλέξει δεδομένα και έχει ως σκοπό την ανάπτυξη λογισμικής εφαρμογής για τη συλλογή δεδομένων στο ύπαιθρο, με αντικειμενικούς στόχους 1) την εξασφάλιση της ακρίβειας των δεδομένων 2) την επιτάχυνση της διαδικασίας 3) τις ελάχιστες απαιτήσεις σε ανθρώπινο δυναμικό. Στη συνέχεια, περιγράφεται η συγκεκριμένη εφαρμογή και οι βασικές λειτουργίες της.

Η λογισμική εφαρμογή η οποία αναπτύχθηκε, καλείται Capture Training Site Tools (Εικόνα 1) (CTS Tools), και βασίζεται σε περιβάλλον Visual Basic και τεχνολογίες GIS και GPS [5]. Το λογισμικό επιτρέπει την εισαγωγή δεδομένων, ενώ έχει πλήρεις δυνατότητες ψηφιοποίησης για οποιαδήποτε γεωγραφικά αντικείμενα (σημεία γραμμές πολύγωνα), με υποστήριξη εσωτερικής Βάσης Δεδομένων για ενημέρωση των αντίστοιχων πεδίων. Διαθέτει έτοιμους καταλόγους πληροφοριών [6] όπου ο χρήστης μπορεί να ορίσει την πληροφορία για τα πεδία του γεωγραφικού αντικειμένου που μόλις εισήγαγε. Επίσης, υποστηρίζει την εισαγωγή και τον συσχετισμό ηχητικών παρατηρήσεων και τη σύνδεση της Βάσης με ψηφιακές φωτογραφίες για τον έλεγχο των δεδομένων. Τέλος, έχει δυνατότητες για παραγωγή, ανάλυση και οπτικοποίηση χαρτών καθώς και τη δυνατότητα για άμεση επικοινωνία με οποιαδήποτε συνδεδεμένη με αυτό Βάση Δεδομένων. Παράλληλα λειτουργεί και σαν πλοηγός ενσωματώνοντας διαδικασίες προβολής θέσης και δρομολόγησης [7]. Η διεπιφάνεια του είναι

προσαρμοσμένη ώστε να λειτουργεί σε Tablet PC και υπολογιστή χειρός (PalmTop) με χρήση γραφίδας αλλά και σε Laptop [8].



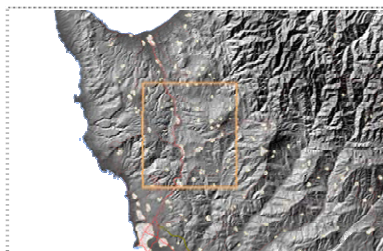
Εικόνα 3 : Το Περιβάλλον Λειτουργίας του Λογισμικού CTS Tools

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ CTS TOOLS

Το λογισμικό αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία για τον έλεγχο των δηλωμένων καλλιεργειών στην Κύπρο και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της Πάφου, όπου γινόταν η καταγραφή κυρίως των καλλιεργειών στην περιοχή έρευνας με σημειακές παρατηρήσεις. Αυτές οι σημειακές παρατηρήσεις χρησιμοποιήθηκαν έπειτα για τη δημιουργία του συστήματος ταξινόμησης (Classification Scheme) και την ταξινόμηση διαχρονικών δορυφορικών εικόνων SPOT 5 σε βασικές καλλιέργειες της περιοχής (Crop Classification). Ένα ποσοστό των σημείων (περίπου 30%) δε χρησιμοποιήθηκε στην ταξινόμηση αλλά στον έλεγχο της ακρίβειας αυτής (Accuracy Assessment).

2.1 Περιοχή Μελέτης

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται σε γεωγραφικό μήκος 32ο 26' και πλάτος 34ο 45', περιοχή της Πάφου νοτιοδυτικά της Κύπρου (εικόνα 2). Η έκταση της περιοχής έρευνας είναι 140 τ.χλμ. και το κλίμα της θεωρείται ημίξηρο έως ξηρό. Το μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασης καλύπτεται από αγροτεμάχια. Κύριο χαρακτηριστικό της αγροτικής αυτής περιοχής είναι το μεγάλο πλήθος διαφορετικών καλλιεργειών που παρουσιάζονται καθώς και το μικρό μέγεθος των αγροτεμαχίων όπου πλήθος αυτών είναι μικρότερα από 0,3 εκτάρια. Ειδικότερα κοντά στην ακτή εμφανίζονται κυρίως μεγάλα αγροτεμάχια με ετήσιες καλλιέργειες όπως η αραχίδα (*Arachis hypogaea*) το σιτάρι (*Triticum* sp.), και διάφορες κηπευτικές καλλιέργειες, ενώ πιο βόρεια όπου υπάρχουν λοφώδεις περιοχές με έντονες κλίσεις παρουσιάζονται μικρότερα αγροτεμάχια με δενδρώδεις καλλιέργειες, χορτοδοτικά φυτά όπως ο βίκος (*Vicia sativa*) και αμπελώνες.



Εικόνα 2 :Περιοχή Μελέτης στην Πάφο

Από το πλήθος των αγροτεμαχίων και τη διαφορετικότητα του είδους των καλλιεργειών παρατηρείται η αναγκαιότητα για τη λήψη τόσο πολλών σημειακών παρατηρήσεων όσο και η δυνατότητα ελέγχου της ορθότητας αυτών που αποτελούν άλλωστε και αντικειμενικοί στόχοι της ανάπτυξης της εφαρμογής.

2.2 Μεθοδολογία λήψης των σημείων με το CTS

Η μεθοδολογία η οποία ακολουθήθηκε για τη συλλογή των δεδομένων μπορεί να χωριστεί σε τρία στάδια. Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει τη συλλογή του κατάλληλου εξοπλισμού και χαρτογραφικού υποβάθρου το δεύτερο στάδιο τη συλλογή των δεδομένων (σημεία, φωτογραφίες και ηχητικές παρατηρήσεις) και το τρίτο στάδιο την αποθήκευση και έλεγχο των αποτελεσμάτων

Κατά το πρώτο στάδιο λοιπόν συλλέχθηκε ο κατάλληλος εξοπλισμός όπως είναι το Tablet PC το οποίο ήταν συνδεδεμένο με GPS ακρίβειας πέντε μέτρων και όπου ήταν εγκατεστημένο το CTS Tools. Σε αυτό εισήχθη πολυφασματική δορυφορική εικόνα QuickBird υπέρ υψηλής χωρικής ακρίβειας για τη καλύτερη χωρική αντίληψη της περιοχής. Επίσης δημιουργήθηκαν τα κατάλληλα αρχεία για τη συλλογή των σημειακών παρατηρήσεων ενώ δημιουργήθηκε και κατάλληλη βάση δεδομένων - κατάλογος με τις κάλυψεις γης οι οποίες παρουσιάζονται στην περιοχή. Αυτός κατάλογος είχε ως στόχο την άμεση εύρεση και αντιστοίχιση του σημείου που αναγνώριζε ο χρήστης με την κάλυψη γης χωρίς να χρειάζεται να πληκτρολογεί κατά τη διάρκεια της εργασίας στο πεδίο και αυξάνοντας μ' αυτόν τον τρόπο την ταχύτητα λήψης των σημείων. Για την γρήγορη εύρεση της κάλυψης γης από τον κατάλογο, ακολουθήθηκε ένα ιεραρχικό σύστημα ταξινόμησης με τη δημιουργία ενός αλφαριθμητικού κωδικού. Το πρώτο ψηφίο του κωδικού αποτελούταν από γράμμα και δήλωνε τη βασική κατηγορία κάλυψης γης, ενώ τα επόμενα τρία ήταν αριθμοί οι οποίοι δήλωναν ο καθένας με τη σειρά τους υποκατηγορίες της βασικής κατηγορίας.

Στο δεύτερο στάδιο έγινε η λήψη των σημείων. Με τη χρήση του CTS Tools όπου υπήρχε η δορυφορική εικόνα και το σήμα από το GPS, προσδιοριζόταν εύκολα η θέση στο πεδίο και τοποθετούνταν στο κέντρο του αγροτεμαχίου σημείο με το είδος της καλλιέργειας, ενώ παράλληλα λαμβάνονταν και φωτογραφίες. Επίσης με τη χρήση μικροφώνου που ήταν συνδεδεμένο στο Tablet PC γινόταν ηχητικές παρατηρήσεις κυρίως σε δύσβατες περιοχές ώστε να υπάρχει μία καλύτερη απεικόνιση αυτών των περιοχών.

Στο τρίτο στάδιο έγινε η αποθήκευση των δεδομένων που λήφθηκαν από το πεδίο και έπειτα σε περιβάλλον GIS υπερτέθηκαν τα σημεία πάνω στη δορυφορική εικόνα και έγινε η σύνδεση (Hyperlink) των σημείων με τις φωτογραφίες και τις ηχητικές παρατηρήσεις. Χρησιμοποιώντας όλα τα παραπάνω έγινε η αξιολόγηση της ορθότητας των σημείων και η διερεύνηση τυχόν λανθασμένων παρατηρήσεων.

2.3 Χρήσης της εφαρμογής CTS κατά την διαδικασία λήψης των σημείων

Το Λογισμικό CTS Tools παρέχει πολλές δυνατότητες στον χρήστη κατά την διενέργεια των εργασιών πεδίου. Η πρώτη δυνατότητα είναι η σύνδεση του λογισμικού με GPS μέσω τεχνολογίας DDE (Dynamic Data Exchange) [9] και η δρομολόγηση, απεικόνιση και αποθήκευση του σήματος του για συνεχή καταγραφή της γεωγραφικής θέσης. Με τον τρόπο αυτό ο χειριστής γνωρίζει την θέση και κατεύθυνση του σε σχέση με τον χάρτη αναφοράς (π.χ. δορυφορική εικόνα). Επίσης, διαχειρίζεται και απεικονίζει χαρτογραφικά υπόβαθρα σε μορφή καννάβου (raster), όπως είναι οι δορυφορικές εικόνες και σε μορφή διανύσματος (vector), τα οποία ο χρήστης επιλέγει ανάλογα με τις συνθήκες. Παράλληλα, γίνεται η καταγραφή των νέων γεωγραφικών αντικειμένων και η ενημέρωσή τους [10].

Ειδικότερα, το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα, στον χρήστη, για την εισαγωγή των γεωγραφικών αντικειμένων τα οποία αποτελούν τα δεδομένα υπαίθρου και μπορούν να αναπαρασταθούν τόσο ως σημεία, γραμμές και πολύγωνα (π.χ. σημεία για τα Training Site). Με την τοποθέτηση των αντικειμένων, αυτόματα στη βάση δεδομένων ενημερώνονται τέσσερα πεδία: Δύο με τις γεωγραφικές συντεταγμένες (x,y) στο προβολικό σύστημα που έχει ορίσει ο χρήστης και δύο πεδία με την ημερομηνία και ώρα λήψης των αντικειμένων. Μετά τη λήψη των αντικειμένων ζητείται από το χρήστη να ορίσει τον τύπο κάλυψης γης ο οποίος εισάγεται από το χρήστη είτε πληκτρολογώντας είτε με επιλογή από συγκεκριμένο κατάλογο ο οποίος έχει δημιουργηθεί εκ των προτέρων. Επιπλέον, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα επιλογής ηχογραφημένων παρατηρήσεων (αφού έχει συνδεθεί ο υπολογιστής χειρός με όργανο καταγραφής) για κάθε γεωγραφικό αντικείμενο. Το ίδιο μπορεί να γίνει και με τη λήψη ψηφιακών φωτογραφιών όπου επιπλέον μπορεί να καταγραφεί και η θέση και η διεύθυνση λήψης της φωτογραφίας καθώς και ο τύπος της (μακρινή, κοντινή και πανοραμική λήψη).

2.4 Σύγκριση της μεθοδολογίας, με άλλες μεθόδους συλλογής δεδομένων υπαίθρου

Η ανάπτυξη της εφαρμογής πραγματοποιήθηκε με γνώμονα την επίτευξη της μέγιστης χρηστικότητας και ταχύτητας του κατά την διενέργεια εργασιών πεδίου. Διαφορετικές μεθοδολογίες αλλά και λογισμικά έχουν χρησιμοποιηθεί για ανάλογες εργασίες υπαίθρου. Οι πρώτες εργασίες πεδίου για παράδειγμα χρησιμοποιούσαν μόνο αναλογικούς χάρτες με αποτέλεσμα τον μεγάλο χρόνο και κόστος για τη πραγματοποίησή τους ενώ τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικά μέσα όπως GPS και λογισμικά για τη συλλογή των δεδομένων.

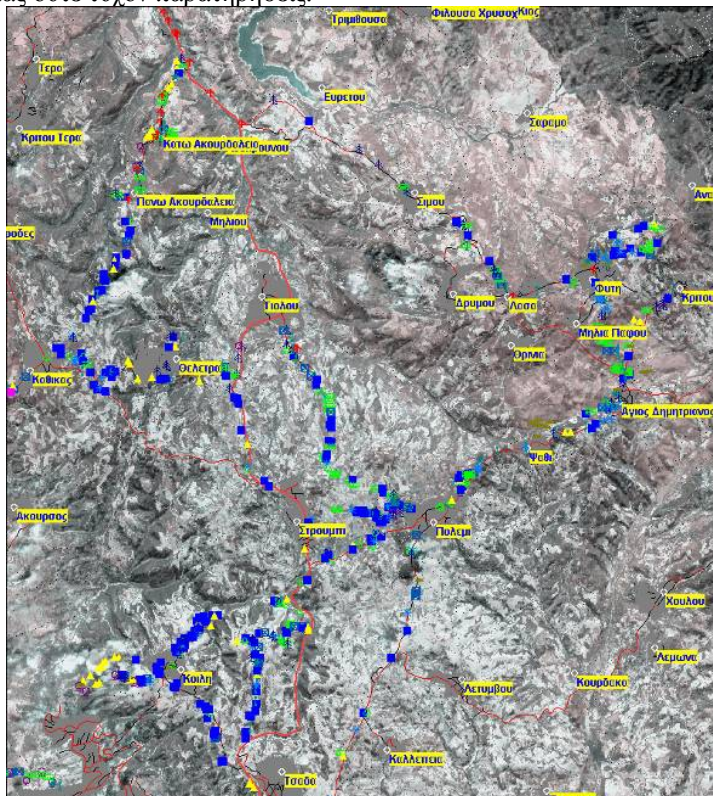
Τα πλεονεκτήματα της υπάρχουσας μεθοδολογίας είναι ότι δεν απαιτείται η μεταφορά αναλογικών χαρτών αλλά παρέχεται η δυνατότητα χρήσης ψηφιακών υποβάθρων καθώς και η εργασία του προσωπικού γίνεται λιγότερο επίπονη. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους. Πρώτον με τη χρήση του συνδεδεμένου GPS με το λογισμικό δεν απαιτείται η έξοδος του από το όχημα για την καταγραφή ενός σημείου γιατί είναι εύκολος ο προσανατολισμός και επίσης γιατί το λογισμικό δεν απαιτεί την εισαγωγή περιγραφικών πληροφοριών μειώνοντας παράλληλα και τον χρόνο εργασίας.

Επίσης, δίδει τη δυνατότητα για την ευκολότερη αξιοποίηση των δεδομένων στο γραφείο αφού είναι έτοιμα για αξιοποίηση από οποιαδήποτε πλατφόρμα λογισμικού γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών και τηλεπισκόπησης.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ CTS TOOLS

Η εργασία πεδίου στην περιοχή της Πάφου διήρκεσε τρεις ημέρες, καλύπτοντας πάνω από το 90% της περιοχής μελέτης και λαμβάνοντας συνολικά 1257 παρατηρήσεις δηλαδή πάνω από 400 την ημέρα αριθμό πολύ ικανοποιητικό (Εικόνα 3). Η συλλογή αυτών των σημείων οφείλεται κυρίως στη δυνατότητα του λογισμικού να παρέχει έτοιμο

κατάλογο των καλύψεων γης και ειδικά των καλλιεργειών καθώς και τη δυνατότητα των ηχητικών παρατηρήσεων οι οποίες συνδέονται αυτόματα με τα σημεία, επομένως η διαδικασία λήψης των σημείων επιταχύνεται γιατί μειώνεται ο χρόνος καταγραφής του κάθε σημείου αφού δεν απαιτείται από το χρήστη να πληκτρολογεί ούτε το είδος της καλλιέργειας ούτε τυχόν παρατηρήσεις.



Εικόνα 3 : Θεματικός χάρτης κάλυψης περιοχής ελέγχου με σημεία εκπαίδευσης στην Πάφο. Το Υπόβαθρο είναι η δορυφορική εικόνα QuickBird

Επίσης η χρήση της δορυφορικής εικόνας υπέρ – υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας ως χαρτογραφικού υπόβαθρου στο λογισμικό, βοήθησε στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων αφού μετά τον έλεγχο των σημείων βρέθηκαν 1188 σημεία τα οποία λήφθηκαν ορθά δηλαδή ποσοστό 94.51%. Το μεγαλύτερο μέρος αυτών των σημείων συμμετείχε στην ταξινόμηση των δορυφορικών εικόνων και ένα άλλο μέρος στην εκτίμηση ακρίβειας της και βρέθηκε ότι είναι 81%, ένα υψηλό ποσοστό αν λάβει κανείς υπόψη τον κατακερματισμό της περιοχής σε διαφορετικές καλλιέργειες.

Η σπουδαιότητα της πληροφoρίας των σημειακών δεδομένων εκπαίδευσης είναι πολύ σημαντική είναι για όλη την μεθοδολογία ελέγχων με τηλεπισκόπηση. Έχει βρεθεί ότι περίπου 30 έως 50 δειγματοληπτικές περιοχές για κάθε κλάση θεωρούνται αρκετές για την ταξινόμηση μίας δορυφορικής εικόνας [11]. Στην προκειμένη περίπτωση και μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα ήταν η δυνατή η λήψη περισσότερων από 1000 σημείων με τη χρήση των εξειδικευμένων εργαλείων και του προσαρμοσμένου λογισμικού για την ταξινόμηση της περιοχής σε 11 κλάσεις συλλέγοντας με αυτόν τον τρόπο σχεδόν διπλάσιο αριθμό σημείων από τον απαιτούμενο.

Το κόστος της εργασίας περιορίζεται αρκετά από τις υπόλοιπες κλασικές μεθόδους συλλογής δεδομένων γιατί δεν απαιτείται μεγάλος εξοπλισμός παρά μόνο ένας

υπολογιστής χειρός ή Tablet PC με συνδεδεμένο GPS και μικρόφωνο, ψηφιακή φωτογραφική μηχανή καθώς και κατάλληλο όχημα για τη γρήγορη μετακίνηση του συνεργείου στην περιοχή, ενώ δεν είναι απαραίτητο ένα πολυπληθές ανθρώπινο δυναμικό. Συνήθως απαιτούνται τρία άτομα: ο οδηγός του οχήματος ο χρήστης του λογισμικού καθώς και ένα επιπλέον άτομο που έχει την ευθύνη για τη λήψη των φωτογραφιών και της πορείας που πρέπει να ακολουθηθεί.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παραπάνω έγινε η αναφορά στην ανάπτυξη και χρήση της λογισμικής εφαρμογής CTS Tools, κατάλληλης για τη συλλογή δεδομένων πεδίου τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάλυση και επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων όπως είναι η ταξινόμηση. Η εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία στην αναγνώριση των καλλιεργειών με τηλεπισκόπηση στην Πάφο της Κύπρου, όπου λήφθηκαν πάνω από 400 σημειακές παρατηρήσεις ημερησίως καλύπτοντας πάνω από το 90% της περιοχής μελέτης μέσα σε τρεις ημέρες.

Γενικά το προσαρμοσμένο λογισμικό βοήθησε στην μείωση του χρόνου εργασίας γιατί δεν απαιτεί την εισαγωγή περιγραφικών πληροφοριών, μια διαδικασία επίπονη στο πεδίο, με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων λόγω του ότι υποστηρίζει την εισαγωγή χαρτογραφικού υπόβαθρου, όπως είναι οι δορυφορικές εικόνες και υποστηρίζει καταγραφή και σύνδεση των πληροφοριών με φωτογραφίες και ηχητικές παρατηρήσεις, ενώ ελαχιστοποιείται το ανθρώπινο δυναμικό που απαιτείται.

Τέλος, ο σκοπός είναι μελλοντικά το προσαρμοσμένο λογισμικό να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες περιοχές έρευνας όπου θα απαιτείται η μελέτη άλλων βιοφυσικών αντικειμένων όπως δασικά και υδροτοπικά οικοσυστήματα για να μελετηθούν οι διάφορες επιπλέον απαιτήσεις ώστε να βελτιωθεί και να αποτελέσει βασικό εργαλείο για κάθε εργασία πεδίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Συλλαίος, Ν., 1999. Εισαγωγή στην τηλεπισκόπηση και τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, 2η εκ. Γιαχούδη Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη Ελλάδα, 18 σελ.
2. Fitzpatrick-Lins, K., 1981. Comparison of sampling procedures and data analysis for a land-use and land-cover map. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 58(9): 1343-1350.
3. Stehman, S., 1992. Comparison of systematic and random sampling for estimating the accuracy of maps generated from remotely sensed data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 47(3): 343-351
4. Congalton, R.G. and Green K., 2001. Assessing the accuracy of remotely sensed data: prince les and practices. Lewis London U.K. 23 pp.
5. Lanza E., Λιαπάκης Χ., και Μπαλής Β., 2002. Νέες αναδυόμενες αγορές για εφαρμογές που συνδυάζουν τις τεχνολογίες GPS και GIS. Πρακτικά 2ου Συνεδρίου Ελληνικής Εταιρείας Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Αθήνα, Ελλάδα - 28 Φεβρουαρίου και 1 Μαρτίου 2002.
6. Ανδρουλακάκης Ν., Βουγιουκαλάκης Γ. και Ξενάκης Μ., 2003, Συλλογή στοιχείων στο ύπαιθρο, για την Γεωθερμική έρευνα. Συνέδριο Ελληνικής Εταιρείας Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών - Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Εν Κινήσει, Αθήνα, Ελλάδα -Ιούνιος 2003.
7. Gong, J., Tarasewich P., 2004, Guidelines for Handheld Mobile Device Interface Design, Proceedings of DSI June 2004

8. Holzner S., 1998. Visual Basic 6 Black Book. The Coriolis Group, 1020 pp.
9. Κουκοπούλου Τ., 2003, Εφαρμογή τεχνολογιών GPS, Γ.Σ.Π. σε υπολογιστές χειρός και κινητών τηλεπικοινωνιών στην ενημέρωση του κτηματολογίου. Συνέδριο Ελληνικής Εταιρείας Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών - Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Εν Κινήσει, Αθήνα, Ελλάδα - Ιούνιος 2003.
10. Hermann, F., Heidmann, F., 2002, User Requirement Analysis and Interface Conception for Mobile, Location-Based Fair Guide. Proceedings of the 4th International Symposium Mobile HCI, Berlin, German September 2002.
11. Mather P.M., 1999. Computer Processing of remotely sensed images: An introduction. 2nd edition John Wiley, Chichester, England, 42 pp.

(191)

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΚΑΤΑΛΥΤΙΚΗΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΜΕ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟΤΙΚΟ ΤΟΜΕΑ

I. Πούλιος¹, I. Τρυπαναγνωστόπουλος²

Τμήμα Χημείας, Εργ. Φυσικής Χημείας, ΑΠΘ, 54124 Θεσ/νικη Τηλ. 2310-997785,
e-mail: poulios@chem.auth.gr

Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 26504, Τηλ: 2610-997472,
e-mail: yiantrip@physics.upatras.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή προτείνεται η φωτοκαταλυτική οξείδωση (ομογενής και ετερογενής) ως καινοτόμος μέθοδος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων που περιέχουν φυτοφάρμακα και που προέρχονται από την πλύση των κενών δοχείων συσκευασίας ή από την πλύση των ψεκαστικών μηχανημάτων. Η φωτοκαταλυτική μέθοδος αδρανοποίησης τοξικών ρύπων παρουσιάζει, εκτός από την αποτελεσματικότητα της, το πλεονέκτημα της χρησιμοποίησης καταλυτών *χημικά και βιολογικά αδρανών*, που μπορούν να ανακυκλωθούν και ενεργοποιούνται επιτυχώς από την ηλιακή ακτινοβολία. Μεταξύ των διατάξεων που αξιοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία είναι και οι συσκευές διαφανών σωλήνων ροής του αποβλήτου υγρού εντός ακίνητων σύνθετων παραβολικών κατόπτρων ή και απλούστερα σε συνδυασμό με επίπεδα κάτοπτρα που τοποθετούνται πίσω από τους σωλήνες ή/και εμπρός από αυτούς, για να αυξήσουν την προσπίπτουσα στους σωλήνες ηλιακής ακτινοβολίας. Η φωτοκαταλυτική οξείδωση σε συνδυασμό με τον κατάλληλο ηλιακό αντιδραστήρα παρέχει μια αντιρρυπαντική μέθοδο που στην κυριολεξία ανήκει στις *καθαρές (οικολογικές) τεχνολογίες* επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, με τη βοήθεια της οποίας επέρχεται η πλήρης καταστροφή και όχι η μεταφορά των διαφόρων τοξικών/επιβλαβών ουσιών από τη μία φάση σε μια άλλη.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο πλαίσιο αναζήτησης νέων αποτελεσματικών και φιλικών προς το περιβάλλον μεθόδων, με σκοπό την αδρανιοποίηση των οργανικών ρύπων και των παθογόνων μικροοργανισμών που συναντώνται στο νερό και στον αέρα, μπορεί να ενταχθεί και το αυξανόμενο ενδιαφέρον τελευταία για τη χρησιμοποίηση των λεγόμενων "Προχωρημένων Οξειδωτικών Μεθόδων Αντιρρύπανσης (Advanced Oxidation Processes)" (ΠΟΜΑ) [1,2]. Με τον όρο αυτό εννοούνται εκείνες οι τεχνολογίες οι οποίες στηρίζονται στην χρήση μεθόδων όπως π.χ φωτόλυση (UV-C, B), O₃/UV-B, H₂O₂/UV-B, Photo-Fenton, O₃/H₂O₂/UV-B ή TiO₂/UV-A, κ.α. Η αποτελεσματικότητα τους στηρίζεται στην δημιουργία των ριζών του υδροξυλίου (OH[·]), οι οποίες με δυναμικό αναγωγής 2.8 V αποτελούν το ισχυρότερο οξειδωτικό μέσο μετά το φθόριο και επιπλέον δεν προκαλούν δευτερογενή ρύπανση του περιβάλλοντος.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η αντιμετώπιση του προβλήματος των παραγόμενων τοξικών υγρών αποβλήτων που δημιουργούνται από την πλύση των κενών συσκευασίας φυτοφαρμάκων και από την πλύση των ψεκαστικών μηχανημάτων, με στόχο την προστασία της ποιότητας των υπογείων και επιφανειακών υδάτων.

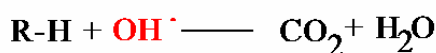
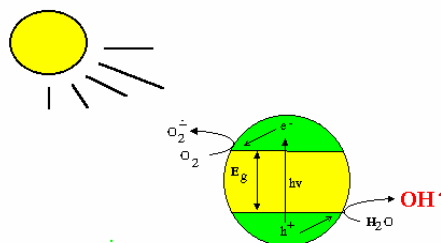
Οι ποσότητες των φυτοφαρμάκων που χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο τόσο στην Ελλάδα, όσο και παγκοσμίως, για την προστασία των καλλιεργειών είναι πολύ μεγάλες. Πρόκειται για πολύπλοκες οργανικές ενώσεις οι οποίες δεν υπάρχουν στη φύση και οι οποίες λόγω της υψηλής τους τοξικότητας μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό κίνδυνο για τους ζώντες οργανισμούς, καθώς και για την ισορροπία των βιοσυστημάτων. Η εκτεταμένη και σε πολλές περιπτώσεις άναρχη χρήση των χημικών αυτών ουσιών για την προστασία των καλλιεργειών έχει οδηγήσει στη ρύπανση τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων νερών [3,4].

Σκοπός του έργου είναι η εισαγωγή μιας καινοτομικής αντιρρυπαντικής τεχνολογίας, της φωτοκαταλυτικής οξείδωσης (ετερογενής ή ομογενής), στην επεξεργασία και αδρανιοποίηση των παραγόμενων υγρών αποβλήτων πριν από τη διάθεση τους σε κάποιο φυσικό αποδέκτη, χρησιμοποιώντας ως πηγή ενέργειας το ηλιακό φως και αξιοποιώντας με τον τρόπο αυτό τις ειδικές κλιματολογικές συνθήκες της Ελλάδος. Επιπλέον αποτελούν μεθόδους οι οποίες εκτός του ότι αξιοποιούν ουσιαστικά τις ήπιες μορφές ενέργειας, λόγω της δυνατότητας ενεργοποίησης των καταλυτών με τη βοήθεια του ηλιακού φωτός, συμβάλλουν όχι απλώς στην επιβράδυνση (π.χ. μη οξειδωτικές μέθοδοι), αλλά στην αναστροφή της τάσης υποβάθμισης του περιβάλλοντος. Πρόκειται για μεθόδους, οι οποίες μιμούνται πρακτικά την φύση (αυτοκαθαρισμός με τη βοήθεια του οξυγόνου της ατμόσφαιρας και του ηλιακού φωτός), η παρεμβολή δε των καταλυτών επιταχύνει τη διαδικασία καθαρισμού κατά πολλές τάξεις μεγέθους.

1.1 Ετερογενής φωτοκατάλυση (TiO₂/UV-A):

Η ανάμιξη του προς καθαρισμό αποβλήτου με έναν ημιαγωγό καταλύτη, ο οποίος είναι χημικά και βιολογικά αδρανής (π.χ. TiO₂) και ο φωτισμός του συστήματος με τεχνητό ή ηλιακό φως δημιουργεί εντός του καταλύτη ιδιαίτερα ισχυρά οξειδωτικά και αναγωγικά σωματίδια, τις οπές (h⁺) και τα ηλεκτρόνια (e⁻) αντίστοιχα, εκ των οποίων οι φωτοδημιουργούμενες οπές οξειδώνουν τα ιόντα OH⁻ ή τα μόρια του H₂O, που είναι προσροφημένα στην επιφάνεια του ημιαγωγού, προς τις αντίστοιχες ρίζες του υδροξυλίου (OH[·]). Οι ρίζες αυτές αποτελούν το κύριο οξειδωτικό μέσο, το οποίο προσβάλλει τα διάφορα οργανικά μόρια, που βρίσκονται στα υγρά απόβλητα και μέσω των υπεροξειδικών ριζών τα αποικοδομεί προς CO₂ και ανόργανα άλατα (Σχήμα 1). Λόγω δε του υψηλού δυναμικού αναγωγής των ριζών αυτών (2.8 V), είναι δυνατή η

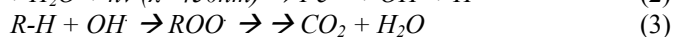
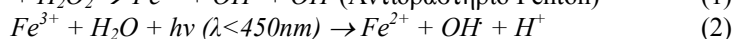
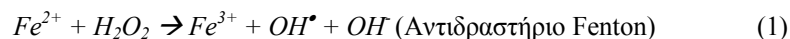
προσβολή και ανοργανοποίηση πρακτικά όλων των οργανικών ρύπων, που συναντώνται στην υγρή και στην αέρια φάση.



Σχήμα 1: Ετερογενής φωτοκαταλυτική οξείδωση οργανικών ρύπων παρουσία του ηλιακού φωτός

1.2 Ομογενής φωτοκατάλυση (Αντιδραστήριο Photo-Fenton, $\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-A}$):

Το αντιδραστήριο Fenton (μίγμα Fe^{2+} και H_2O_2) είναι γνωστό για την ικανότητα του να οξειδώνει μία σειρά οργανικών ρύπων στα υγρά απόβλητα. Η οξειδωτική του ικανότητα είναι αποτέλεσμα της δημιουργίας των ελευθέρων ριζών του OH^{\bullet} και της προσβολής από αυτές των οργανικών ουσιών στα προς επεξεργασία (υγρά ή στερεά) απόβλητα. Μειονέκτημα της μεθόδου όμως, αποτελεί το γεγονός ότι η συνδυαστική δράση του συστήματος $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ μειώνεται δραστικά, από τη στιγμή που ο δισθενής σίδηρος έχει μετατραπεί σε τρισθενή (Εξ. 1), με αποτέλεσμα την κατανάλωση σημαντικών ποσοτήτων από τα προαναφερθέντα αντιδραστήρια και τη δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων λάσπης. Η αποτελεσματικότητα και η απόδοση όμως της συγκεκριμένης μεθόδου μπορεί να αυξηθεί θεαματικά κατά τον φωτισμό του συστήματος με τεχνητό ή ηλιακό φως (αντιδραστήριο Photo-Fenton). Αποτέλεσμα του φωτισμού είναι η επιπλέον δημιουργία ριζών του OH^{\bullet} , η μικρότερη ποσότητα λάσπης λόγω της ανακύκλωσης του καταλύτη (Fe^{2+}) ως αποτέλεσμα του φωτισμού (Εξ. 2), καθώς και η πλήρης οξείδωση (ανοργανοποίηση) των περισσοτέρων οργανικών ενώσεων.



Η φωτοκαταλυτική οξείδωση (ομογενής ή ετερογενής) ως μέθοδος αντιρρύπανσης, παρουσιάζει σε σχέση με τις υπόλοιπες οξειδωτικές μεθόδους (O_3 , $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$, κτλ) το μεγάλο πλεονέκτημα, ότι η απαραίτητη για την ενεργοποίηση του καταλύτη φωτεινή ενέργεια προέρχεται από το κοντινό υπεριώδες και την ορατή περιοχή του ηλιακού φάσματος (300-450 nm). Το γεγονός αυτό καθιστά ικανή την ενεργοποίηση του εξίσου αποτελεσματικά και με τη βοήθεια του ηλιακού φωτός, κάτι πολύ σημαντικό σε περιοχές με μεγάλη ηλιοφάνεια [6].

Πρόκειται για μεθόδους, οι οποίες μιμούνται πρακτικά την φύση, η παρεμβολή δε των καταλυτών επιταχύνει την διαδικασία καθαρισμού κατά πολλές τάξεις μεγέθους.

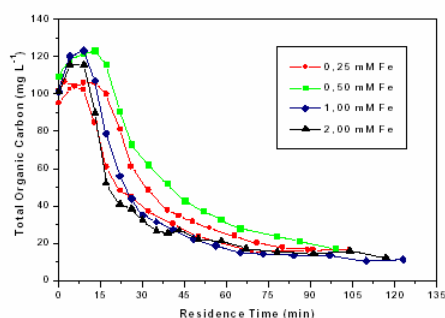
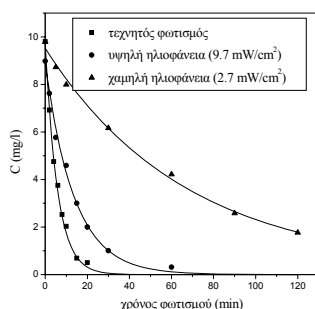
2. ΦΩΤΟΚΑΤΑΛΥΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Το έντονο ενδιαφέρον που εκδηλώθηκε τελευταία παγκοσμίως για τις προαναφερθείσες μεθόδους, οδήγησε στην εργαστηριακή και πιλοτική μελέτη οξείδωσης πολύ μεγάλου αριθμού ενώσεων από τις κυριότερες ομάδες οργανικών ρύπων που συναντώνται στα υγρά απόβλητα, στον αέρα και στο έδαφος, όπως π.χ. χρωστικές ουσίες, γλωροφαινόλες, διοξίνες, τασενεργές ουσίες, πετρελαιοειδή, φυτοφάρμακα, κλπ. και γενικά, τοξικές και μη βιοαποικοδομήσιμες χημικές ουσίες. Ενδεικτικά στον Πιν. 1 δίδεται ο χρόνος υποδιπλασιασμού της συγκέντρωσης ($\tau_{1/2}$) διαφόρων φυτοφαρμάκων μετά τη φωτοκαταλυτική τους επεξεργασία, ενώ στα Σχ. 2-3 δίδεται γραφικά η φωτοκαταλυτική διάσπαση του ζιζανιοκτόνου Triclorpyr παρουσία τεχνητού και ηλιακού φωτός, καθώς και η επεξεργασία αποβλήτων που προέρχονται από την πλύση κενών δοχείων συσκευασίας φυτοφαρμάκων παρουσία ηλιακού φωτός.

Σημαντική επίσης παράμετρο αποτελεί και η δραστική μείωση της τοξικότητας των επεξεργασμένων εκροών γεγονός το οποίο επιτρέπει την επιπλέον επεξεργασία τους με βιολογικές μεθόδους.

Πίνακας 1:Χρόνος υποδιπλασιασμού της συγκέντρωσης διαφόρων φυτοφαρμάκων μετά τη φωτοκαταλυτική τους οξείδωση.

Φυτοφάρμακο	$\tau_{1/2}$ (min)	Φυτοφάρμακο	$\tau_{1/2}$ (min)
Diuron	75	Prometryn	20
Acrinathrin	50	Monocrotophos	25
Alachlor	15	Molinate	25



Σχήμα 2: Φωτοκαταλυτική οξείδωση του ζιζανιοκτόνου Triclorpyr παρουσία τεχνητού και ηλιακού φωτός.

Σχήμα 3: Φωτοκαταλυτική αδρανοποίηση και μείωση του ολικού οργανικού άνθρακα Υγρών αποβλήτων που περιέχουν μίγμα 10 διαφορετικών φυτοφαρμάκων παρουσία του ηλιακού φωτός[8].

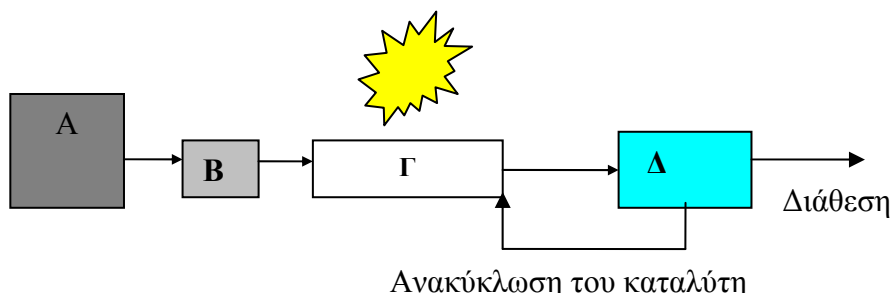
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η φωτοκαταλυτική οξείδωση και η αδρανοποίηση των υγρών αποβλήτων που περιέχουν φυτοφάρμακα αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης προσπάθειας προστασίας των επιφανειακών και υπογείων υδάτων από την άναρχη διασπορά των κενών δοχείων συσκευασίας τα οποία περιέχουν υπολείμματα φυτοφαρμάκων των συγκεκριμένων τοξικών ουσιών και από το νερό που χρησιμοποιείται για το ξέπλυμα των μηχανημάτων. Στην τελευταία περίπτωση το νερό καθαρισμού των μηχανημάτων αυτών, το οποίο περιέχει σημαντικές ποσότητες φυτοφαρμάκων διατίθεται

αναξέλεγκτα στο έδαφος ή σε παρακείμενους υδάτινους αποδέκτες. Με το τρόπο αυτό δημιουργούνται πηγές ρύπανσης οι οποίες εξαιτίας της μεγάλης διασποράς τους θεωρούνται μη-σημειακές και επομένως είναι πολύ δύσκολα ελεγχόμενες.

Η προσπάθεια περιλαμβάνει σαν πρώτο στάδιο τη δημιουργία δικτύου συλλογής των κενών συσκευασίας φυτοφαρμάκων, ενώ σαν δεύτερο στάδιο προβλέπεται η πλύση των συλλεχθέντων δοχείων καθώς και των ψεκαστικών μηχανημάτων και η συλλογή των παραγόμενων υγρών τοξικών αποβλήτων. Ο στόχος της παρούσας εργασίας επικεντρώνεται στην φωτοκαταλυτική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων παρουσία ηλιακού φωτός, τα οποία περιέχουν φυτοφάρμακα, διαλύτες, κ.τ.λ. και τα οποία πρέπει να αδρανοποιηθούν κατάλληλα πριν τη διάθεση τους σε κάποιο φυσικό αποδέκτη.

Για το λόγο αυτό έγινε ο σχεδιασμός μιας απλής και ευέλικτης πιλοτικής μονάδας επίδειξης για την φωτοκαταλυτική επεξεργασία των προαναφερθέντων αποβλήτων, η οποία διακρίνεται για την απλότητα της, το χαμηλό της κόστος και την αποτελεσματικότητά της (βλέπε Σχ. 4).



Σχήμα 4: Διάγραμμα ροής της εγκατάστασης φωτοκαταλυτικής επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων από την πλύση κενών δοχείων συσκευασίας φυτοφαρμάκων, (Α) Δεξαμενή συγκέντρωσης ανεπεξεργαστων λυμάτων, (Β) Δεξαμενή προεπεξεργασίας, (Γ) Φωτοκαταλυτικός αντιδραστήρας, (Δ) Δεξαμενή συλλογής επεξεργασμένων λυμάτων και καταλύτη.

4. ΦΩΤΟΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΙ ΗΛΙΑΚΟΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ

Η χρησιμοποίηση του ηλιακού φωτός για την ενεργοποίηση των καταλυτών αποτελεί σημαντικό παράγοντα δραστηρικής μείωσης των λειτουργικών εξόδων. Επιπλέον καθίσταται δυνατή η εφαρμογή της μεθόδου σε μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις, όπου η χρησιμοποίηση λαμπτήρων κρίνεται πλήρως αντικοινομική. Πιλοτικές εγκαταστάσεις φωτοκαταλυτικής επεξεργασίας πόσιμου ύδατος ή υγρών αποβλήτων με τη βοήθεια του ηλιακού φωτός λειτουργούν ήδη στα ερευνητικά κέντρα SANDIA και SERI των ΗΠΑ, στις εγκαταστάσεις της EOK στην Ισπανία (Plataforma Solar de Almeida), ενώ πρόσφατα έχει κατασκευασθεί και στον ελλαδικό χώρο (XYTA Δήμου Ρεθύμνης) μονάδα επίδειξης, η οποία παρέχει τη δυνατότητα ταυτόχρονης λειτουργίας, τόσο της ετερογενούς όσο και τη ομογενούς φωτοκαταλυτικής οξειδωσης.

Για την την όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας στην φωτοκαταλυτική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, επιδιώκεται η διαμόρφωση διατάξεως που επιτρέπει τη συγκέντρωση και την αποτελεσματική απορρόφησή της. Οι πιο συνήθεις διατάξεις βασίζονται στη χρήση ακίνητων σύνθετων παραβολικών κατόπτρων (CPC) που συγκεντρώνουν το ανακλώμενο φως στην επιφάνεια διαφανούς σωλήνα εντός του οποίου ρέει το απόβλητο υγρό.



Σχήμα 5: Φωτοκαταλυτικός αντιδραστήρας βασισμένος σε παραβολικά Κάτοπτρα (CPC).

Έχουν επίσης δοκιμαστεί και πιο ισχυρές φωτοκαταλυτικές συσκευές με παραβολικά κάτοπτρα που στην γραμμική εστία τους βρίσκεται ο διαφανής σωλήνας ροής του υγρού. Τα συστήματα αυτά όμως απαιτούν μηχανισμό συνεχούς προσανατολισμού στον ήλιο.

Με βάση την μακρόχρονη εμπειρία του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Πατρών στην σχεδίαση και πειραματική μελέτη νέων τύπων συγκεντρωτικών ηλιακών συσκευών [9-13] προτείνεται η χρήση απλών διατάξεων συγκέντρωσης της ηλιακής ακτινοβολίας στους σωλήνες ροής του απόβλητου υγρού. Η πιο απλή διάταξη είναι η τοποθέτηση επίπεδου ανακλαστήρα πίσω από τους διαφανείς σωλήνες, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι με τρόπο που το ηλιακό φως μπορεί να διέρχεται ανάμεσα στους σωλήνες, να ανακλάται από το κάτοπτρο, να προσπίπτει στην επιφάνεια των σωλήνων και να απορροφάται από το ρέον απόβλητο υγρό.

Βελτίωση της διάταξης αυτής είναι και η τοποθέτηση επίπεδων κατόπτρων μεταξύ των παράλληλων σειρών των σωληνωτών απορροφητών (booster reflectors), ώστε να ενισχύεται η ποσότητα του προσπίπτοντος ηλιακού φωτός στην κύρια ηλιακή διάταξη. Η χρήση ενισχυτικού κατόπτρου μπορεί να εφαρμοστεί και σε διάταξη κατόπτρων CPC-σωλήνων ροής απόβλητου υγρού για την επίτευξη ακόμη πιο αποτελεσματικής φωτοκαταλυτικής επεξεργασίας. Η διάταξη του ακίνητου ενισχυτικού κατόπτρου επιτυγχάνει αύξηση της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας που μπορεί να ξεπεράσει και το 50%, κυρίως από την άνοιξη μέχρι και το φθινόπωρο.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα περιβαλλοντικά οφέλη που θα προκύψουν από τη λειτουργία μιας μονάδας φωτοκαταλυτικής επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων που περιέχουν υπολείμματα φυτοφαρμάκων, είναι τα εξής:

(α) Ευαισθητοποίηση των κατοίκων της περιοχής ως προς την επικινδυνότητα των συγκεκριμένων προϊόντων και ταυτόχρονα, ως προς την ύπαρξη μεθόδων ικανών να παρεμβαίνουν ουσιαστικά στην επίλυση του προβλήματος.

(β) Μείωση ή/και πλήρη καταστροφή των τοξικών και επικίνδυνων οργανικών και οργανομεταλλικών ρύπων με τη χρήση μιας φιλικής προς το περιβάλλον οξειδωτικής μεθόδου.

(γ) Προστασία τόσο του εδάφους όσο και των υπόγειων υδάτων, από την άναρχη ρύπανση τους με τους συγκεκριμένους ρύπους. Επιπλέον, με τη φωτοκαταλυτική οξείδωση επιτυγχάνεται η επίλυση και όχι η μεταφορά του προβλήματος από την υγρή στη στερεή φάση.

(δ) Ενσωμάτωση των ήπιων μορφών ενέργειας (ηλιακή ενέργεια) στη διαδικασία επίλυσης ενός σοβαρού περιβαλλοντικού προβλήματος. Επιπλέον μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, μέσω της χρησιμοποίησης της ηλιακής ενέργειας.

(ε) Μείωση της χρήσης χημικών προσθέτων για την επεξεργασία και μείωση της λάσπης, λόγω της δυνατότητας ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης του καταλύτη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. W. Eckenfelder, A. Bowers, J. Roth (1994) “Chemical Oxidation, Technologies for the Nineties”, Vol. 1-4, Technomic Publishing Co., Basel.
2. Legrini, O., E. Oliveros and A. Braun (1993) “Photochemical Processes for Water Treatment”, *Chem. Rev.* **93**, 671.
3. Meyer, M., E. Thurman, (1996) “Herbicide Metabolites in Surface Water and Ground Water”, *ACS Symposium Series 630*, American Chemical Society, Washington, USA.
4. Albanis, T.D. Hela (1998) “Pesticide Concentrations in Louros River and Their Fluxes into the Marine Environment”, *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* **70**, 105.
5. Memming, R., (1988) “Photoelectrochemical Solar Energy Conversion”, *Topics in Current Chemistry* **143**, 79.
6. Serpone, N. and E. Pelizzetti (eds.) (1989) “Photocatalysis, Fundamentals and Applications”, J. Wiley & Sons, N.Y.,
7. Poullos, I., M. Kositzi, A. Fouras (1998) “Photocatalytic Decomposition of Triclopyr over Aqueous Suspensions of TiO₂”, *J. Photochem. Photobiol. A:* **115**, 175.
8. Blanco, J., S. Malato, et.al. (1999) “Techno-economical assessment of Solar Detoxification Systems with Compound Parabolic Collectors” *J. Phys. IV France* **9**, 259.
9. Y. Tripanagnostopoulos and P. Yianoulis. “CPC solar collectors with multichannel absorber”. *Solar Energy* 58, 49-61 (1996).
10. Y. Tripanagnostopoulos, P. Yianoulis, S. Papaefthimiou, M. Souliotis and Th. Nousia. “Cost effective asymmetric CPC solar collectors”. *Renewable Energy* 16, 628-631 (1999).
11. Y. Tripanagnostopoulos, M. Souliotis and Th. Nousia. “Solar collectors with colored absorbers”. *Solar Energy* 68, 343-356 (2000).
12. Y. Tripanagnostopoulos, P. Yianoulis, S. Papaefthimiou and S. Zafeiratos. “CPC solar collectors with flat bifacial absorbers”. *Solar Energy* 69, 191-203 (2000).
13. Y. Tripanagnostopoulos, M. Souliotis and Th. Nousia. “CPC type integrated collector storage systems”. *Solar Energy* 72, 327-350 (2002).

(214)

ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ - ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΗΣ Ε.Ε.

Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Παρισόπουλος, Χ. Σακκάς
Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας/Ινστιτούτο Γεωργικών Μηχανών & Κατασκευών,
Δημοκρατίας 61, 135 61 Άγιοι Ανάργυροι
Τηλ.: 2102611011-2, Fax: 2102619202, e-mail: iamc@ath.forthnet.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι απαιτήσεις ελέγχου των μηχανημάτων εφαρμογής φυτοπροστατευτικών προϊόντων όπως προκύπτουν από το σχέδιο της Οδηγίας πλαίσιο για την επίτευξη της αειφόρου χρήσης των φυτοφαρμάκων (άρθρο 8). Παράλληλα, παρατίθενται στοιχεία για το καθεστώς ελέγχων των εν λόγω μηχανημάτων στην Ε.Ε. και πρόταση για την πλήρη εφαρμογή του ως άνω άρθρου. Τέλος παρουσιάζονται δράσεις για τη βελτίωση της υφιστάμενης κατάστασης στη χώρα μας.

INSPECTION OF PESTICIDE APPLICATION EQUIPMENT – MEASURES PROPOSED BY THE THEMATIC STRATEGY OF E.C.

A. Papayiannopoulou, G. Parissopoulos, Ch. Sakkas
National Agricultural Research Foundation, Institute of Agricultural Machinery and
Constructions, 61 Demokratias str., 135 61 Aghii Anargiri Attikis, Greece
Tel.: (+30) 2102611011-2, Fax: (+30) 2102619202, e-mail: iamc@ath.forthnet.gr

ABSTRACT

In the present study the requirements for inspection of sprayers in use as they arise from a new Directive (Article 8) that aims to the sustainable use of pesticides, are presented. Furthermore, are quoted the inspection status in E.U. countries, as well as a proposal for the total application of the above article. Finally, there are presented actions for the improvement of the current situation in Greece.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα φυτοφάρμακα είναι δραστικές ουσίες σχεδιασμένες να καταπολεμούν επιβλαβείς οργανισμούς και δύναται να έχουν ανεπιθύμητες επιδράσεις σε οργανισμούς μη στόχους, στην υγεία του ανθρώπου και το περιβάλλον. Λόγω της σκόπιμης απελευθέρωσής τους στη φύση, υπόκεινται σε κανονιστικές κοινοτικές ρυθμίσεις, η αποτελεσματικότητα των οποίων είναι ανεπαρκής, με συνέπεια να ανευρίσκονται φυτοφάρμακα σε στοιχεία του περιβάλλοντος και να ανιχνεύονται υπολείμματα σε γεωργικά προϊόντα σε επίπεδα υψηλότερα των επιτρεπτών ορίων. Η Ε.Ε. προκειμένου να μειώσει περαιτέρω τις ποσότητες των φυτοφαρμάκων, ιδιαίτερα αυτές των φυτοπροστατευτικών προϊόντων, απεφάσισε την πλήρη εφαρμογή και κατάλληλη αναθεώρηση του υφισταμένου νομικού πλαισίου και την κατάστρωση θεματικής στρατηγικής για την αειφόρο χρήση αυτών [1].

Οι ειδικοί στόχοι της θεματικής στρατηγικής είναι οι εξής:

- μείωση των παντοειδών κινδύνων που συνεπάγεται η χρήση φυτοφαρμάκων για την υγεία και το περιβάλλον·

- βελτιωμένοι έλεγχοι της χρήσης και διανομής φυτοφαρμάκων·

- μείωση των επιπέδων βλαβερών δραστικών ουσιών, μεταξύ άλλων με την αντικατάσταση των πιο επικίνδυνων από ασφαλέστερες εναλλακτικές λύσεις, ενδεχομένως μη χημικές·

- ενθάρρυνση της χρησιμοποίησης καλλιεργειών με περιορισμένες εισροές ή χωρίς φυτοφάρμακα, μεταξύ άλλων με καλύτερη ενημέρωση των χρηστών, με την προαγωγή της χρήσης κωδίκων ορθής πρακτικής, και με την εξέταση της ενδεχόμενης χρήσης χρηματοοικονομικών μέσων·

- διαφανές σύστημα αναφοράς και παρακολούθησης της προόδου προς την εκπλήρωση των στόχων της στρατηγικής, όπου συμπεριλαμβάνεται και η ανάπτυξη κατάλληλων δεικτών,

και είτε θα ενσωματωθούν σε υπάρχοντα νομικά μέσα και υφιστάμενες πολιτικές, είτε θα περιληφθούν σε νέα νομοθεσία [2].

Η υλοποίηση των παραπάνω στόχων θα επιτευχθεί μέσω της αναθεώρησης της Οδηγίας 91/414/EEC [3], της ψήφισης Οδηγίας πλαίσιο για την αειφόρο χρήση των φυτοφαρμάκων, της υιοθέτησης Κανονισμού για τη συλλογή στοιχείων για τις πωλήσεις και τη χρήση των προϊόντων φυτοπροστασίας και της τροποποίησης της Οδηγίας 2006/42/EC για τις μηχανές, η οποία καλύπτει τον καινούριο εξοπλισμό εφαρμογής φυτοπροστατευτικών προϊόντων [4].

Ειδικότερα, το Σχέδιο της Οδηγίας πλαίσιο περιλαμβάνει μέτρα όπως:

- Θέσπιση εθνικών σχεδίων δράσης για τον καθορισμό στόχων, μέτρων και χρονοδιαγραμμάτων για τη μείωση των κινδύνων και της εξάρτησης από τα φυτοφάρμακα (άρθρο 4)·

- Συγκρότηση συστημάτων κατάρτισης για τους διανομείς και τους επαγγελματίες χρήστες φυτοφαρμάκων, ώστε να εξασφαλιστεί ότι έχουν πλήρη επίγνωση των σχετικών κινδύνων (άρθρο 5)·

- Καταλληλότητα προσωπικού διανομής τοξικών ή πολύ τοξικών φυτοφαρμάκων ώστε να παρέχεται υπεύθυνη πληροφόρηση στους πελάτες και χορήγηση ειδικής έγκρισης σε φυτοφάρμακα για μη επαγγελματίες χρήστες (άρθρο 6)·

- Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού σχετικά με τους κινδύνους και τα οφέλη των φυτοφαρμάκων για τον άνθρωπο και το περιβάλλον (άρθρο 7)·

- Τακτική επιθεώρηση του εν χρήσει εξοπλισμού και των εξαρτημάτων εφαρμογής φυτοφαρμάκων από επαγγελματίες χρήστες. Ο όρος «επαγγελματίας χρήστης» περιλαμβάνει όλους τους αγρότες, οι οποίοι χρησιμοποιούν φυτοφάρμακα κατά την επαγγελματική τους δραστηριότητα για εμπορική χρήση (άρθρο 8)·

- Απαγόρευση αεροψεκασμών (άρθρο 9)·
- Προστασία υδάτινου περιβάλλοντος (άρθρο 10)·
- Μείωση χρήσης φυτοφαρμάκων σε ευπαθείς περιοχές (άρθρο 11)·
- Αντιμετώπιση εκπομπών από χειρισμό/αποθήκευση φυτοφαρμάκων (άρθρο 12)·
- Εφαρμογή ολοκληρωμένης διαχείρισης επιβλαβών οργανισμών (άρθρο 13)·
- Λήψη στοιχείων διάθεσης και χρήσης φυτοπροστατευτικών προϊόντων για τον υπολογισμό καταλλήλων δεικτών κινδύνου (άρθρο 14).

2. ΕΛΕΓΧΟΙ ΤΟΥ ΕΝ ΧΡΗΣΕΙ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

2.1 Απαιτήσεις σχεδίου οδηγίας

Σύμφωνα με το άρθρο 8 του σχεδίου της οδηγίας απαιτείται η επιθεώρηση του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού για επαγγελματική χρήση, που μεταφράζεται ότι όλα τα εν χρήση ψεκαστικά μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για εμπορικούς σκοπούς πρέπει να ελεγχθούν ως προς την ικανοποίηση απαιτήσεων υγείας, ασφαλείας και προστασίας περιβάλλοντος (Παράρτημα II). Οι έλεγχοι είναι περιοδικοί και εντός πενταετίας από την ημερομηνία εναρμόνισης πρέπει να ελεγχθεί τουλάχιστον μία φορά το σύνολο του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού και των εξαρτημάτων εφαρμογής.

Οι απαιτήσεις υγείας, ασφαλείας και προστασίας περιβάλλοντος που πρέπει να πληρούνται κατά τον έλεγχο του εξοπλισμού εφαρμογής είναι:

1. Εξαρτήματα μετάδοσης ισχύος: Πρέπει να υπάρχουν προφυλακτικές προ των κινουμένων μερών μετάδοσης ισχύος (δυναμοδοτικός άξονας, λήψη ισχύος) και να βρίσκονται σε καλή κατάσταση. Δεν πρέπει να επηρεάζεται η λειτουργία των προστατευτικών μηχανισμών και των τυχόν κινούμενων ή περιστρεφόμενων στοιχείων του συστήματος μετάδοσης κίνησης·

2. Αντλία: Η δυναμικότητα της αντλίας πρέπει να είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες του εξοπλισμού, η δε αντλία πρέπει να λειτουργεί σωστά, ώστε να εξασφαλίζει σταθερή και αξιόπιστη παροχή εφαρμογής. Δεν πρέπει να υπάρχουν διαρροές·

3. Ανάδευση: Οι αναδευτήρες πρέπει να εξασφαλίζουν την πέπουσα ανακυκλοφορία, ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη συγκέντρωση σε ολόκληρο τον όγκο του υγρού ψεκαστικού διαλύματος που περιέχεται στη δεξαμενή·

4. Δεξαμενή ψεκαστικού υγρού: Η δεξαμενή, καθώς και ο δείκτης περιεχομένου, τα συστήματα πλήρωσης, τα πλέγματα και φίλτρα, τα συστήματα εκκένωσης και τα συστήματα ανάμιξης πρέπει να λειτουργούν με τρόπο που να ελαχιστοποιεί την τυχαία διαφυγή, την ανομοιογενή κατανομή της συγκέντρωσης, την έκθεση του χειριστή και το συνολικά παραμένοντα όγκο·

5. Συστήματα μετρήσεων, ελέγχου και ρυθμίσεων: Όλα τα συστήματα μέτρησης, εκκίνησης και διακοπής και ρύθμισης της πίεσης ή/και της ταχύτητας ροής πρέπει να λειτουργούν με αξιοπιστία και χωρίς διαρροές. Ο έλεγχος της πίεσης και ο χειρισμός των συστημάτων ρύθμισης αυτής πρέπει να γίνονται με ευχέρεια. Τα συστήματα ρύθμισης της πίεσης πρέπει να διατηρούν σταθερή ενεργό πίεση σε συγκεκριμένο αριθμό περιστροφών της αντλίας, ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη παροχή·

6. Σωληνώσεις και εύκαμπτοι σωλήνες: Οι σωληνώσεις και οι εύκαμπτοι σωλήνες πρέπει να βρίσκονται σε καλή κατάσταση, ώστε να αποτρέπεται η διατάραξη της ροής του υγρού ή η τυχαία διαφυγή σε περίπτωση αστοχίας. Δεν πρέπει να υπάρχουν διαρροές όταν οι σωληνώσεις και οι εύκαμπτοι σωλήνες λειτουργούν υπό τη μέγιστη πίεση που μπορεί να επιτευχθεί στο σύστημα.

7. Φίλτρα: Τα φίλτρα πρέπει να βρίσκονται σε καλή κατάσταση για να επιτυγχάνεται ομαλή ροή, το δε μέγεθος του πλέγματός τους πρέπει να αντιστοιχεί στο μέγεθος των ακροφυσίων που φέρει ο ψεκαστήρας. Το σύστημα ένδειξης απόφραξης φίλτρου πρέπει να λειτουργεί σωστά.

8. Βραχίονες ψεκασμού (αφορά σε εξοπλισμό που ψεκάζει φυτοφάρμακα με τη βοήθεια βραχίονα τοποθετημένου σε οριζόντια θέση, σε μικρή απόσταση από την καλλιέργεια ή το υλικό που πρόκειται να υποβληθεί σε αγωγή): Η ράμπα ψεκασμού πρέπει να βρίσκεται σε καλή κατάσταση και να έχει σταθερότητα προς όλες τις κατευθύνσεις. Τα συστήματα στερέωσης και ρύθμισης, καθώς και οι μηχανισμοί απόσβεσης των κραδασμών και αντιστάθμισης των κλίσεων του εδάφους πρέπει να λειτουργούν με αξιοπιστία.

9. Ακροφύσια: Τα ακροφύσια πρέπει να λειτουργούν σωστά, ώστε να ελέγχεται η στάλαξη όταν διακόπτεται ο ψεκασμός. Για να εξασφαλίζεται ομοιογενής ψεκασμός, η παροχή κάθε επιμέρους ακροφυσίου δεν πρέπει να αποκλίνει περισσότερο από 5 % από την αναγραφόμενη στους πίνακες του κατασκευαστή.

10. Κατανομή: Η εγκάρσια και η κατακόρυφη (στις περιπτώσεις εφαρμογής σε κατακόρυφες καλλιέργειες) κατανομή του ψεκαστικού υγρού, καθώς και η κατανομή κατά τη διεύθυνση της κίνησης πρέπει να είναι ομοιόμορφες. Πρέπει να εξασφαλίζεται η κατάλληλη ποσότητα και κατανομή ψεκαστικού υγρού στην έκταση στόχο.

11. Ανεμιστήρας (αφορά σε εξοπλισμό που κατανέμει φυτοφάρμακα με τη βοήθεια ρεύματος αέρα): Ο ανεμιστήρας πρέπει να βρίσκεται σε καλή κατάσταση και να εξασφαλίζει σταθερό ρεύμα αέρα.

Σύγκριση των ανωτέρω απαιτήσεων με τους όρους του προτύπου EN 13790, μέρη 1 και 2 [5] όπως αυτό εκτενώς έχει αναλυθεί [6] μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο εξοπλισμός που θα ελεγχθεί αρχικά αφορά στους ψεκαστήρες μεγάλων καλλιεργειών και στους νεφελοψεκαστήρες. Είναι προτιμότερο ο έλεγχος να διεξάγεται σύμφωνα με το προαναφερόμενο πρότυπο το οποίο είναι πιο λεπτομερές και επεξηγηματικό του Παραρτήματος II.

Για την πλήρωση των ανωτέρω απαιτήσεων ελέγχονται τα ακόλουθα μέρη/συστήματα του μηχανήματος:

- Σύστημα μετάδοσης κίνησης
- Υδραυλικό σύστημα (αντλία, σωληνώσεις, ακροφύσια)
- Σύστημα ανάδευσης
- Δεξαμενή ψεκαστικού υγρού
- Συστήματα ελέγχου και ρυθμίσεων
- Φίλτρα
- Βραχίονες ψεκασμού

2.2 Υφιστάμενη κατάσταση στις χώρες της Ε.Ε.

Η υφιστάμενη κατάσταση ελέγχων των μηχανημάτων εφαρμογής φυτοπροστατευτικών προϊόντων (ψεκαστήρες μεγάλων καλλιεργειών και νεφελοψεκαστήρες) στις χώρες της Ε.Ε. φαίνεται στον Πίνακα 1 [7]. Για Κροατία, Λουξεμβούργο, Φινλανδία δεν υπάρχουν στοιχεία.

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 1 η χώρα μας διαθέτει τον τρίτο υψηλότερο δείκτη μηχανημάτων ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο στην Ε.Ε. και δεν διενεργεί ελέγχους του εν χρήσει εξοπλισμού εφαρμογής φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Το γεγονός αυτό αναμένεται να επηρεάσει αρνητικά τη συχνότητα επανελέγχου η οποία ορίζεται από το σχέδιο της Οδηγίας το πολύ στα 5 έτη.

Πίνακας 1. Καθεστώς ελέγχων εξοπλισμού εφαρμογής φυτοπροστατευτικών προϊόντων στις χώρες της Ε.Ε.

Χώρες	Αριθμός ψεκαστικών μηχανημάτων	Αριθμός ψεκαστικών μηχανημάτων ανά km ²	Καθεστώς ελέγχων ψεκαστικών	
			Εν χρήσει	Καινούρια
Αυστρία	58.600	0,70	Προαιρετικοί (1983)	Όχι
Βέλγιο	21.218	0,69	Προαιρετικοί (1989) Υποχρεωτικοί (1995)	Ναι
Βουλγαρία	4.784	0,04	Δεν γίνονται έλεγχοι Υποχρεωτικοί (2010)	-
Γαλλία	350.000	0,64	Προαιρετικοί (1990) Υποχρεωτικοί (2009)	-
Γερμανία	181.000	0,51	Προαιρετικοί (1976) Υποχρεωτικοί (1993/2002) ⁽¹⁾	Ναι
Δανία	30.000	0,70	Υποχρεωτικοί (1993)	Όχι
Ελβετία	25.238	0,37	Υποχρεωτικοί (1993)	Όχι
Ελλάδα	152.094	1,15	Δεν γίνονται έλεγχοι	Ναι
Εσθονία	-	-	Υποχρεωτικοί (2000)	-
Ιρλανδία	12.100	0,17	Δεν γίνονται έλεγχοι Υποχρεωτικοί στο μέλλον	-
Ισπανία	210.000	0,42	Προαιρετικοί (1990) Υποχρεωτικοί (2010)	Όχι
Ιταλία	550.000	1,83	Προαιρετικοί (1988-2006) Υποχρεωτικοί (1999-2001)	Ναι
Λετονία	2.320	0,04	Προαιρετικοί Υποχρεωτικοί στο μέλλον	-
Λιθουανία	15.150	0,23	Υποχρεωτικοί (2001)	Ναι
Μ. Βρετανία	46.000	0,19	Προαιρετικοί (1997)	Ναι
Νορβηγία	16.900	0,05	Υποχρεωτικοί (2006)	Ναι
Ολλανδία	15.000	0,37	Προαιρετικοί (1976) Υποχρεωτικοί (1997/2002) ⁽¹⁾	Ναι
Ουγγαρία	40.000	0,43	Υποχρεωτικοί (2007)	Όχι
Πολωνία	323.101	1,03	Υποχρεωτικοί (1999)	Ναι
Πορτογαλία	56.000	0,61	Υποχρεωτικοί (2007/2006) ⁽¹⁾	Όχι
Ρουμανία	20.472	0,09	Δεν γίνονται έλεγχοι	-
Σερβία	20.800	0,20	Πειραματικό στάδιο (2006) Υποχρεωτικοί (2007)	Ναι
Σλοβακία	4.450	0,09	Υποχρεωτικοί (2003)	Όχι
Σλοβενία	28.000	1,38	Υποχρεωτικοί (1995)	Όχι
Σουηδία	19.500	0,04	Προαιρετικοί (1987/1995) ⁽¹⁾	Όχι
Τσεχία	6.000	0,07	Προαιρετικοί (1980) Υποχρεωτικοί (1997)	Όχι
	2.208.727			

⁽¹⁾ Το πρώτο έτος είναι το έτος θέσπισης του καθεστώτος ελέγχου των ψεκαστήρων μεγάλων καλλιιεργειών ενώ το δεύτερο εκείνο των νεφελοψεκαστήρων

2.3 Συσχετισμός απαιτήσεων μεταξύ καινούριων και εν χρήσει ψεκαστικών μηχανημάτων

Ο έλεγχος των καινούριων ψεκαστικών μηχανημάτων διενεργείται με βάση τα ευρωπαϊκά πρότυπα EN 907 [8], EN 12761 [9], και τις Τεχνικές Οδηγίες της ENTAM [10], τα οποία τυγχάνουν προαιρετικής εφαρμογής.

Η Ε.Ε. προσανατολίζεται στην επιβολή υποχρεωτικών ελέγχων και στα καινούρια ψεκαστικά μηχανήματα κυρίως με τροποποίηση της Οδηγίας 42/2006/ΕΚ το 2008. Το σκεπτικό για τον υποχρεωτικό έλεγχο των καινούριων ψεκαστικών μηχανημάτων βασίζεται στην ισχυρή πιθανότητα ότι ένα μηχάνημα που δεν καλύπτει τις απαιτήσεις του προτύπου EN 12761 ως καινούριο δεν θα καλύπτει και τις απαιτήσεις υγείας, ασφάλειας και προστασίας περιβάλλοντος του σχεδίου της Οδηγίας ή τις απαιτήσεις του προτύπου EN 13790 ως μεταχειρισμένο.

Η επιβολή υποχρεωτικών ελέγχων και στα καινούρια ψεκαστικά μηχανήματα θα δικαιώσει την προσπάθεια ευρωπαϊκών κρατών όπως το Βέλγιο, η Γερμανία και η Ολλανδία να επιβάλλουν κατά το παρελθόν πρωτόκολλα υποχρεωτικών ελέγχων που δεν έγιναν αποδεκτά από την Ε.Ε. με το σκεπτικό ότι αντίκεινται στην αρχή της ελεύθερης διακίνησης των αγαθών εντός των κρατών-μελών [11].

2.4 Υποδομές

Στην Ελλάδα ο έλεγχος των καινούριων ψεκαστικών μηχανημάτων είναι προαιρετικός και η μοναδική υποδομή όπου διενεργούνται έλεγχοι βάσει των προαναφερόμενων προτύπων και τεχνικών οδηγιών είναι το υπό ενίσχυση μέσω του Ε.Π.ΑΝ. μόνιμο εργαστήριο ψεκαστικών μηχανημάτων του ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε./Ι.Γ.Ε.Μ.Κ.

Για τους ελέγχους των ψεκαστικών εν χρήσει ακολουθούνται στην Ε.Ε. δύο προσεγγίσεις:

- i) Οι έλεγχοι γίνονται στον τόπο των χρηστών (αγροτών) με κινητά συνεργεία δημόσια ή ιδιωτικά,
- ii) Οι έλεγχοι γίνονται σε καθορισμένα ιδιωτικά συνεργεία, όπου ο αγρότης προσκομίζει το μηχάνημά του.

Όπου χρησιμοποιούνται ιδιωτικά συνεργεία αυτά είναι επιτηρούμενα από το αντίστοιχο Υπουργείο ή άλλο εξουσιοδοτημένο από το Υπουργείο οργανισμό.

Η χώρα μας η οποία δεν διενεργεί ελέγχους των εν χρήσει ψεκαστικών μηχανημάτων καλείται να δημιουργήσει τις απαραίτητες υποδομές για πιλοτική εφαρμογή υποχρεωτικών περιοδικών ελέγχων υιοθετώντας μια εκ των ανωτέρω προσεγγίσεων ή κάποιο μεικτό σύστημα λαμβάνοντας υπόψη και τον ιδιαίτερα υψηλό δείκτη μηχανημάτων της χώρας (αριθμός /km²). Σκόπιμο είναι οι εν λόγω υποδομές να δημιουργηθούν πριν την εναρμόνιση της Οδηγίας ώστε να υπάρχει απαραίτητη εμπειρία για εφαρμογή διορθωτικών και προληπτικών ενεργειών προς όφελος των αγροτών και της εθνικής οικονομίας.

2.5 Προγράμματα κατάρτισης για τον εξοπλισμό εφαρμογής

Από το σχέδιο Οδηγίας προβλέπεται η κατάρτιση προγραμμάτων για την απόκτηση και την επικαιροποίηση των γνώσεων των χρηστών, διανομέων και συμβούλων, ανάλογα με την περίπτωση. Τα εθνικά μαθήματα κατάρτισης μπορούν να είναι ποικίλου περιεχομένου και να διαφοροποιούνται ανάλογα με τις ανάγκες των ατόμων στα οποία απευθύνονται.

Τα θέματα που πρέπει να περιλαμβάνονται στα προγράμματα κατάρτισης σχετικά με τον εξοπλισμό θα αφορούν κυρίως στις διαδικασίες προετοιμασίας για χρήση συμπεριλαμβανομένης της βαθμονόμησης, τη συντήρηση, τα μέτρα ατομικής προστασίας, τις ειδικές τεχνικές ψεκασμού και τις ορθές πρακτικές για την προστασία του περιβάλλοντος [12].

2.6 Πρόταση για την πλήρη εφαρμογή του άρθρου 8 του σχεδίου Οδηγίας

Το ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε./Ι.Γ.Ε.Μ.Κ. διαθέτει στο συγκεκριμένο θέμα τεχνογνωσία και έχει διαμορφωμένη πρόταση για τον τρόπο επιθεώρησης του εν χρήσει εξοπλισμού εφαρμογής φυτοπροστατευτικών προϊόντων η οποία είναι στη διάθεσή του Υ.Α.Α.Τ. Η πρόταση καλύπτει επίσης και ενδεχόμενη τροποποίηση της Οδηγίας 42/2006/ΕΚ για τον έλεγχο του καινούργιου εξοπλισμού.

Περιλαμβάνονται σε γενικές γραμμές τα παρακάτω:

A) Καινούρια ψεκαστικά μηχανήματα

1) Υποχρεωτικός έλεγχος σύμφωνα με τα πρότυπα EN 907, EN 12761 και τις Τεχνικές Οδηγίες της ENTAM για έκδοση έγκρισης τύπου (ένα μηχανήμα ανά κατηγορία και τύπο).

2) Υποχρεωτικός έλεγχος σύμφωνα με το πρότυπο EN 13790 πριν τη διάθεση στον πελάτη (όλα τα μηχανήματα). Επίθεση σήματος ελέγχου επί του μηχανήματος.

3) Απογραφή από τις κατά τόπους Νομαρχίες των μηχανημάτων που πωλούνται, εγχώριων ή εισαγόμενων και χορήγηση πινακίδας (όμοια διαδικασία με αυτή των ελκυστήρων).

4) Επανέλεγχος των μηχανημάτων μετά από 5 χρόνια σύμφωνα με το πρότυπο EN 13790 μετά από πρόσκληση από το Υ.Α.Α.Τ. ή τον φορέα διενέργειας περιοδικών ελέγχων.

B) Εν χρήσει ψεκαστικά μηχανήματα

1) Απογραφή μέσω των νομαρχιών όλων των εν χρήσει ψεκαστικών μηχανημάτων.

2) Δημιουργία κινητών συνεργείων (ένα ή δύο καταρχάς) για έλεγχο των εν χρήσει ψεκαστικών μηχανημάτων σε επιλεγμένους νομούς ή περιφέρειες σύμφωνα με το πρότυπο EN 13790.

3) Εκτίμηση των αποτελεσμάτων των ελέγχων ώστε να διαπιστωθεί αν είναι προτιμότερη η επισκευή του μηχανήματος ή η αντικατάστασή του με ένα καινούριο. Ανάλυση πρωτοβουλιών από το Υ.Α.Α.Τ.

4) Χορήγηση πινακίδας όταν το μηχανήμα περάσει επιτυχώς για πρώτη φορά τον έλεγχο και επίθεση σήματος ελέγχου.

5) Επανέλεγχος των μηχανημάτων μετά από 5 χρόνια σύμφωνα με το πρότυπο EN 13790 μετά από πρόσκληση από το Υ.Α.Α.Τ. ή τον φορέα διενέργειας περιοδικών ελέγχων.

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από τα προαναφερθέντα προκύπτει ότι:

1. Η πλειοψηφία των ευρωπαϊκών χωρών πραγματοποιεί επί υποχρεωτικής ή προαιρετικής βάσης δοκιμές στα μηχανήματα εφαρμογής φυτοπροστατευτικών προϊόντων, ανάλογα με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο.

2. Ο υποχρεωτικός έλεγχος των εν λόγω μηχανημάτων, όπου εφαρμόζεται, συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητάς τους, στην προστασία του περιβάλλοντος και στην ασφάλεια και υγιεινή των χρηστών.

3. Η μεταφορά της Οδηγίας στο εθνικό δίκαιο χωρίς προηγούμενη εμπειρία στον έλεγχο εν χρήσει ψεκαστικών μηχανημάτων θα επιμηκύνει την περίοδο προσαρμογής.

4. Καθίσταται αναγκαία η λήψη ειδικών μέτρων για τη βελτίωση της υφιστάμενης κατάστασης στη χώρα μας λαμβάνοντας υπόψη τον υψηλό δείκτη μηχανημάτων ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Πρωτοβουλίες προς την κατεύθυνση αυτή θα μπορούσαν να είναι:

α. Η καθιέρωση του υποχρεωτικού των δοκιμών βάσει των Ευρωπαϊκών προτύπων προ της ψήφισης του σχεδίου οδηγίας, ώστε η χώρα να είναι προετοιμασμένη για την εφαρμογή της.

β. Η ενίσχυση των υφισταμένων εργαστηριακών υποδομών, ώστε να ανταποκριθούν στον όγκο και την απαιτούμενη ποιότητα των δοκιμών.

γ. Η συστηματική ενημέρωση των παραγωγών, όσον αφορά στην επικείμενη περιοδική αξιολόγηση των μηχανημάτων για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στην ασφάλεια, υγιεινή και το περιβάλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. SEC(2006) 894, 2006. Πρόταση για Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τον καθορισμό πλαισίου κοινοτικής δράσης με σκοπό την επίτευξη αειφόρου χρήσης των φυτοφαρμάκων. Βρυξέλλες.
2. European Commission, DG Environment, Unit B.3, 2007. Thematic Strategy on the Sustainable use of Pesticides. Proceedings of 2nd European Workshop on Standardized Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe-SPISE. Straelen, April 10-12, 2007.
3. Οδηγία 91/414/ΕΟΚ του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου της 15ης Ιουλίου 1991 σχετικά με τη διάθεση στην αγορά φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Βρυξέλλες.
4. Οδηγία 2006/42/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 17ης Μαΐου 2006 σχετικά με τα μηχανήματα και την τροποποίηση της οδηγίας 95/16/ΕΚ (αναδιατύπωση). Βρυξέλλες.
5. CEN. 2003. EN 13790 “Agricultural machinery-Sprayers-Inspection of sprayers in use - Part 1: Field crop sprayers. Part 2: Air-assisted sprayers for bush and tree crops”. Βρυξέλλες.
6. Χ. Σακκάς, Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Παρισόπουλος, 2005. Έλεγχοι μηχανημάτων φυτοπροστασίας στις ευρωπαϊκές χώρες – Προδιαγραφές & νομικό πλαίσιο. 4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, Αθήνα.
7. Hans-Joachim Wehmann, 2007. Actual survey about inspection of sprayers in the countries of Europe. Proceedings of 2nd European Workshop on Standardized Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe-SPISE. Straelen, April 10-12, 2007.
8. CEN. 1997. EN 907 “Agricultural and forestry machinery-Sprayers and liquid fertilizer distributors-Safety”. Βρυξέλλες
9. CEN. 2001. EN 12761 “Agricultural and forestry machinery-Sprayers and liquid fertilizer distributors-Environmental protection-Part 1: General, Part 2: Field crop sprayers, Part 3: Air-assisted sprayers for bush and tree crops”. Βρυξέλλες
10. European Network for Testing of Agricultural Machines (ENTAM). 2005. Technical Instructions for ENTAM-Tests of air assisted, field crop and knapsack sprayers. www.entam.com.
11. B. Huyghebaert, O. Mostade, P. Braekman. 2007. Belgium’s procedure dealing with brand new and very old sprayers. Proceedings of 2nd European Workshop on Standardized Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe-SPISE. Straelen, April 10-12, 2007.
12. Α. Παπαγιαννοπούλου, Χ. Σακκάς, Γ. Παρισόπουλος. 2005. Έλεγχοι ψεκαστικών μηχανημάτων. Περιοδικό ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., τεύχος Νο 22, σελ. 13-21. Αθήνα, 2005.

(232)

ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΟΠΗΣ ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Δ. Φείδαρος^{1α}, Α. Μπαξεβάνου^{1β}, Α. Ζαγορίτης^{2α}, Π.-Ε. Μπίσκα^{2β}

¹Ενεργειακοί Σύμβουλοι Μηχανικοί - Eco-Energy, Παπασταύρου 2-4, 41222, Λάρισα,
^αjimfeid@otenet.gr, ^βcbaxe@eco-energy.gr

²Διπλ. Χημικοί Μηχανικοί ΜΔΕ, ^αazagorit@yahoo.gr ^βpmpiska@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετάται με μεθόδους υπολογιστικής ρευστοδυναμικής η απόδοση τυπικής δεξαμενής χλωρίωσης αστικών λυμάτων με και χωρίς διαφράγματα οπής με βασικό κριτήριο τον βαθμό απολύμανσης τους στην έξοδο της. Συγκεκριμένα, προσομοιώνεται η 3Δ τυρβώδης ροή και η απολυμαντική δράση του χλωρίου στο μικροβιακό φορτίο σε μια τεταρτοβάθμια δεξαμενή χλωρίωσης ελεύθερης διέλευσης και σε μια αντίστοιχη κατά την οποία η διέλευση εμποδίζεται από διαφράγματα οπής. Επιλύονται οι εξισώσεις Navier-Stokes μέσης χρονικής στιγμής, με το μοντέλο k-ε Low-Re δύο εξισώσεων, λαμβάνοντας υπόψη και την υδροστατική φύση της ροής. Επιπλέον επιλύονται άλλες 2 εξισώσεις για την απομείωση του χλωρίου και των μικροοργανισμών με τους κατάλληλους όρους πηγής.

NUMERICAL STUDY OF BAFFLES INFLUENCE IN A WASTEWATER CHLORINE CONTACT TANK

D. Fidaros^{1α}, C. Baxevanou^{1β}, A. Zagoritis^{2α}, P.-E. Mpiska^{2β}

¹Energy Consultants Engineers - Eco-Energy, Patastavrou 2-4, 41222, Larisa,
^αjimfeid@otenet.gr, ^βcbaxe@eco-energy.gr

²Dipl. Chemical Engineers MSc, ^αazagorit@yahoo.gr ^βpmpiska@yahoo.gr

ABSTRACT

In the present paper is studied the performance of a typical wastewater contact chlorination tank with and without baffles under the criterion of the bacterial load disinfection by CFD methods. In particular, simulations of 3D turbulent flows are performed taking account the disinfection action of the chlorine and the bacterial decay in a free passing tank of 4th stage processing and in a tank with baffles installed at the start of every corridor at it. The Reynolds averaged Navier-Stokes equations with two equations k-ε turbulence model are solved, taking under consideration the hydrostatic nature of the flow. Additionally, two equations are also computed for the chlorine and microorganisms decay using the appropriate sink source terms

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επεξεργασία αστικών λυμάτων αποτελεί μέρος της προσπάθειας για την αντιμετώπιση του προβλήματος της αυξανόμενης ρύπανσης του περιβάλλοντος. Η επεξεργασία αστικών λυμάτων αποτελείται από μια αλυσίδα διεργασιών με στόχο την αποδέσμευση των καθαρών και ανενεργών υδατινών πόρων σε λεκάνες απορροής που χωρίς επεξεργασία αποτελούν φορείς λυμάτων. Το κάθε στάδιο περιλαμβάνει φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες απομάκρυνσης διαφόρων μικροοργανισμών. Στις φυσικές διεργασίες γίνεται εκμετάλλευση των φυσικών χαρακτηριστικών των λυμάτων, στις χημικές προσθήκη χημικών ουσιών και στις βιολογικές μικροοργανισμών που εξουδετερώνουν οργανικές ουσίες. Τα στάδια διακρίνονται σε τέσσερις βασικές φάσεις διεργασιών, την προεπεξεργασία που έχει ως σκοπό την προστασία του μηχανολογικού εξοπλισμού για τις επόμενες φάσεις επεξεργασίας, την απομείωση των στερεών αποβλήτων και κολλοειδών στερεών με χημική επεξεργασία και καθίζηση (προηγμένη πρωτοβάθμια επεξεργασία), που πολλές φορές αποτελεί και την μοναδική φάση επεξεργασίας του σταδίου αυτού, ενώ σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να παραληφθεί. Την δευτεροβάθμια ή βιολογική επεξεργασία, όπου βιοδιασπώνται οι οργανικές ουσίες των λυμάτων με χρήση μικροοργανισμών που στη συνέχεια απομακρύνονται με καθίζηση, και τη τριτοβάθμια επεξεργασία που απομακρύνονται οι εναπομείναντες ρυπαντές, με διήθηση, και άλλες χημικές επεξεργασίες. Πριν την διάθεση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται η απολύμανση τους, όπου καταστρέφονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί προς αποφυγή μετάδοσης ασθενειών. Σε αυτό το στάδιο επεξεργασίας γίνεται η κύρια καταστροφή των παθογόνων, παρότι μικρές ποσότητες απομακρύνονται και σε προηγούμενα στάδια [1].

Η αριθμητική μοντελοποίηση της ροής και των φαινομένων μεταφοράς που λαμβάνουν χώρα σε δεξαμενές καθαρισμού, παρέχει την δυνατότητα καλύτερης επιλογής των παραμέτρων σχεδιασμού και των χαρακτηριστικών λειτουργίας. Η μέχρι τώρα υπολογιστική αντιμετώπιση ανάλογων περιπτώσεων γίνονταν διδιάστατα, λαμβάνοντας ένα μέσο ύψος από τον πυθμένα της δεξαμενής και εισάγοντας την υδροστατική δύναμη του ρευστού στο επίπεδο της προσομοίωσης στους όρους πηγής των 2Δ εξίσωσεων κίνησης. Συγχρόνως, λόγω της 2Δ γεωμετρίας, η εξέλιξη των συγκεντρώσεων του απολυμαντικού μέσου και του μικροβιακού φορτίου μελετάται μόνο στο ίδιο επίπεδο και όχι και στην τρίτη διάσταση.[2,3]

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Οι βιβλιογραφικές αναφορές για την εκτίμηση του πεδίου της ροής και της διεργασίας της απολύμανσης σε δεξαμενές επαφής με τη χρήση αριθμητικών μοντέλων είναι περιορισμένες. Οι Hart και Vogiatzis [4] υπολόγισαν το κλάσμα των βακτηρίων που παρέμεινε στη δεξαμενή, με χρήση των συντελεστών διασποράς που προέκυψαν από τις μετρήσεις καμπύλων FTC (χρονική μεταβολή συγκέντρωσης ιχνηθέτη), αλλά δεν επέλυσαν την εξίσωση μεταφοράς για το απολυμαντικό μέσο (διαλυμένη ουσία). Αργότερα, οι Falconer και Liu [5], χρησιμοποιώντας ένα δισδιάστατο χρονικά μεταβαλλόμενο αριθμητικό μοντέλο, προέβλεψαν το πεδίο ταχυτήτων και την κατανομή των συγκεντρώσεων ενός ιχνηθέτη, σε δύο δεξαμενές χλωρίωσης, τονίζοντας ότι η μοντελοποίηση της τύρβης είναι ιδιαίτερα σημαντική για την πρόλεξη του πεδίου ταχυτήτων. Επισημαίνεται επίσης ότι το απλό μοντέλο μήκους ανάμιξης μηδενικής εξίσωσης, που χρησιμοποιήθηκε δεν ήταν επαρκές για να αναπαράγει τα χαρακτηριστικά της ροής στα διάφορα τμήματα της δεξαμενής.

Οι Falconer & Ismail [6] συνέκριναν τα πειραματικά δεδομένα μιας δεξαμενής σπειροειδούς διαμόρφωσης με τα υπολογιστικά αποτελέσματα από την μεταφορά ενός ιχνηθέτη με τη χρήση ενός δισδιάστατου μοντέλου (οι όροι των διατμητικών τάσεων εκφράστηκαν με ένα μοντέλο μέσου-βάθους). Η σύγκριση της προσομοίωσης και των μετρούμενων συγκεντρώσεων σε διάφορα ύψη από τον πυθμένα, έδωσε καλή ταύτιση για τα τελευταία διαμερίσματα της δεξαμενής, όπου η ροή ήταν σχεδόν ομοιόμορφη σε όλο το βάθος. Ωστόσο, η συμφωνία για τα πρώτα διαμερίσματα δεν ήταν καλή, διότι το διδιάστατο μοντέλο περιέγραφε τις οριζόντιες αλλά όχι και τις κατακόρυφες ανακυκλοφορίες, που ήταν έντονες στα διαμερίσματα αυτά, λόγω των φαινομένων εισόδου και των αποκολλήσεων της ροής.

Αργότερα, οι Wang & Falconer [7] ανέπτυξαν ένα αριθμητικό μοντέλο με σκοπό την πρόβλεψη της ροής και της απολύμανσης, που ελάμβαναν χώρα σε μια τυπική δεξαμενή επαφής. Οι όροι των διατμητικών τάσεων αρχικά εκφράστηκαν από ένα μέσου-βάθους μοντέλο ιξώδους δινών και τα αποτελέσματα αναλύθηκαν και συγκρίθηκαν με αυτά που προέκυψαν από τα μοντέλα k-ε και Smagorinsky, με σκοπό την βελτίωση των προβλέψεων. Η διακριτοποίηση των όρων συναγωγής στο αρχικό βασικό μοντέλο έγινε με ένα πρώτης τάξης ανάντη σχήμα διαφόρισης, τα αποτελέσματα του οποίου συγκρίθηκαν με αυτά από δύο παραλλαγές του σχήματος QUICK. Τέλος, τα αποτελέσματα τους ελέγχθηκαν σε σχέση με τα αυτά που προέκυψαν από μετρήσεις πειραματικού μοντέλου. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το μοντέλο k-ε προέβλεπε ικανοποιητικά την οριζόντια ανακυκλοφορία σε καθένα από τους ανεξάρτητους θαλάμους (διαδρόμους) της δεξαμενής, παρουσιάζοντας επίσης ταύτιση της έκτασης των προβλεπόμενων ανακυκλοφοριών με τις μετρούμενες.

Σε επόμενη εργασία τους, οι Wang & Falconer, [8] υποστήριζαν πως η αξιοπιστία των προβλέψεων της μεταφοράς της διαλυμένης ουσίας, εξαρτάται ισχυρά από την ακρίβεια προσέγγισης των υδροδυναμικών χαρακτηριστικών της δεξαμενής. Παράλληλα, εξετάστηκε η ακρίβεια της διακριτοποίησης των όρων συναγωγής στις εξισώσεις μεταφοράς και τα αριθμητικά αποτελέσματα συγκρίθηκαν με μετρήσεις φυσικού μοντέλου. Οι όροι συναγωγής των εξισώσεων συγκεντρώσεων αποτιμήθηκαν με τη χρήση του σχήματος QUICK και μιας παραλλαγής του σε προσομοιώσεις με διαφορετικά μοντέλα τύρβης. Η αριθμητική πρόβλεψη της μεταφοράς του ιχνηθέτη στη δεξαμενή επαφής, συγκρίθηκε επιτυχώς με πειραματικές μετρήσεις στο φυσικό μοντέλο.

3 ΚΙΝΗΤΙΚΕΣ ΑΠΟΜΕΙΩΣΗΣ

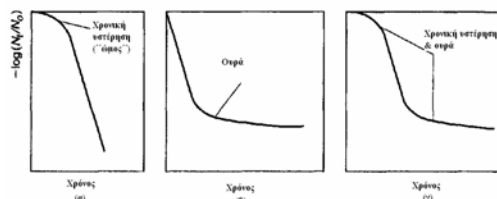
3.1 Κινητική Καταστροφής Παθογόνων Μικροοργανισμών

Ο χρόνος επαφής είναι από τους βασικότερους παράγοντες της απολύμανσης γιατί έχει παρατηρηθεί ότι όσο αυξάνεται το χρονικό διάστημα της επαφής, για μια συγκεκριμένη σταθερή συγκέντρωση του απολυμαντικού μέσου, τόσο αυξάνει το ποσοστό καταστροφής των μικροβίων. Σύμφωνα με το Νόμο του Chick [9], ο ρυθμός μεταβολής της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών με το χρόνο εξαρτάται από την σταθερά του ρυθμού αδρανοποίησης k και από τον αριθμό των μικροοργανισμών στο χρόνο t:

$$\partial_t N_t = -k \cdot N_t \quad (1)$$

Επιπρόσθετα, ο Watson [10] ανέφερε ότι η σταθερά του ρυθμού αδρανοποίησης σχετίζεται με το γινόμενο της συγκέντρωσης του απολυμαντικού μέσου C, από την σταθερά αποδεκατισμού και από τον εκθέτη n σύμφωνα με την σχέση:

$$k = k' \cdot C^n \quad (2)$$



Σχήμα 4 Αποκλίσεις από τον νόμο του Chick (α) χρονική υστέρηση (β) φαινόμενο ουράς όπου τα μεγάλα σωματίδια εμποδίζουν την χλωρίωση των μικροοργανισμών, (γ) συνδυασμός των ανωτέρω.

Από τον συνδυασμό των εκφράσεων (1) και (2), προκύπτει:

$$\partial_t N_t = -k \cdot C^n \cdot N_t \quad (3)$$

Οι αποκλίσεις από τον κανόνα των Chick και Watson είναι αρκετές και συνηθισμένες. Το Σχήμα 1(α) δείχνει ότι είναι δυνατό να σημειωθεί μια χρονική υστέρηση κατά την οποία τα αιωρούμενα συστατικά στο υγρό αντιδρούν αρχικά με το απολυμαντικό, καθιστώντας το αναποτελεσματικό. Στο Σχήμα 1(β) παρουσιάζεται ουρά ως αποτέλεσμα της προστασίας των μικροοργανισμών που πρόκειται να απολυμανθούν από τα μεγάλα σωματίδια και στο Σχήμα 1(γ) παρατηρείται συνδυασμός της επίδρασης χρονικής υστέρησης και ουράς.

Στις αρχές του 1970, ο Collins διεξήγαγε πειράματα για την απολύμανση διαφόρων αποβλήτων, κάνοντας χρήση αντιδραστήρα διαλείπουσας λειτουργίας, το περιεχόμενο του οποίου ήταν πλήρως αναμεμιγμένο. Ο Collins διαπίστωσε ότι η μείωση των κολοβακτηριδίων κατά τη χλωρίωση μιας πρωτοβάθμιας εκροής, ήταν γραμμική λογαριθμική, χωρίς όμως να λαμβάνεται υπόψη της το φαινόμενο της χρονικής υστέρησης. Μια τροποποίηση της πρότασης Collins εισηγήθηκε ο Selleck [11] και αργότερα ο White [12], της οποίας η μορφή ήταν:

$$\partial_t S = -n \cdot C \cdot b^{-1} \cdot S^{\frac{(n+1)}{n}} \quad (4)$$

Όπου S είναι ο λόγος N_t/N_0 , C η συγκέντρωση του υπολειμματικού χλωρίου, n και b σταθερές που προκύπτουν από τεχνικές στατιστικής επεξεργασίας μετρούμενων τιμών.

Τυπικές τιμές για τους συντελεστές n και b, για δευτεροβάθμια εκροή και για κολοβακτηρίδια γενικής και περιττωματικής προελεύσεως, είναι 2.8 και 0.05 και 2.8 και 0.03, αντίστοιχα. Ωστόσο, εξαιτίας της ποικιλομορφίας της χημικής σύστασης που παρουσιάζουν τα λύματα καθώς και εξαιτίας της διαφοροποίησης της κατανομής μεγέθους των σωματιδίων που εμπεριέχονται σε αυτά, συνίσταται η πειραματική εκτίμηση ανά περίπτωση [1,11].

Η τελευταία σχέση τείνει να χρησιμοποιείται περισσότερο στην περιγραφή της διαδικασίας της χλωρίωσης, και ειδικότερα έχει επικρατήσει για την απολύμανση των αστικών λυμάτων, επειδή αποδίδει με επιτυχία τη μη γραμμικότητα των καμπύλων επιβίωσης και έχει προκύψει από πειραματικές εφαρμογές.

3.2 Κινητική Απομείωσης Χλωρίου

Η κατανάλωση του χλωρίου κατά τη διάρκεια της απολύμανσης των αστικών λυμάτων ακολουθεί δύο στάδια. Αρχικά παρατηρείται ένα γρήγορο στάδιο, που αντιστοιχεί στην άμεση κατανάλωση του προστιθέμενου χλωρίου, ως αποτέλεσμα των αντιδράσεων του με τις απομειούμενες ουσίες που εμπεριέχονται στα λύματα. Στη διάρκεια του δεύτερου βραδύτερου σταδίου, το υπολειμματικό χλώριο μετασχηματίζεται σε ελεύθερο και ενωμένο. Το στάδιο αυτό παρουσιάζει το κυριότερο ενδιαφέρον στην διεργασία της απολύμανσης, καθώς το υπολειμματικό χλώριο είναι διαθέσιμο πλέον να

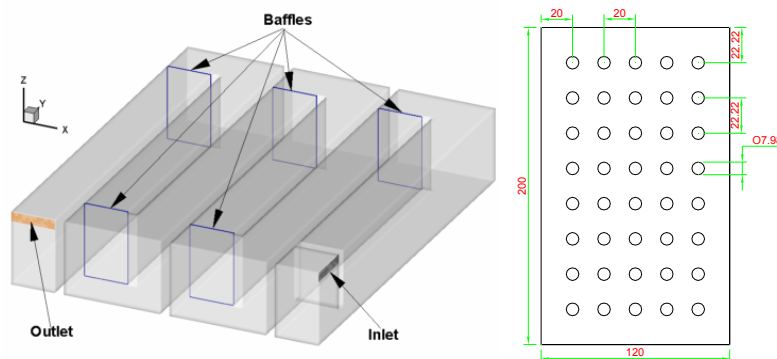
ασκήσει την αντισηπτική του ισχύ. Στη μοντελοποίηση της κατανάλωσης του χλωρίου, λαμβάνεται υπόψη συνήθως μόνο το δεύτερο στάδιο, το οποίο μπορεί και να μετρηθεί. Τα κλασικά μοντέλα, που συναντώνται στη βιβλιογραφία [13-14], για την περιγραφή των αντιδράσεων του χλωρίου, είναι πρώτης τάξης σε σχέση με τη συγκέντρωση του χλωρίου. Αργότερα προτάθηκαν ορισμένες πιο σύνθετες εκφράσεις της απομείωσης του χλωρίου με βάση την κινητική πρώτης τάξης, όπως η κινητική n-οστής τάξης, που δηλώνει πως η ταχύτητα της αντίδρασης είναι ανάλογη της n-οστής συγκέντρωσης του χλωρίου: $\partial_t C = -k \cdot C^n$ (5), όπου n η τάξη της αντίδρασης. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το μοντέλο παράλληλης πρώτης τάξης, το οποίο αρχικά παρήχθη από τους Gang et al. [15,16] και υποθέτει δύο συστατικά στην αντίδραση, καθένα από τα οποία απομειώνεται ακολουθώντας μια κινητική πρώτης τάξης. Πιο αναλυτικά, ένα κλάσμα x της αρχικής συγκέντρωσης του χλωρίου, απομειώνεται εκθετικά με ένα ρυθμό kR, ενώ η εναπομείνουσα ποσότητα (1-x) απομειώνεται επίσης εκθετικά αλλά με ένα διαφορετικό ρυθμό kS. Ένας τέτοιος νόμος προϋποθέτει ότι η ταχύτητα της αντίδρασης είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του αντιδρώντος και άρα η συγκέντρωση του χλωρίου απομειώνεται εκθετικά ως προς το χρόνο, σύμφωνα με την έκφραση:

$$\partial_t C = -[x k_R + (1-x) k_S] \cdot C \quad (6).$$

Για τις ανάγκες της παραμετρικής μελέτης χρησιμοποιείται ένα ζεύγος κινητικών χλωρίου και μικροοργανισμών με ευρύτατη αναγνώριση στην βιβλιογραφία. Το πρώτο ζεύγος χρησιμοποιεί παράλληλη κινητική 1ης τάξης για το χλώριο και το μοντέλο Collins-Selleck για τους παθογόνους οργανισμούς. Το κλάσμα αρχικής συγκέντρωσης για την γρήγορη απομείωση του χλωρίου είναι 0.1.

4. ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Η γεωμετρία που μελετάται, δίνεται στο Σχήμα 2, και αποτελεί τμήμα υφιστάμενης και λειτουργούσας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων. Οι δεξαμενή χλωρίωσης αποτελείται από έναν θάλαμο προανάμιξης των λυμάτων, από όπου προστίθεται το απολυμαντικό μέσο. Η προανάμιξη τροφοδοτείται με ανυψούμενο θυρόφραγμα χειρός και επικοινωνεί με την υπόλοιπη κατασκευή μέσω μιας διέλευσης υποχειλίσσης.



Σχήμα 5 Γεωμετρία υπολογιστικού πεδίου (αριστερά) και σκαρίφημα διαφράγματος (δεξιά) 40 οπών με κάλυψη επιφανείας 10%

Η διατομή της υποχειλίσσης είναι 1.2m x 0.5m, ενώ το μέσο ενεργό βάθος των διαδρόμων 2m. Το πλάτος των μαϊνάνδρων είναι 1.2m ενώ το μέσο συνολικό μήκος διαδρομής των λυμάτων είναι περίπου 66m. Τα λύματα παροχετεύονται στην δεξαμενή με σταθερό ρυθμό 80 lt/s και ο μέσος χρόνος παραμονής στην διάταξη είναι περίπου

32min. Η έξοδος των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται από διάφραγμα ίδιας επιφάνειας με αυτό της εισόδου. Το μικροβιακό φορτίο εισέρχεται στο υπολογιστικό πεδίο μαζί με τα λύματα (νερό). Η συγκέντρωση τους είναι σταθερή και ίση με 10^{11} οργανισμοί/μ³. Το χλώριο προστίθεται αφού τα λύματα εισέλθουν στον χώρο προανάμιξης.

Η παροχή είναι επίσης σταθερή και ίση με 5gr/m³. Στο υποχωρίο προανάμιξης επιτυγχάνεται ικανοποιητική μίξη των λυμάτων με το απολυμαντικό μέσο, έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή καταστροφή των παθογόνων οργανισμών κατά την διέλευση τους από τους διαδρόμους της δεξαμενής. Στην αρχή κάθε διαδρόμου έχουν τοποθετηθεί μεταλλικά διαφράγματα (Σχ. 2 δεξιά) με οπές μέσα από τις οποίες γίνεται η διέλευση των λυμάτων και του απολυμαντικού μέσου. Στην παραμετρική μελέτη που διεξάγεται, χρησιμοποιούνται διαφράγματα με οπές, που η συνολική τους επιφάνεια αντιστοιχεί σε 6 περιπτώσεις από 5% έως 10% της διατομής του καναλιού και τα αποτελέσματα της συγκρίνονται με αντίστοιχα από δεξαμενή ελεύθερης διέλευσης.

5. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ

Οι χρονικά μέσες Navier-Stokes εξισώσεις σε γενική μορφή είναι [17]:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho U_i \Phi) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\Gamma_\Phi \frac{\partial \Phi}{\partial x_i} \right) + S^\Phi \quad (7)$$

όπου U_i , είναι οι συνιστώσες της ταχύτητας στην κατεύθυνση x_i , και η εξαρτημένη μεταβλητή Φ αντιπροσωπεύει τις συνιστώσες ταχύτητας, την κινητική ενέργεια k , την σκέδαση ϵ της τύρβης, την συγκέντρωση του απολυμαντικού μέσου C (χλώριο) και την συγκέντρωση των μικροβιακού φορτίου N . Επίσης, ρ είναι η πυκνότητα του ρευστού, Γ_Φ ο συντελεστής διάχυσης των τιμών του Φ και S^Φ είναι ο όρος πηγής ή καταβόθρας για κάθε εξίσωση των Φ . Η πτώση πίεσης σε κάθε διάφραγμα προκύπτει από την ακόλουθη σχέση: [16]

$$\Delta P = \frac{\rho}{2} \left(\frac{A}{C n \alpha} \right)^2 U^2 \quad (8)$$

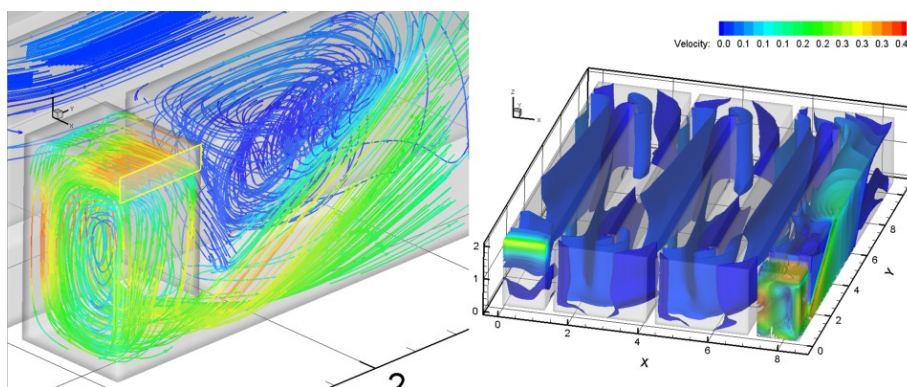
όπου A η διατομή του καναλιού διέλευσης, α η επιφάνεια οπής, n ο αριθμός των οπών, C ο συντελεστής venna contracta και U η ταχύτητα του ρευστού πριν το διάφραγμα.

5.1 Υπολογιστικές Λεπτομέρειες

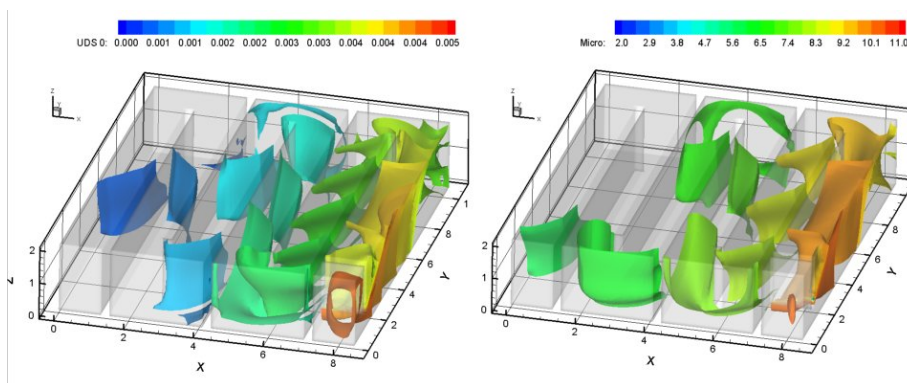
Οι εξισώσεις που αντιστοιχούν στην (7) επιλύονται με την μέθοδο των πεπερασμένων όγκων χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο SIMPLEC [17]. Η διακριτοποίηση των όρων συναγωγής στις εξισώσεις μεταφοράς ορμής, τύρβης και συγκεντρώσεων γίνεται με σχήμα τρίτης τάξης TVD Roe-Sweby [18]. Οι εξισώσεις των συγκεντρώσεων επιλύονται εφόσον είναι γνωστά τα πεδία ταχυτήτων, της πίεσης και των μεγεθών της τύρβης, χωρίς να προκαλούν μεταβολές στις εξισώσεις κίνησης και στην αντίστοιχη της συνέχειας. Αυτό συμβαίνει λόγω της εξαιρετικά μικρής μάζας του απολυμαντικού μέσου και του μικροβιακού φορτίου σε σχέση με τα λύματα (<0,01%), που δεν προκαλούν προβλήματα στην ικανοποίηση στη συνέχεια της μάζας. Για τις προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκε ένα δομημένο πλέγμα 150.000 εξαεδρικών κελιών που αποτελείται από 17 τμήματα (Blocks). Η ελεύθερη επιφάνεια των λυμάτων προσεγγίζεται με συνοριακή συνθήκη συμμετρίας και τα διαφράγματα με πορώδεις επιφάνειες, των οποίων οι συντελεστές τους αντιστοιχούν στο ποσοστό επιφάνειας των οπών προκαλώντας την αντίστοιχη πτώση πίεσης όπως εκφράζεται από την (8).

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ενδεικτικά αποτελέσματα της δράσης του χλωρίου σε δεξαμενή χλωρίωσης ελεύθερης διέλευσης παρουσιάζονται στα Σχήματα 3 και 4. Στα Σχήμα 3 (αριστερά) καταγράφονται οι 3D γραμμές ροής κατά την είσοδο των λυμάτων στο χώρο ανάμιξης της δεξαμενής και το πεδίο του μέτρου ταχύτητας (δεξιά) σε ισοεπιφάνειες (isosurfaces) στην δεξαμενή. Στο χώρο αυτό σημειώνεται ισχυρή ανακυκλοφορία του ρευστού και συγχρόνως γίνεται και έγχυση του απολυμαντικού μέσου. Το αναμειγμένο ρευστό μέσω της υποχειλίσσης εισέρχεται στον πρώτο διάδρομο της δεξαμενής, όπου παρατηρούνται ισχυρά τρισδιάστατα φαινόμενα. Παράλληλα, εντοπίζεται μια μεγάλη ανακυκλοφορία στο άνω αρχικό τμήμα του πρώτου διαδρόμου, ενώ η ροή στα πρώτα 3 διαμερίσματα δεν εμφανίζει τρισδιάστατη ομοιογένεια. Η ανομοιογενής συμπεριφορά είναι εντονότερη στον πρώτο διάδρομο και βαίνει μειούμενη μέχρι και τον τρίτο.



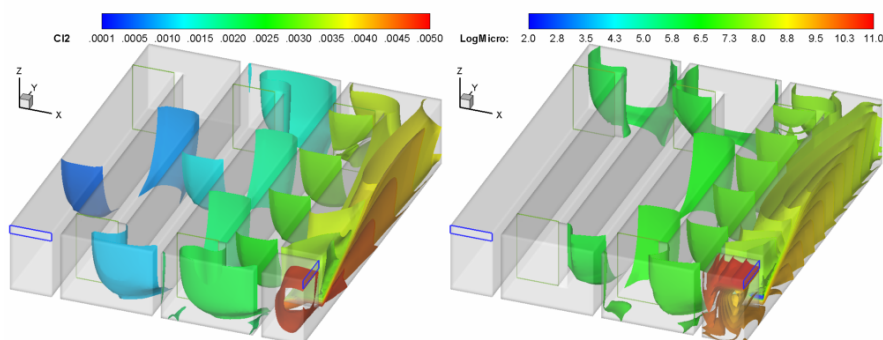
Σχήμα 6 3D γραμμές ροής στην προανάμιξη των λυμάτων και κατανομές ταχυτήτων για την δεξαμενή ελεύθερης διέλευσης



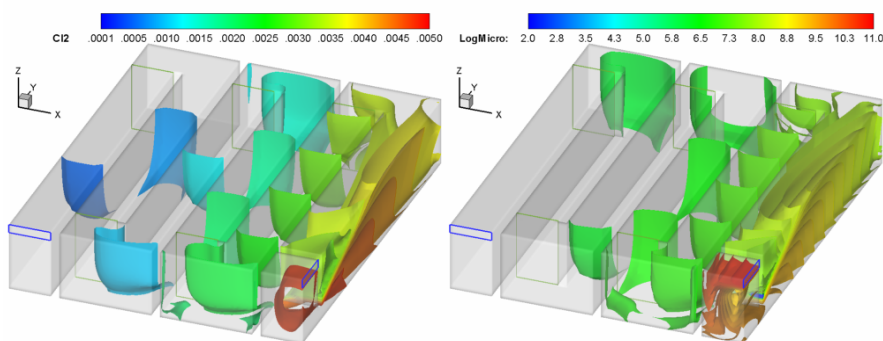
Σχήμα 7 3D κατανομές απολυμαντικού μέσου και των μικροοργανισμών για την δεξαμενή ελεύθερης διέλευσης

Στα Σχήματα 4 και 5 παρουσιάζονται οι κατανομές συγκεντρώσεων χλωρίου και παθογόνων μικροοργανισμών σε δεξαμενές με διαφράγματα που εμφανίζουν επιφάνεια οπών 5% και 7%, αντίστοιχα. Στο χώρο ανάμιξης εμφανίζεται η μεγαλύτερη κατανάλωση του απολυμαντικού μέσου λόγω της ισχυρής ανακυκλοφορίας. Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις χλωρίου σημειώνονται στα πρώτα 3 διαμερίσματα της δεξαμενής, ενώ ο ρυθμός απομείωσης του ελαττώνεται προοδευτικά κατά μήκος της διαδρομής. Η πτώση του ρυθμού αυτού γίνεται εντονότερη στις καμπές της διαδρομής

(στροφές) κατά τις οποίες εμφανίζονται ανακυκλοφορίες που παγιδεύουν ποσότητες ρευστού με ταχύτητα μικρότερη από την μέση επικρατούσα ταχύτητα. Στα τελευταία διαμερίσματα ο ρυθμός απομείωσης εκφυλίζεται μέχρι να μηδενιστεί εντελώς. Η ποσότητα χλωρίου στο τελευταίο χωρίο σχεδόν εξαντλείται. Η απομείωση του χλωρίου δεν ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή στο ύψος της δεξαμενής. Είναι ταχύτερη κοντά στην ελεύθερη επιφάνεια και βραδύτερη στον πυθμένα, λόγω των χαμηλότερων εκεί ταχυτήτων. Αυτή η συμπεριφορά ενισχύει την αναγκαιότητα για 3Δ αντιμετώπιση του προβλήματος καθώς, η 2Δ θεώρηση αδυνατεί να προβλέψει την καθ' ύψος διαστρωμάτωση της ροής.



Σχήμα 8 Κατανομές χλωρίου και μικροοργανισμών με διαφράγματα επιφάνειας 5%



Σχήμα 9 Κατανομές χλωρίου και μικροοργανισμών με διαφράγματα επιφάνειας 7%

Η αρχική συγκέντρωση μικροοργανισμών υφίσταται ισχυρή απομείωση στο χωρίο ανάμιξης λόγω της ισχυρής παρουσίας χλωρίου και της έντονης ανάμιξης. Η πτώση της συγκέντρωσης των παθογόνων μικροοργανισμών γίνεται με μηχανισμό όμοιο με αυτόν που περιγράφηκε στην περίπτωση του χλωρίου. Η πτώση του ρυθμού απομείωσης σημειώνεται στα σημεία που η ροή επιβραδύνεται, ενώ η απομείωση πραγματοποιείται ταχύτερα κοντά στην ελεύθερη επιφάνεια από ότι στον πυθμένα. Στον πίνακα που ακολουθεί, δίνονται στοιχεία σχετικά με τις μέσες συγκεντρώσεις απολυμαντικού μέσου και μικροοργανισμών που καταγράφονται στην έξοδο της κάθε δεξαμενής. Το μεγαλύτερο μέρος της απομείωσης συντελείται στα πρώτα 3 διαμερίσματα των δεξαμενών, και κυρίως στον πρώτο διάδρομο μετά το χωρίο ανάμιξης. Στον Πίνακα 1 συνοψίζονται οι μέσες συγκεντρώσεις απολυμαντικού και μικροοργανισμών στην έξοδο της δεξαμενής για κάθε περίπτωση, σε σύγκριση με αυτές της δεξαμενής ελεύθερης διέλευσης.

Πίνακας 8 Μέσες τιμές συγκεντρώσεων χλωρίου & μικροοργανισμών στην εκροή των δεξαμενών

Ποσοστό Επιφανείας Οπών [%]	Συντελεστής ΔΡ ανά Διάφραγμα [Pa/m]	Μέση Συγκέντρωση Απολυμαντικού [mg/l]	Μέση Συγκέντρωση Μικροοργανισμών [org./100 ml]
0	0	0.4711	110.174
5	12500	0.4676	96.438
6	8680	0.4674	95.794
7	6377	0.4675	95.402
8	4883	0.4676	95.164
9	3858	0.4677	95.021
10	3125	0.4679	94.919

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι η τοποθέτηση διαφραγμάτων επιφέρει βελτίωση της απόδοσης της διεργασίας απολύμανσης κατά 12.5% έως 14% σε σχέση με την απλή αντιμετώπιση. Το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, επιτυγχάνεται με την χρήση διαφράγματος που προκαλεί την μικρότερη πτώση πίεσης και εμφανίζει την μεγαλύτερη επιφάνεια διέλευσης ρευστού. Αντίθετα, το διάφραγμα με την μικρότερη επιφάνεια διέλευσης και την μεγαλύτερη πτώση πίεσης επιτυγχάνει απόδοση μικρότερη κατά 1.5% από την βέλτιστη περίπτωση και αρκετά καλύτερη από την απλούστερη περίπτωση. Η βελτιωμένη απόδοση που παρουσιάζουν οι δεξαμενές με διαφράγματα οφείλεται στους μηχανισμούς μείωσης της τύρβης και της διασποράς στην εγκάρσια διεύθυνση της ροής και στην καλύτερη αξιοποίηση του απολυμαντικού μέσου στα πρώτα τρία διαμερίσματα.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αναπτύχθηκε ένα μοντέλο υπολογιστικής ρευστοδυναμικής για την προσομοίωση 3D τυρβώδους ροής και της διαλυτικής δράσης των χημικών ουσιών εξουδετέρωσης του μικροβιακού φορτίου σε τυπική δεξαμενή καθαρισμού αστικών λυμάτων. Επιλύθηκαν οι χρονικά μέσες εξισώσεις Navier-Stokes, με χρήση του μοντέλου τύρβης k-ε, λαμβάνοντας υπόψη και την υδροστατική φύση της ροής, μαζί με τις βαθμωτές εξισώσεις μεταφοράς για την χλωρίωση και την απομείωση του μικροβιακού φορτίου. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν την χρησιμότητα της υπολογιστικής ρευστοδυναμικής στην κατανόηση και σχεδιασμό δεξαμενών χλωρίωσης και εξάγουν συμπεράσματα για την απόδοση βασικών τύπων δεξαμενών με την χρήση ή μη διαφραγμάτων οπής διέλευσης ρευστού. Συγκεκριμένα, η χρησιμοποίηση απλών διαφραγμάτων οπής επιφέρει σημαντική βελτίωση κατά την απολύμανση των παθογόνων μικροοργανισμών συγκριτικά με το κόστος κατασκευής και εγκατάστασης σε υφιστάμενες δεξαμενές.

Η αύξηση του ποσοστού κάλυψης της επιφάνειας με οπές πάνω από 8% επιφέρει ασήμαντη μεταβολή στη μέση συγκέντρωση απολυμαντικού και μικροοργανισμών στην έξοδο. Παρόλα αυτά, η μελλοντική διεξαγωγή παραμετρικής μελέτης για τον προσδιορισμό του βέλτιστου ποσοστού επιφάνειας οπών, όπως και η αντικατάσταση των διαφραγμάτων με πλέγμα παραμένει ανοικτό προς διερεύνηση αντικείμενο μελέτης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Metcalf & Eddy Inc., 'Wastewater Engineering – Treatment and Reuse', Revised by Tchobanoglous G., Burton F.I. & Stensel H.D., McGraw Hill Intl Editions, 4th Edition, 2003
2. Rodi W., 1980, Turbulence Models and their Application in Hydraulics - A State of the Art Review, Proceedings of the IAHR-Section on Fundamentals of Division 11 Experimental and Mathematical Fluid Dynamics, Delft, Netherlands
3. Ives K.J., 1995, The inside story of water-treatment processes, Journal of Environmental Engineering, ASCE 121(12), 846-849
4. Hart F.L and Vogiatzis Z., 1982, Performance of Modified Chlorine Contact Chamber, Journal of the Environmental Engineering Division, 108 (3), 549-561
5. Falconer, R.A. and Liu, S.Q., 1988, Modelling Solute Transport Using QUICK Scheme, ASCE Journal of Environmental Engineering, 114, 3-20
6. Falconer, R.A. and Ismail, A.I., 1997, Numerical modelling of tracer transport in a contact tank, Environment International, 23 (6), 763-773
7. Wang H. and Falconer, R.A., 1998, Simulating disinfection processes in chlorine contact tanks using various turbulence models and high-order accurate difference schemes, Water Environment Research, 32 (5), 1529-1543
8. Wang H. and Falconer, R.A., 1998, Numerical modelling of flow in chlorine disinfection tank, Journal of Hydraulic Engineering, 9, 918-931
9. Chick, H., 1908, An investigation of the laws of disinfection, Journal of Hygiene, 8, 92-158
10. Watson, H.E., 1908, A Note on the variation of the rate of disinfection with change in the concentration of the disinfection, Journal of Hygiene, 8, 536-542
11. Selleck, R.E., Saunier, B.M. and Collins, H.F., 1978, Kinetics of bacterial deactivation with chlorine, Journal of Environmental Engineering, 104, 1197-1212
12. White, G.C. 1992. The handbook of chlorination and alternative disinfectants, 3rd Ed., p. 290-478. Van Nostrand Reinhold, New York.
13. Prokop, A. and Humphrey A. E., 1970, Kinetics of Disinfection', Benarde, Melvin A., 61-83
14. Hom, L.W. 1972. Kinetics of chlorine disinfection in an ecosystem. ASCE J. Sanit. Eng. Div., 98, 183-193
15. Gang D.D., J.R. Segar, T.E., Clevenger and S.K. Banerji, 2002, 'Using chlorine demand to predict TTHM and HAA9 formation', Journal of American Water Works Association, 94 (10), 76-86
16. White, G. C., 1999, Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants, 4th ed., Wiley New York.
17. Roe P.L., 1981, Approximate Riemann solvers, parameter vectors and difference schemes, Journal of Computational Physics, 43, 357-372
18. Van Doormaal, J.P. and Raithby, G.D., 1984, Enhancements of the SIMPLE method for predicting incompressible fluid flows, Numerical Heat Transfer, 7, 147-63