

## Οζον:

### Ένας σοβαρός φυτοτοξικός ρύπος που αφορά και τη χώρα μας

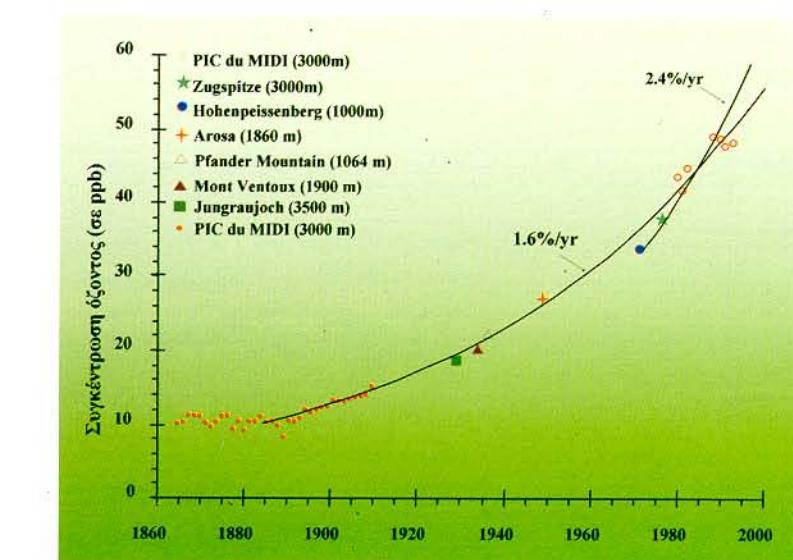
Κωνσταντίνος Σαϊτάνης  
Λέκτορας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής

*"To the philosopher, the physician, the meteorologist, and the chemist, there is perhaps no subject more attractive than that of ozone"*

Fox, 1873.

Το τροποσφαιρικό οζόν (O<sub>3</sub>) είναι ένας δευτερογενής αέριος ρύπος ο οποίος προκύπτει από μια σειρά πολυάριθμων φωτοχημικών αντιδράσεων μεταξύ των λεγόμενων πρωτογενών ρύπων, οξειδίων του αζώτου και υδρογονανθράκων, κάτω από την επίδραση ηλιακής ακτινοβολίας.

Ιστορικά, ήδη από το 1840, ο Schönbein είχε προτείνει την ύπαρξη κάποιου συστατικού της ατμόσφαιρας, το οποίο είχε χαρακτηριστική οσμή και εμφανίζοταν σε σημαντικά επίπεδα όταν και όπου συνέβαιναν κεραυνοί. Στο νέο αυτό στοιχείο έδωσε το όνομα οζόν που προέρχεται από το Ελληνικό ρήμα “όζω” που σημαίνει “αναδίδω οσμή”. Από το 1850 και μετά, το τροποσφαιρικό οζόν άρχισε να μετρέται εργαστηριακά, με χημικές μεθόδους, σε πάνω από 300 σταθμούς στην Ευρώπη και την Αμερική. Τέτοια ιστορικά δεδομένα δείχνουν ότι στα τέλη του 19ου αιώνα τα επίπεδά του οζοντος βαίνουν αυξανόμενα με ένα ρυθμό της τάξεως του 0,5-2% ετησίως (Marenco et al., 1994; Guicherit and Roemer, 2000) (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Διαχρονική τάση (1870-1990) των συγκεντρώσεων του οζοντος σε όρη της Ευρώπης. [Αναπαραγωγή από Marenco et al., 1994]

Οζοντος βαίνουν αυξανόμενα με ένα ρυθμό της τάξεως του 0,5-2% ετησίως (Marenco et al., 1994; Guicherit and Roemer, 2000) (Εικόνα 1).

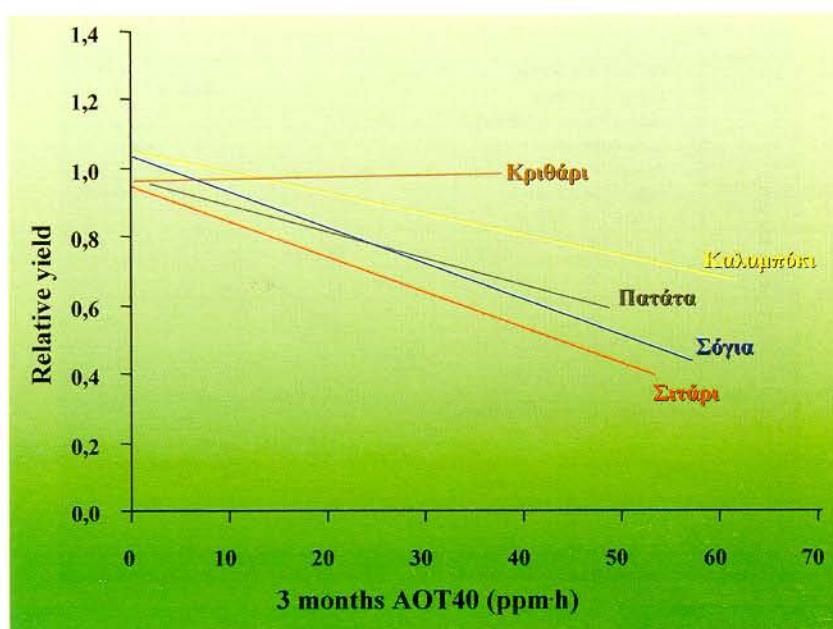
Τις τελευταίες δεκαετίες το οζόν θεωρείται ως ο πλέον διαδεδομένος φυτοτοξικός ρύπος. Ήδη από το 1958 ο Richards και οι συνεργάτες του έδειξαν ότι το οζόν ήταν το συστατικό του “νέφους” το οποίο προκάλεσε εκτεταμένη φυλλική ζημιά σε αμπέλια της Καλιφόρνιας. Δέκα χρόνια αργότερα οι Heggestad και Middleton (1959) ανακοίνωσαν σοβαρή ζημιά σε καπνοφυτείς των ΗΠΑ. Σήμερα πλέον γνωρίζουμε ότι

η ασθένεια καπνού που λέγεται “κηλίδες καιρού” δεν είναι άλλο παρά συμπτώματα φυτοτοξικότητας οζοντος.

Τόσο στην Αμερική όσο και στην Ευρώπη έχουν χρηματοδοτηθεί, με τεράστια κονδύλια, πολυετή ερευνητικά προγράμματα που αποσκοπούσαν στη μελέτη της φυτοτοξικότητας του οζοντος από διαφορετικές πλευρές συμπεριλαμβανομένων: του μηχανισμού δράσης του οζοντος, των τρόπων αντίδρασης των φυτών, του γενετικού υποβάθρου της εναισθησίας των φυτών στο οζόν, της σχετικής εναισθησίας των καλ-

Πίνακας 1. Λίστα καλλιεργούμενων φυτών στα οποία έχουν παρατηρηθεί συμπτώματα τροποσφαιρικού όζοντος στην Ευρώπη  
(The 1999 - 2000 Annual Report of the ICP Vegetation Project)

Φασόλι	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Μαρούλι	<i>Lactuca sativa</i>
Τριφύλλι	<i>Trifolium repens</i>	Πεπονιά	<i>Cucumis melo</i>
Καλαμπόκι	<i>Zea mays</i>	Κρεμμύδι	<i>Allium cepa</i>
Αμπέλι	<i>Vitis vinifera</i>	Μαΐντανός	<i>Petroselinum sativum</i>
Φιστίκι	<i>Arachis hypogaea</i>	Πιπεριά	<i>Capiscum annuum</i>
Πατάτα	<i>Solanum tuberosum</i>	Ραπάνι	<i>Raphanus sativus</i>
Σόγια	<i>Glycine maxima</i>	Παντζάρι	<i>Beta vulgaris</i>
Καπνός	<i>Nicotiana tabacum</i>	Σπανάκι	<i>Spinacea oleracea</i>
Σιτάρι	<i>Triticum aestivum</i>	Τομάτα	<i>Lycopersicon esculentum</i>
	<i>Triticum durum</i>	Καρπούζι	<i>Citrullus lanatus</i>



Εικόνα 2. Η σχετική απόδοση του σίτου, της πατάτας, της σόγιας και του καλαμποκιού ως συνάρτηση των συσσωρεύσεων των υπερβάσεων του όζοντος πάνω από το επίπεδο των 40 ppb

λιεργούμενων ποικιλιών και της εκτίμησης της οικονομικής ζημιάς στη γεωργική πράξη. Στα πλαίσια τέτοιων ερευνών έχουν διαπιστωθεί συμπτώματα σε διάφορες ποικιλίες καλλιεργούμενων ειδών και έχουν κατά καιρούς δημοσιευτεί λίστες με ευαίσθητα, λιγότερο ευαίσθητα και ανθεκτικά είδη και ποικιλίες (Πίνακας 1). Μελετήθηκαν επίσης και δασικά είδη, μερικά από τα οποία, όπως το πεύκο, βρέθηκαν να επηρεάζονται από το όζον. Υπάρχουν δε δεδομένα που δείχνουν ότι το όζον είναι ένας από τους

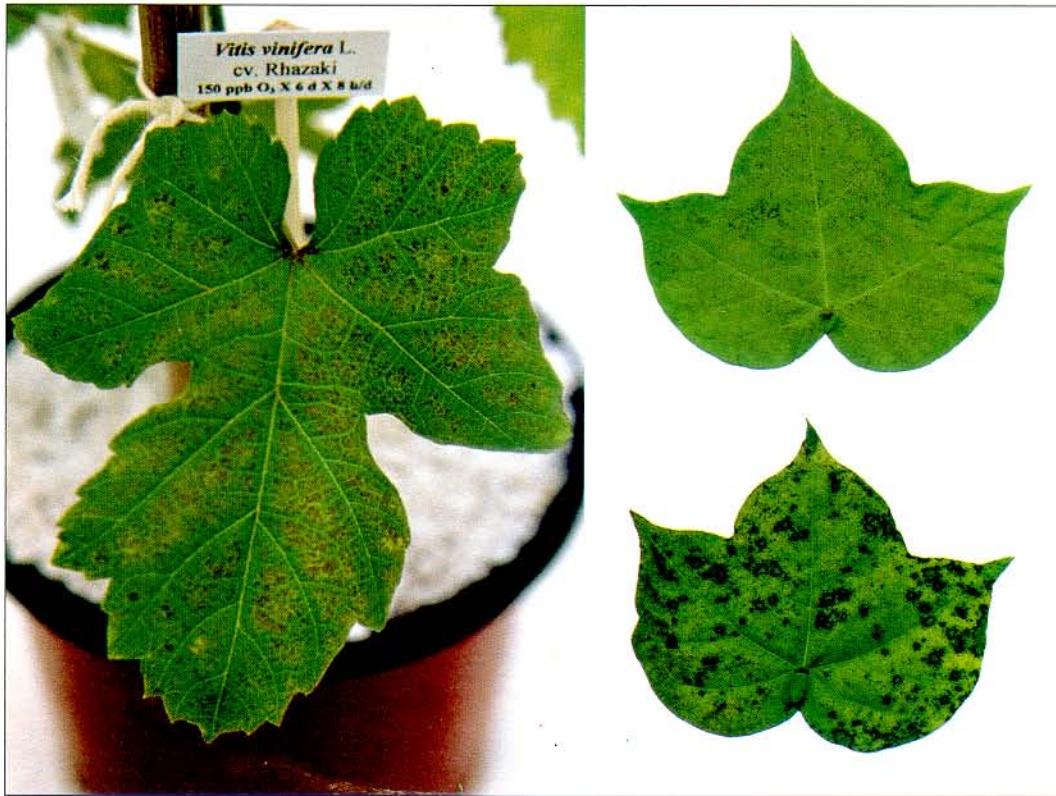
παράγοντες που ευθύνονται για το λεγόμενο φαινόμενο της “παρακμής των δασών” (forest decline).

Από πολυπληθείς έρευνες στα πλαίσια των παραπάνω προγραμμάτων έχει υπολογιστεί, για κάποια είδη, η απώλεια στην παραγωγή εξ αιτίας των επικρατούντων επιπέδων όζοντος. Έχει υπολογιστεί για παράδειγμα ότι μια μείωση του όζοντος στο περιβάλλον κατά 25% θα απέφερε ένα όφελος στην Αμερική πάνω από 1-2 δις. δολάρια (Murphy et

al., 1999). Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο έχει υπολογιστεί η μείωση της παραγωγής για το σιτάρι, την πατάτα, τη σόγια και το καλαμπόκι ως γραμμική συνάρτηση του δείκτη AOT40 (των υπερβάσεων του όζοντος πάνω από το επίπεδο των 40 ppb) (Εικόνα 2). Υπολογίζεται ότι η απώλεια παραγωγής για το σιτάρι και τη σίκαλη, εξαιτίας της ανθρωπογενούς αύξησης του όζοντος του περιβάλλοντος ανέρχεται σε περίπου 2288 εκατομμύρια δολάρια ετησίως (Semenov et al., 1999). Έχουν επίσης αναφερθεί μεγάλες απώλειες στην παραγωγή καρπουζιού και καλαμποκιού στην Ισπανία και στην Ιταλία αντίστοιχα.

Τα συμπτώματα που προκαλεί το όζον στα φυτά διαφέρουν από είδος σε είδος. Στο αμπέλι (Εικόνα 3), για παράδειγμα, τα φύλλα αναπτύσσουν ένα κοκκινωπό μεταχρωματισμό που πολλάκις, κυρίως σε πιο οξείες καταστάσεις, συνοδεύεται από έντονα σκούρες κηλίδες. Στον καπνό (Εικόνα 4) τα συμπτώματα είναι σαφώς οριοθετημένες νεκρωτικές κηλίδες, οι οποίες είναι αρχικά υδαρείς, στη συνέχεια (μετά 2-4 μέρες) γίνονται καφέχρωμες και σταδιακά (6-7 ημέρες) εξελίσσονται σε λευκές. Απαντούν στα κατώτερα πλήρως εκπτυχθέντα φύλλα, είναι κυρίως παρανεύριες, κατά κανόνα στην πάνω επιφάνεια των φύλλων ενώ σε περιπτώσεις σοβαρής ζημιάς

Όξον: Ένας σοβαρός φυτοτοξικός ρύπος που αφορά και τη χώρα μας



Εικόνα 3. Συμπτώματα όζοντος σε φύλλο της ποικιλίας αμπελιού Ραζακί και σε φύλλα βαμβακιού μετά από έκθεση σε όζον σε θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών.

είναι αμφίπλευρες. Στο φασόλι και το βαμβάκι τα συμπτώματα είναι μη σαφώς οριοθετημένοι χαλκόχρωι μεταχρωματισμοί που σε περιπτώσεις έντονης ζημιάς συνοδεύονται από σκουρόχρωμες νεκρωτικές κηλίδες. Σε όλες τις περιπτώσεις τα φυτά εμφανίζουν χλωρώσεις, κακεξία, μειωμένη ανάπτυξη, μειωμένη παραγωγή και είναι ευάλωτα σε ασθένειες.

Στις έρευνες που αποσκοπούν στη διακρίβωση της παρουσίας του όζοντος και της φυτοτοξικότητας των επιπέδων του σε μια περιοχή, εφαρμόζονται κυρίως δύο προσεγγίσεις.

Η πρώτη αφορά στην καταγραφή με όργανα των συγκεντρώσεων του όζοντος και την εκτίμηση της φυτοτοξικότητάς τους με βάση τον λεγόμενο δείκτη AOT40 (Accumulated exposure Over a Threshold of 40 ppb). Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται ως το άθροισμα των διαφορών των μέσων αριαίων συγκεντρώσεων (ppb) του όζοντος

και του κατωφλίου των 40 ppb, για τις ώρες που υπάρχει επαρκής για τη φωτοσύνθεση ηλιοφάνεια. Η χρονική βάση για τον υπολογισμό του AOT40 είναι τρεις μήνες (συνήθως οι μήνες Μάιος, Ιούνιος και Ιούλιος). Ως κρίσιμο όριο AOT40 έχει οριστεί η τιμή 3000 ppb\*h κάτω από οποίο δεν αναμένονται εύκολα ανιχνεύσιμες αρνητικές συνέπειες για τα καλλιεργούμενα φυτά, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν υπάρχουν.

Μια εναλλακτική προσέγγιση είναι η "φυτοανίχνευση" του όζοντος με τη χρήση φυτών βιοδεικτών όπως η ποικιλία καπνού Bel-W3 (*Nicotiana tabacum* L.), η ποικιλία τριφυλλιού Regal (*Trifolium repens*), κ.λπ. Κατάλληλα προετοιμασμένα φυτά βιοδείκτες τοποθετούνται για μια προκαθορισμένη περίοδο στις υπό μελέτη περιοχές και στη συνέχεια αξιολογείται η καταπόνησή τους από το όζον (είτε με εκτίμηση της έκτασης των μακροσκοπικά ορατών συμπτωμάτων στα φύλλα τους, είτε με

υπολογισμό της σχετικής απώλειας σε βιομάζα, κ.λπ.).

Στη χώρα μας οι σχετικές έρευνες είναι εξαιρετικά περιορισμένες. Υπάρχουν έρευνες που αφορούν στις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κυρίως των βαρέων μετάλλων, στα φυτά του αστικού πρασίνου αλλά και μερικές άλλες που αφορούν στις επιπτώσεις των αέριων ρύπων στα πεύκα της Πάρνηθας. Μέχρι πριν λίγα χρόνια δεν υπήρχαν καθόλου δεδομένα που να μας δίνουν μια εικόνα για την παρουσία του όζοντος στην Ελληνική ύπαιθρο και πολύ περισσότερο, από γεωπονική και οικολογική σκοπιά, να συμβάλουν στη γνώση μας για τη φυτοτοξικότητα των επιπέδων του και τις συνέπειές του στα γεωργικά και φυσικά οικοσυστήματα της χώρας μας.

Από τις αρχές της δεκαετίας του '90, με πρωτοβουλία του τότε Διευθυντή του Εργαστηρίου Οικολογίας Καθηγητή Μιχάλη Κα-



Εικόνα 4. Συμπτώματα σε φύλλα των ποικιλιών καπνού Bel-W3 και Ζιχνομυρωδάτα μετά από μια εβδομάδα έκθεσης τους στην περιοχή Μουρτιάς Πηλίου.

ρανδεινού, αρχίσαμε πιλοτικές έρευνες για την εξακρίβωση της φυτοτοξικότητας του όζοντος με τη χρήση φυτών βιοδεικτών στην ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου της Αθήνας. Τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν έδειξαν έντονα συμπτώματα σε όλες τις περιοχές. Περισσότερο έντονα συμπτώματα

παρατηρήθηκαν στην περιοχή της Εκάλης. Τα συμπτώματα παρατηρήθηκαν στα ώριμα φύλλα και σε αυτά τα οποία είχαν φτάσει τουλάχιστον το 85% του τελικού τους μεγέθους (Karandinos and Saitanis, 1992a,b).

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν έρευνες, οι οποίες συνδύαζαν τόσο καταγραφή των συγκεντρώσεων με όργανα όσο και φυτοανίχνευση, σε άλλες περιοχές της χώρας. Για τη φυτοανίχνευση χρησιμοποιήθηκαν κυρίως φυτά της ποικιλίας Bel-W3 (διεθνώς αναγνωρισμένος βιοδείκτης) και της ελληνικής ποικιλίας καπνού Ζιχνομυρωδάτα. Έρευνες του εργαστηρίου μας (Saitanis and Karandinos, 2002) έδειξαν ότι η ποικιλία Ζιχνομυρωδάτα έχει κατώφλι ενασθησίας 60-80 ppb, ελαφρά υψηλότερο από το κατώφλι της Bel-W3. Επίσης τα μακροσκοπικά συμπτώματα διαφέρουν μεταξύ των δύο ποικιλιών (Εικόνα 5). Η χρήση των δύο ποικιλιών ως “ζεύγος βιοδεικτών” είναι ιδιαίτερα χρήσιμη αφενός μεν γιατί η διαφορά στη μορφολογία των



Εικόνα 5. Τυπικά συμπτώματα όζοντος σε φύλλο καπνού της ποικιλίας Bel-W3.

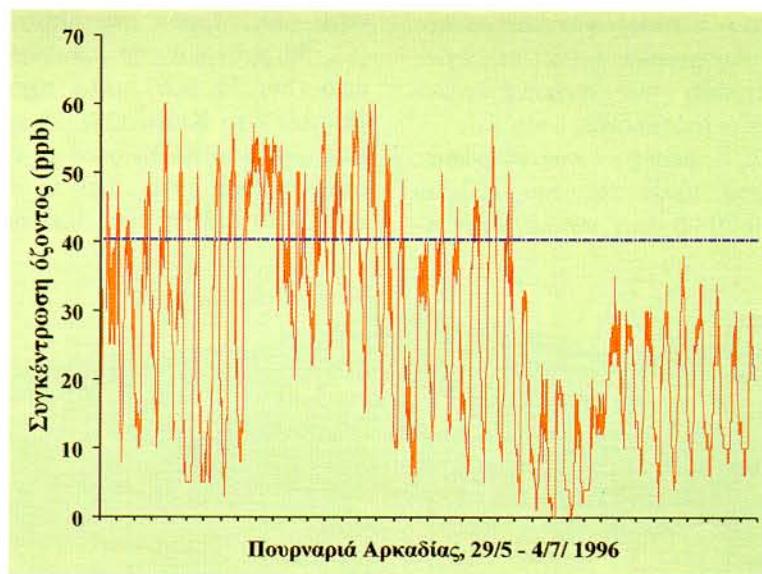
Οζον: Ένας σοβαρός φυτοτοξικός ρύπος που αφορά και τη χώρα μας

συμπτωμάτων αυξάνει τη διαφοροδιαγνωστική τους αξία αφετέρου γιατί η διαφορά στο κατώφλι ευαισθησίας τους, δίκην κλίμακας, μπορεί να δώσει μια πρώτη εικόνα για τα επικρατούντα επίπεδα όζοντος. Τα φυτά βιοδείκτες μέχρι την ημέρα της έκθεσής τους στην ύπαιθρο αναπτύσσονταν σε δαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών με φιλτραρισμένο από ρύπους αέρα. Στο πεδίο τα φυτά παρέμεναν συνήθως για μια ή δύο εβδομάδες οπότε και γινόταν εκτίμηση της έντασης των συμπτωμάτων τους. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών, τα οποία παρουσιάζονται συνοπτικά στη συνέχεια, δίνουν μια προκαταρκτική εικόνα για τα επίπεδα και τη φυτοτοξικότητά του όζοντος στη χώρα μας.

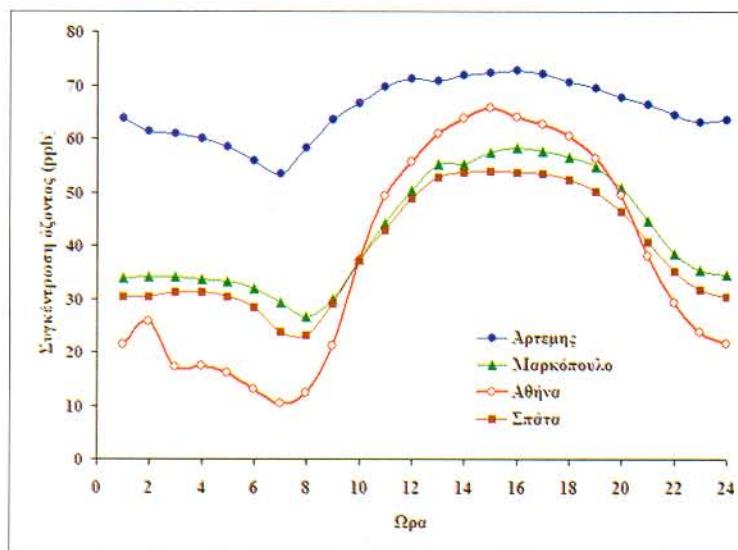
Μια πρώτη καταγραφή με φυτά βιοδείκτες σε 14 σημεία σε όλη την Ελλάδα, από την Μεσσαρά Κρήτης ως τη Ξάνθη, έδειξε συμπτώματα κυρίως στα φυτά της Bel-W3 στην κεντρική και νότια Ελλάδα (Saitanis and Karandinos, 2001). Καταγραφή των συγκεντρώσεων του όζοντος σε απομακρυσμένη περιοχή της ορεινής Αρκαδίας έδειξε επίπεδα που συχνά υπερβαίναν το κατώφλι των 40 ppb (Εικόνα 6). Η μέγιστη συγκέντρωση που καταγράφηκε ήταν 62 ppb, ενώ τα όρια των 30, 40 και 50 ppb ξεπεράστηκαν 40, 20 και 6% του χρόνου καταγραφής αντίστοιχα.

Συνδυασμένη έρευνα πραγματοποιήθηκε στα Μεσόγεια Αττικής, πέριξ του νέου αεροδρομίου, και συγκεκριμένα στις περιοχές Μαρκόπουλο, Άρτεμις (Λούτσα) και Σπάτα, ένα χρόνο πριν την έναρξη της λειτουργίας του, αλλά και στην Αθήνα, στο χώρο του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (Saitanis *et al.*, 2003). Έντονα συμπτώματα εμφανίστηκαν στα φυτά βιοδείκτες σε όλους τους σταθμούς.

Τα επίπεδα του όζοντος τις μεσημβρινές ώρες ήταν αρκετά πάνω από το όριο των 40 ppb (Εικόνα 7). Διαπιστώθηκαν υψηλές τιμές AOT40 (ppb\*h) όχι μόνο στην Α-



Εικόνα 6. Η ημερήσια καταγραφή των μέσων ωριαίων συγκεντρώσεων  $O_3$  σε απομακρυσμένη περιοχή της ορεινής Αρκαδίας.



Εικόνα 7. Η ημερήσια διακύμανση του όζοντος στις περιοχές Άρτεμις, Μαρκόπουλο, Σπάτα και Αθήνα το καλοκαίρι του 2000.

θήνα (16.679 σε 121 ημέρες), αλλά και στα Σπάτα (16.325 σε 110 ημέρες), στην Άρτεμη (8.093 σε 22 ημέρες) και στο Μαρκόπουλο (18.646 σε 113 ημέρες) δείχνονται δυνητικά σοβαρά φυτοτοξικά επίπεδα όζοντος. Τα φυτά βιοδείκτες έδειξαν έντονα συμπτώματα σε όλες τις περιοχές επιβεβαιώνοντας την παραπάνω εκτίμηση. Εντονότερα συμπτώματα στους βιοδείκτες παρατηρήθηκαν στην Άρτεμη όπου επίσης

τα επίπεδα του όζοντος ήταν υψηλότερα.

Ανάλογη έρευνα πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 2000 στην ευρύτερη περιοχή της Κορινθίας (Saitanis, 2003). Αναπτύχθηκε ένα δίκτυο σταθμών φυτοανίχνευσης του όζοντος σε 14 αγροτικές περιοχές. Σε τρεις από αυτές τις περιοχές, και συγκεκριμένα στο λόφο Μπογδάνι πάνω από τα Λουτρά της Ωραίας Ελένης (υψόμετρο ~300 m), στο

Κιάτο (~5 m) και στο Αστεροσκοπείο Κρυονερίου (~950 m), έγινε καταγραφή των συγκεντρώσεων του όζοντος (Εικόνες 8 και 9).

Οι μέσες συγκεντρώσεις 24ώρου αλλά και του 12ώρου 08:00-20:00 ήταν υψηλές στην Α-

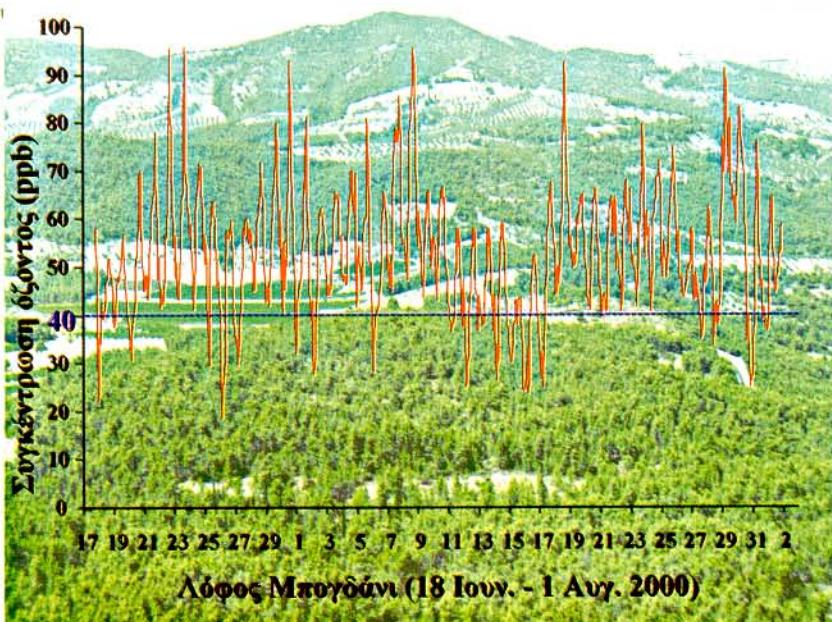
θήνα (37, 51 ppb), στο Μπογδάνι (53, 56 ppb) και στο Αστεροσκοπείο (56, 55 ppb) αλλά σχετικά χαμηλές στο Κιάτο (30, 34 ppb). Εκτός από το Κιάτο όπου οι τιμές ήταν οριακά πάνω από το όριο των 3000 ppb\*h, στις υπόλοιπες

περιοχές οι τιμές AOT40 ήταν αρκετά υψηλές (Πίνακας 2). Αξιοσημείωτη ήταν η διαφορά στην ημερήσια διακύμανση των συγκεντρώσεων του όζοντος μεταξύ των τριών περιοχών της Κορινθίας που διέφεραν ως προς το υψόμετρο (Εικόνα 9 - ένθετη). Στο Αστεροσκοπείο, σε αντίθεση με τις άλλες περιοχές η συγκέντρωση του όζοντος παρέμενε σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου.

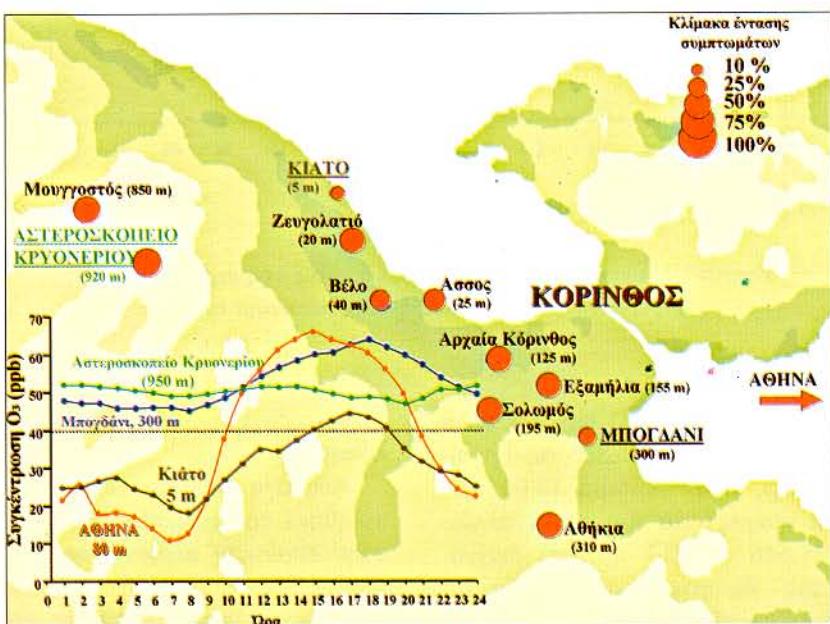
Τα φυτά έδειξαν έντονα συμπτώματα τα οποία διέφεραν από περιοχή σε περιοχή αλλά και από εβδομάδα σε εβδομάδα. Η ένταση των συμπτωμάτων ήταν μεγαλύτερη στο Αστεροσκοπείο Κρυονερίου και μικρότερη στο Κιάτο.

Ένα εκτενές δίκτυο 28 σταθμών φυτοανίγνευσης εγκαταστάθηκε το καλοκαίρι του 2001 στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου και του Πηλίου, μια περιοχή ιδιαίτερου φυσικού κάλους (Saitanis et.al, 2004). Τα φυτά έδειξαν έντονα τα χαρακτηριστικά για κάθε ποικιλία συμπτώματα όζοντος στους περισσότερους σταθμούς (Εικόνα 10). Περισσότερη ζημιά υπέστησαν τα φυτά της ποικιλίας Bel-W3 και λιγότερη τα φυτά της ποικιλίας Ζιγκονυρωδάτα δείχνοντας επίπεδα που ξεπερνούσαν σαφώς τα 40 ppb χωρίς να ξεπερνούν πολύ συχνά το επίπεδο των 80 ppb (Εικόνα 11). Εντονότερα συμπτώματα παρατηρήθηκαν στις περιοχές της ανατολικής πλευράς του Πηλίου (Μουρτιάς, Τσαγκαράδα και Ξενόβρυνη) καθώς και στις περιοχές μεγαλύτερου υψομέτρου (Μακρινίτσα και Χάνια).

Ανάλυση των δεδομένων της ρύπανσης του Βόλου έδειξε ότι οι τιμές του δείκτη AOT40 υπολογίζομενες για τους μήνες Μάιο, Ιούνιο και Ιούλιο, ήταν 11.391 ppb\*h για το έτος 2001 και 10.351 ppb\*h για το έτος 2002. Τα επίπεδα αυτά είναι αρκετά υψηλότερα από τα παραπάνω αναφερθέντα καθορισμένα όρια, φανερώνοντας δυνητικά φυτοτοξικά επίπεδα για τα φυτά του αστικού και περιαστικού πρασίνου της πόλης του Βόλου.



Εικόνα 8. Τυπική απεικόνιση της ωριαίας καταγραφής των συγκεντρώσεων του όζοντος στην αγροτική περιοχή Μπογδάνι Κορινθίας (φόντο).



Εικόνα 9. Το δίκτυο των σταθμών φυτοανίγνευσής του όζοντος στην ευρύτερη περιοχή της Κορινθίας. Στην ένθετη εικόνα φαίνονται τα επίπεδα και η ημερήσια διακύμανση του όζοντος σε τρεις περιοχές της Κορινθίας και στην Αθήνα και ο δείκτης ορατών συμπτωμάτων που παρατηρήθηκαν στα φυτά της Bel-W3 στην κάθε περιοχή.

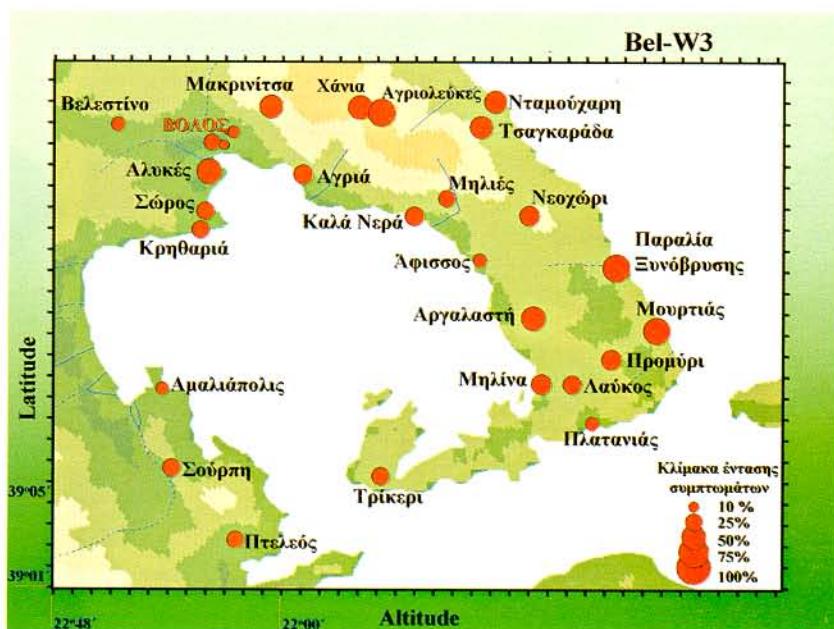
*Οζον: Ένας σοβαρός φυτοτοξικός ρύπος που αφορά και τη χώρα μας*

**Πίνακας 2. Οι τιμές AOT 40 σε τρεις περιοχές της Κορινθίας και στην Αθήνα.**

Περιοχή	Υψόμετρο (m)	Περίοδος (2000)	Ημέρες	AOT40 (ppb*h)	Μέση ημερησία
Αθήνα	50	18/6-31/7	44	8497	193
Μπογδάνι	300	18/6-1/8	45	9532	212
Αστ/πειο Κρυονερίου	920	6/8-28/8	23	4406	192
Κιάτο	5	29/8-21/9	24	1126	47

λου. Επιπλέον ανάλυση των μετεωρολογικών δεδομένων έδειξε ότι επικρατούσαν οι άνεμοι που διευκόλυναν την μεταφορά του οζοντος και των πρωτογενών φωτοχημικών ρύπων από την πόλη του Βόλου προς το Πήλιο.

Πέραν των παραπάνω αποτελεσμάτων που έχουν δημοσιευτεί σε διεθνή περιοδικά και συνέδρια, συμπτώματα οζοντος έχουν διαπιστωθεί και σε άλλες περιοχές της χώρας (Εικόνα 11). Έχουν επίσης παρατηρηθεί πιθανά συμπτώματα οζοντος και σε μια σειρά καλλιεργούμενων ειδών όπως σε αμπέλι, σε καπνό, σε καρπούζι και σε κρεμμύδι αλλά και δασικών ειδών όπως στο πεύκο. Συμπτώματα σε διάφορα καλλιεργούμενα είδη και σε πεύκα στη χώρα μας αλλά και σε άλλες χώρες της Μεσογείου έχουν αναφερθεί και από άλλες ερευνητικές ομάδες (Velissariou et al., 1992; Fumagalli et al., 2001) Ωστόσο, σε αντιδιαστολή με τα συμπτώματα των φυτών βιοδεικτών για τα οποία μπορούμε να αποφαινόμαστε με σχεδόν απόλυτη βεβαιότητα ότι οφείλονται στο οζον, για τα συμπτώματα στα καλλιεργούμενα είδη στην ελληνική ύπαιθρο και τα είδη της φυσικής βλάστησης η τεκμηρίωση των συμπτωμάτων είναι εξαιρετικά δύσκολη. Αυτό γιατί σε αντίθεση με τα φυτά βιοδείκτες τα οποία προετοιμάζονται σε ελεγχόμενες συνθήκες, σε κατάλληλο εδαφικό υπόστρωμα σε γλάστρες και εκτίθενται για σύντομο χρονικό διάστημα σε επιλεγμένες θέσεις, στα είδη που αναπτύσσονται στην ύπαιθρο μπορεί να εμφανιστούν συμπτώματα τα οποία να οφείλονται σε άλλους βιο-



**Εικόνα 10. Το δίκτυο των σταθμών φυτοανίχνευσής του οζοντος στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου και του Πήλιου και ο δείκτης ορατών συμπτωμάτων που παρατηρήθηκαν στα φυτά της Bel-W3 στην κάθε περιοχή.**

τικούς ή αβιοτικούς παράγοντες, τα οποία να προσομοιάζουν με τα συμπτώματα του οζοντος. Για παράδειγμα, αναφέρεται ότι τα συμπτώματα τροφοπενίας καλίου στο τριφύλλι και το βαμβάκι αλλά και τα συμπτώματα τοξικότητας φωσφόρου στον καπνό προσομοιάζουν με αυτά του οζοντος. Κάποιες περιπτώσεις ιώσεων αλλά και νυγμάτων εντόμων μπορούν μερικές φορές εύκολα να ληφθούν εσφαλμένα ως συμπτώματα οζοντος. Το ίδιο ή περισσότερο δύσκολη είναι η αξιολόγηση της ενδεχόμενης οικονομικής ζημιάς λόγω μείωσης των αποδόσεων στην γεωργική πράξη.

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι το οζον αποτελεί και για τη χώρα μας, όπως και για τις άλ-

λες – κυρίως τις Μεσογειακές – χώρες, μια φυτοτοξική απειλή για τα καλλιεργούμενα φυτά και τα φυσικά οικοσυστήματα, τη σοβαρότητα της οποίας δεν έχουμε ακόμα εκτιμήσει επαρκώς. Στους στόχους του Εργαστηρίου μας παραμένει η συνέχιση της έρευνας για την διαπίστωση των επιπέδων και της φυτοτοξικότητας του οζοντος και σε άλλες περιοχές της χώρας, καθώς επίσης η αξιολόγηση της σχετικής ευαισθησίας στο οζον των διαφόρων καλλιεργούμενων ποικιλιών φυτών οικονομικής σημασίας. Τα παραπάνω αποτελέσματα αντανακλούν μέρος μόνο της έρευνας που διεξάγει το εργαστήριό μας σχετικά με τη σημασία των τροποσφαιρικού οζοντος ως φυτοτοξικού ρύπου.



Εικόνα 11. Συμπτώματα σε φυτά της ποικιλίας Bel-W3 μετά από μια εβδομάδα έκθεσής τους στην παραλία της Ξυνόβρυσης Πηλίου (αριστερά) και στο Χαροκόπειο Κορώνης.

#### Βιβλιογραφία

- Fox C.B. 1873. Ozone and antozone. J. and A. Churchill, London. 329 pp.
- Fumagalli, I., Gimeno, B. S., Velissariou, D., De Temmerman, L., and Mills, G. (2001). Evidence of ozone-induced adverse effects on crops in the Mediterranean region. *Atmospheric Environment* 35:2583-2587.
- Guicherit, R., Roemer, M., 2000. Tropospheric ozone trends. *Chemosphere - Global Change Science* 2:167-183.
- Hegstedt H.E. and Middleton J.T. 1959. Ozone in high concentrations as cause of Tobacco leaf injury. *Science*, 129:208-210.
- Karandinos M.G. and Saitanis C. 1992a. Response of Bel-W3 tobacco plants to ozone in several sites of the Greater Athens Region of Greece. p. 194-201. In: "Bioindicators Deteriorisationis Regionis". Ed. J. Bohac. Proc. of the 6<sup>th</sup> International Conference, Ceske Budejovice, Czech Republic, 15-21 Sept. 1991.
- Karandinos M.G. and Saitanis C. 1992b. Ozone effects on Bel-W3 and Greek tobacco varieties in the greater Athens region. Proc. CORESTA International Congress. p. 234-244. Jerez de la Frontera, Spain. 11-16 Oct. 1992.
- Marenco A., Gouget H., Nédélec P., Pagès J-P., and Karcher F. 1994. Evidence of a long-term increase in tropospheric ozone from Pic du Midi data series : Consequences : Positive radiative forcing. *Journal of Geophysical Research – Atmosphere* 99: 16617-16632.
- Murphy, J.J., Belucci, M.A., McCubbin, D.R., Kim, H.J., 1999. The cost of crop damage caused by ozone air pollution from motor vehicles. *J. Environ. Manag.* 55, 273-289.
- Richards B.L. Middleton J.T. and Hewitt W.B. 1958. Air pollution with relation to agronomic crops. V. Oxidant stipule of grape. *Agronomy Journal* 50: 556-561.
- Saitanis C.J. 2003. Background ozone monitoring and phytodetection in the greater rural area of Corinth – Greece. *Chemosphere*, 51(9) 913-923.
- Saitanis C.J. and Karandinos M. 2002. Effects of ozone on tobacco (*Nicotiana tabacum L.*) varieties. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 188:51-58.
- Saitanis C.J. and M.G. Karandinos. 2001. Instrumental recording and biomonitoring of ambient ozone in Greek countryside. *Chemosphere*, 44: 813-821.
- Saitanis C.J., Karandinos M.G., Riga-Karandinos A.N., Lorenzini G. and Vlassi A. 2003. Photochemical air pollutant levels and ozone phytotoxicity in the region of Mesogia-Attica, Greece. *Int. J. Environment and Pollution*, 19(2):197-208.
- Saitanis C.J., Katsaras D.H., Riga-Karandinos A.N., Lekkas D.B. and Arapis G. 2004. Evaluation of ozone Phytotoxicity in the Greater Area of a Typical Mediterranean Small City (Volos) and in the Nearby Forest (Pelion Mt.) - Central Greece. 2004. *Bull. Environ. Contam. Toxic.* (in press).
- Schönbein C.F. 1840. Recherches sur la nature d' l'odeur qui se manifeste dans certaines action chimique. *C.R. Acad. Sci. Paris* 10:706-710.
- Semenov, S.M., Kounina I.M., Koukhta B.A. Tropospheric ozone and plant growth in Europe. Publishing Center "Meteorology and Hydrology", Moscow, 208 p. (1999)
- Velissariou D., Davison A.W., Barnes J.D., Pfirrmann T., MacLean D.C. and Holevas C.D. (1992). Effects of air pollution on *Pinus halepensis* Mill. I. Pollution levels in Attica, Greece. *Atmospheric Environment* 26A(3):373-380

# Περιεχόμενα

<b>Σημείωμα της σύνταξης</b>	
28η Ολυμπιάδα της Αθήνας	
<i>M. Καρανδεινός</i> .....	1
 <b>Εκπαίδευση</b>	
Αποτίμηση του εκπαιδευτικού έργου και των παρεχόμενων υπηρεσιών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών	
<i>E. Ρογδάκης,</i>	
<i>A. Μεντζαφός</i> .....	2
Ο Παράγων Επιδράσεως (Impact Factor) στην κρίση Μελών ΔΕΠ	
<i>A. Σιδερίδης</i> .....	4
 <b>Καινοτομία</b>	
Το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο στην κοινωνία της πληροφορίας και της γνώσης	
<i>N. Στηριμής</i> .....	6
EMBIO -Ένας τεχνοβλαστός του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών	
<i>S. Κίντζιος</i> .....	10
 <b>Περιβάλλον</b>	
Όζον: Ένας σοβαρός φυτοτοξικός ρύπος που αφορά και τη χώρα μας	
<i>K. Σαΐτάνης</i> .....	13
 <b>Αφιέρωμα: Γιάννης Καλοπίσης (1913-2004)</b>	
Γιάννης Καλοπίσης. Από τους τελευταίους της “ηρωικής γενιάς” των γεωπόνων	
<i>A. Καραμάνος</i> .....	21
Ιωάννης Θ. Καλοπίσης (1913-2004)	
<i>K. Κρυπτάς</i> .....	23
Γιάννης Καλοπίσης: Ο γεωπόνος, ο ερευνητής, ο φυσιοδίφης, ο άνθρωπος	
<i>M. Καρανδεινός</i> .....	32
 <b>Ο Γιάννης Καλοπίσης όπως τον γνώρισα</b>	
<i>Θ. Κωνσταντινίδης</i> .....	34
 <b>Ευρωπαϊκές συνεργασίες</b>	
Σεμινάριο Δικτύου HUMANE	
<i>P. Στυλιανού</i> .....	37
 <b>Αξιοποίηση ιστορικών κτηρίων</b>	
Τα Ιστορικά Κτήρια του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Χθες και Σήμερα	
<i>I. Χρονόπουλος</i>	
<i>A. Παρασκευοπούλου</i> .....	38
 <b>Πληροφορική</b>	
Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών για την Ανάπτυξη της Γεωργίας, την Προστασία του Περιβάλλοντος και τη Βελτίωση της Ποιότητας των Τροφίμων	
	50
 <b>Ελληνική Γεωργική Ακαδημία</b>	
Ιδρυτές, μέλη και οργάνωση	
	51
 <b>Επικαιρότητα</b>	
Τα νέα του Πανεπιστημίου 1.11.2003 - 30.4.2004	
<i>A. Κούτρου-Ανγούλά</i> .....	52
 <b>Ελληνικό τοπίο</b>	
Η άγνωστη πλευρά της λίμνης Πρέσπας	
<i>G. Βελάγκος</i> .....	61
 <b>Δημόσιοι κήποι</b>	
Η επόμενη μέρα: “πράσινο”	
<i>E. Βάθης</i> .....	63

## ΤΡΙΠΤΟΛΕΜΟΣ

Εκδότης  
Διευθυντής  
Συντακτική Επιτροπή  
Μακέτα εξωφύλλου  
Επιμέλεια τεύχους

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Γ. Ζέρβας  
Α. Κούτρη, Λ. Λουλούδης, Δ. Μεντζαφός, Ε. Πανοπούλου  
Σ. Σκουρλής  
Μ. Παπαστάμου

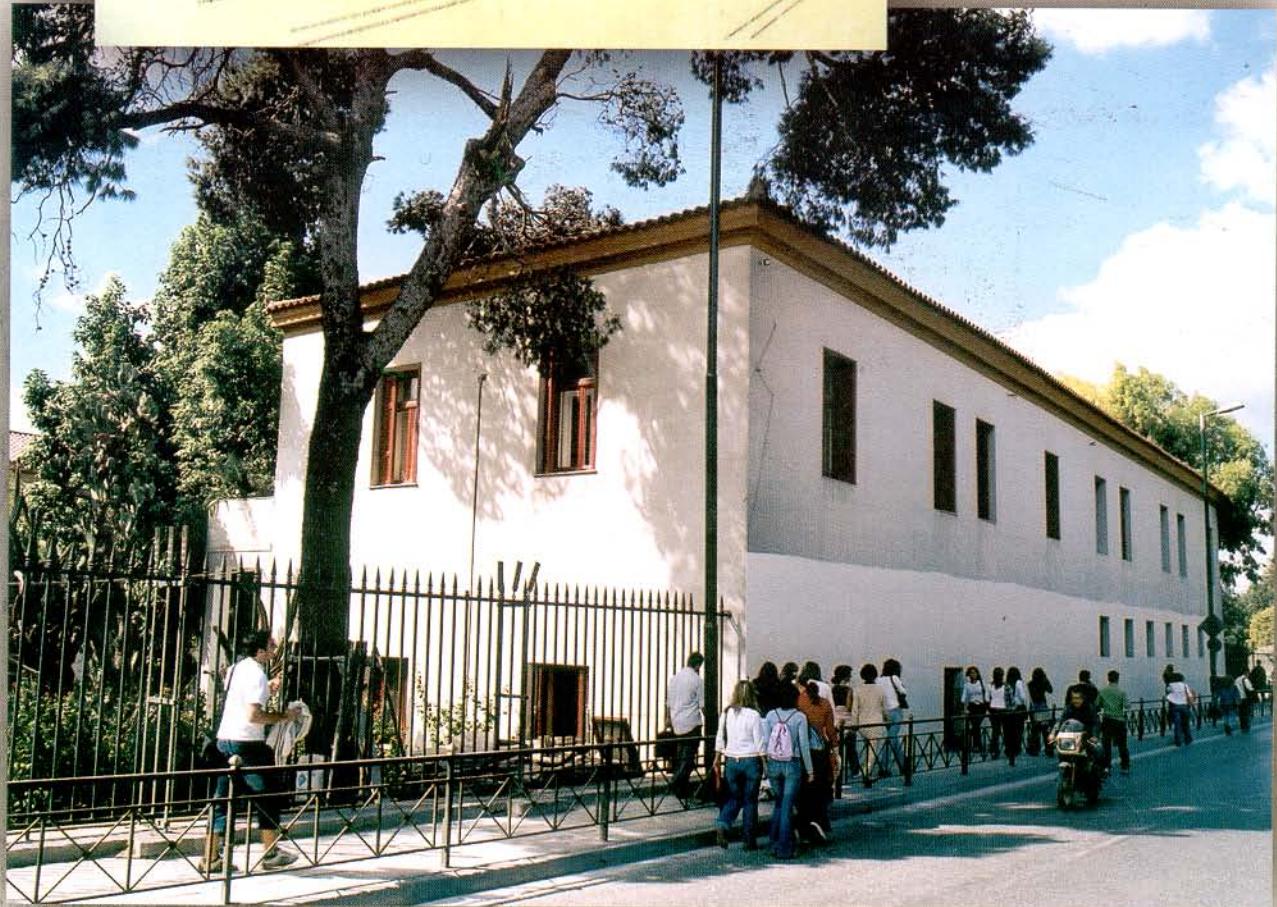
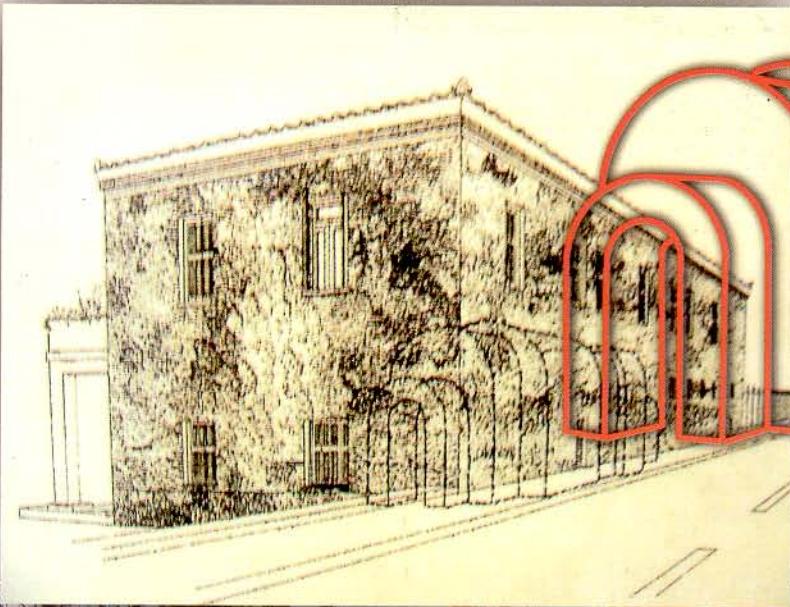
Τιμή τεύχους ενρά 0,1

Την ευθύνη των επωνύμων άρθρων φέρουν οι συγγραφείς των



# ΤΡΙΠΤΟΛΕΜΟΣ

ΠΕΡΙΟΔΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ, ΤΕΥΧΟΣ 19, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2004



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ