



**3^ο ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ
ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

Θεσσαλονίκη • 14-17 Μαρτίου 2008

ΠΡΑΚΤΙΚΑ
ΒΙΒΛΙΟ ΠΕΡΙΛΗΨΕΩΝ & CD ΕΡΓΑΣΙΩΝ

PROCEEDINGS
OF THE 3rd ENVIRONMENTAL
CONFERENCE OF MACEDONIA
BOOK OF ABSTRACTS AND CD OF PAPERS

14-17 March 2008, Thessaloniki, Greece

Διοργάνωση Organized by
Ένωση Ελλήνων Χημικών – Περιφερειακό Association of Greek Chemists – Regional
Τμήμα Κεντρικής & Δυτικής Μακεδονίας Branch of Central & West Macedonia

Συν-διοργάνωση Co-Organized by
Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας Region of Central Macedonia
Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης Prefecture of Thessaloniki
Δήμος Θεσσαλονίκης Municipality of Thessaloniki
Οργανισμός Ρυθμιστικού Σχεδίου & Προστασίας Organization for the Master Plan
Περιβάλλοντος Θεσσαλονίκης & Environmental Protection of Thessaloniki
Σύνδεσμος ΟΤΑ Local Authorities Association
of Greater Thessaloniki
Μείζονος Θεσσαλονίκης Chemistry Department AUTH
Τμήμα Χημείας ΑΠΘ Hellenic Association of Educators for the
Πανελλήνια Ένωση Εκπαιδευτικών για την Environmental Education
Περιβαλλοντική Εκπαίδευση Chemists Environmental Network ENVNET
Περιβαλλοντικό Δίκτυο Χημικών ENVNET
Βαλκανική Περιβαλλοντική Ένωση BENA Balkan Environmental Association BENA

Υπό την αιγίδα Under the Auspices of
Υπουργείου Ανάπτυξης Hellenic Ministry of Development
Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης Aristotle University of Thessaloniki
Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Alexander Technological Educational Institution
Ιδρύματος Θεσσαλονίκης of Thessaloniki

Επιμέλεια: Κώστας Νικολάου Editor: Kostas Nikolaou

ΠΟΛΥΚΥΚΛΙΚΟΙ ΑΡΩΜΑΤΙΚΟΙ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ (ΠΑΥ) ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΣ10 ΑΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΣΤΟ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟ ΚΟΖΑΝΗΣ – ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ

**Ευαγγελόπουλος Β.¹, Αλμπάνης Τ.², Τριανταφύλλου Α.¹, Ζώρας Σ.¹, Γκάρας Σ.¹
και Ασβεστά Α.¹**

¹ Εργαστήριο Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Περιβαλλοντικής Φυσικής
Τμήμα Γεωτεχνολογίας και Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας 50100 Κοζάνη
Τηλ/Fax: 2461041819, e-mail: vevagel@airlab.teikoz.gr, www.airlab.edu.gr

² Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετάται το προφίλ των σωματιδιακών ρύπων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των 10 μm στο λεκανοπέδιο Κοζάνης – Πτολεμαΐδας, όσον αφορά τους πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες. Παράλληλα, λαμβάνοντας υπόψη τους διαγνωστικούς λόγους, γίνεται προσπάθεια διερεύνησης των διαφόρων πηγών ρύπανσης στην περιοχή, ενώ επιπλέον εκτιμάται ο κίνδυνος καρκινογένεσης.

Οι δειγματοληψίες των αιωρούμενων σωματιδίων ΑΣ10 πραγματοποιήθηκαν κατά την διάρκεια του έτους 2006 σε δύο θέσεις του λεκανοπεδίου. Συγκεκριμένα στην Κοζάνη και στον Κλείτο, που αντιπροσωπεύουν αντίστοιχα μια αστική περιοχή, με βιομηχανική ταυτόχρονα επιβάρυνση και μια μη αστική περιοχή, που γειτνιάζει όμως με χώρους έντονης δραστηριότητας υπαίθριων ορυχείων, αλλά και ατμοηλεκτρικούς σταθμούς.

PM10-BOUND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAHs) IN URBAN AND NON URBAN AREA AT KOZANI – PTOLEMAIDA BASIN

**Evangelopoulos V.¹, Albanis T.A.², Triantafyllou A.G.¹, Zoras S.¹, Garas S.¹
and Asvesta A.¹**

¹ Laboratory of Air Pollution and Environmental Physics
Technological Education Institute of West Macedonia
Kila, 50100 Kozani, Greece

Tel/Fax: 2461041819, e-mail: vevagel@airlab.teikoz.gr, www.airlab.edu.gr

² Department of Chemistry, University of Ioannina

ABSTRACT

In the present work it was studied the profile of PM10 in Kozani - Ptolemaida basin, with regard to PAHs. This has taken into consideration the diagnostic reasons in investigating the various sources of pollution in the region. Moreover, it was also appreciated the danger of carcinogenesis.

The samplings of PM10 were gathered during the year 2006 in two locations of the basin. In specific, at Kozani and Kleitos sites that represent an urban area and a rural location, respectively, surrounded by opencast coal mining activities (e.g. resuspension) and tall stack raw lignite combustion activities (e.g. flying ash transfer)

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αρκετές μελέτες βρίσκουν μεγαλύτερη συσχέτιση των συγκεντρώσεων αιωρούμενων σωματιδίων με διάμετρο μικρότερη των 10 μ m (ΑΣ10), με αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία από οποιοδήποτε άλλο ρύπο [1]. Τα αιωρούμενα σωματίδια περιέχουν δεκάδες χιλιάδες ανόργανες και οργανικές ουσίες, πολλές από τις οποίες είναι επικίνδυνες για την υγεία. Από αυτές όμως, η κατηγορία των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (ΠΑΥ) είναι αξιοπρόσεκτη γιατί αυτοί είναι ευρέως διαδεδομένοι και προκαλούν καρκινογένεσεις [2]. Οι ΠΑΥ παράγονται κατά την ατελή καύση των υδρογονανθράκων και για αυτό εκπέμπονται στο αέρα από πηγές όπως τα αυτοκίνητα, τις κεντρικές θερμάνσεις των κατοικιών τις βιομηχανίες που καίνε πετρέλαιο και τέλος από την καύση του άνθρακα.

Οι ΠΑΥ που παράγονται από την καύση του άνθρακα μπορούν να εκπεμφθούν είτε ως αέρια είτε ως μικρά αιωρούμενα σωματίδια. Επίσης ΠΑΥ που αρχικά είναι στην αέρια φάση μπορούν μετέπειτα να προσροφηθούν στα αιωρούμενα σωματίδια. Η Ευρωπαϊκή Ένωση με την οδηγία 2004/107/EC προτείνει συνεχόμενες μετρήσεις του Benzo(a)pyrene (B[a]Py) ως δείκτη καρκινογένεσης από τους ΠΑΥ.

Η έντονη μεταλλευτική δραστηριότητα και η λειτουργία μεγάλων θερμικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας είχε ως αποτέλεσμα περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που κατά καιρούς τροφοδότησαν έντονες διαμαρτυρίες των κατοίκων της περιοχής. Η κύρια βιομηχανική δραστηριότητα αναπτύσσεται στον άξονα Πτολεμαΐδας - Κοζάνης. Στην ευρύτερη περιοχή είναι συγκεντρωμένο από τα μέχρι τώρα γνωστά το μεγαλύτερο λιγνιτικό κοιτάσμα της χώρας μας, από την εκμετάλλευση του οποίου παράγεται σήμερα στην περιοχή περίπου το 55 % περίπου της παραγόμενης στη χώρας μας ηλεκτρικής ενέργειας. Λειτουργούν μέχρι σήμερα πέντε ατμοηλεκτρικοί σταθμοί (ΑΗΣ), με συνολική εγκατεστημένη ισχύ ανερχόμενη σε 4689 MW.

Διάφορες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί και δημοσιευτεί αναφορικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση της ευρύτερης περιοχής του λεκανοπεδίου Κοζάνης-Πτολεμαΐδας προκειμένου να εκτιμηθεί η ποιότητα του αέρα και να διερευνηθούν οι μηχανισμοί διασποράς και μεταφοράς των ρύπων [3-6], ενώ κάποιες εστιάζουν την προσοχή τους στη χημική σύσταση των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων [7]. Από αυτές φαίνεται ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων αποτελούν πρόβλημα για την ποιότητα της ατμόσφαιρας στην περιοχή. Ουδέποτε όμως κατά το παρελθόν έχει επιχειρηθεί η εκτίμηση της επικινδυνότητας των ΑΣ10.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται μετρήσεις συγκεντρώσεων ΠΑΥ που είναι προσροφημένοι σε δείγματα ΑΣ10. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν κατά την διάρκεια του έτους 2006 στην Κοζάνη και στον Κλείτο, που αντιπροσωπεύουν αντίστοιχα μια αστική περιοχή, με βιομηχανική ταυτόχρονα επιβάρυνση και μια μη αστική περιοχή, που γειτνιάζει όμως με χώρους έντονης δραστηριότητας υπαίθριων ορυχείων, αλλά και ατμοηλεκτρικούς σταθμούς. Γίνεται εκτίμηση της συνολικής καρκινογένεσης εξαιτίας των ΠΑΥ και τέλος με τη χρήση των «διαγνωστικών» λόγων, επιχειρείται μια πρώτη διερεύνηση των πηγών που συνεισφέρουν στη ρύπανση των περιοχών αυτών.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Συλλογή δειγμάτων

Τα περιβαλλοντικά δείγματα συλλέχθηκαν από δύο θέσεις δειγματοληψίας. Χρησιμοποιήθηκαν για το σκοπό αυτό ένας αυτόματος δειγματολήπτης πολλαπλών φίλτρων (RAAS) της εταιρείας Andersen και ένας διχοτομικός δειγματολήπτης με κεφαλή εισόδου ΑΣ10. Ο δειγματολήπτης RAAS μπορεί να φέρει κεφαλή εισόδου ΑΣ10 ή ΑΣ2.5 ώστε να

αποκόπτει σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από 10 μm ή 2.5 μm αντίστοιχα. Η συλλογή των αιωρούμενων γίνεται σε φίλτρα διαμέτρου 47mm. Στον διχοτομικό δειγματολήπτη αφού αποκοπτόταν τα σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη των 10 μm από την κεφαλή εισόδου, στη συνέχεια γινόταν διαχωρισμός αυτών σε δύο κλάσματα, από 0-2.5 μm (fine) και 2.5-10 μm (coarse). Τα φίλτρα στο διχοτομικό δειγματολήπτη, δύο σε κάθε δειγματοληψία, ήταν διαμέτρου 37mm.

Πριν τη δειγματοληψία τα φίλτρα παρέμεναν σε θάλαμο σταθερής υγρασίας και θερμοκρασίας για 24 ώρες μέχρι τη ζύγισή τους. Η ροή κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας παρέμενε σταθερή στα 16.67 l/min με διακύμανση μικρότερη από 2%.

2.2 Ανίχνευση PAHs

Στα δείγματα που συλλέχθηκαν προσδιορίστηκαν οι ΠΑΥ: Acenaphthene (Ace), Fluoranthene (Fl), Naphthalene (Np), Benzo(a)anthracene (B[a]An), Benzo(a)pyrene (B[a]Py), Benzo(b)fluoranthene, (B[b]Fl), Benzo(k)fluoranthene (B[k]Fl), Chrysene (Chry), Acenaphthylene (Acn), Anthracene (An), Benzo(ghi)perylene (B[ghi]Pe), Fluorene (F), Phenanthrene (Ph), Dibenzo(a,h)anthracene (D[ah]An), Indeno(1,2,3-cd)pyrene (IPy), Pyrene (Py). Επίσης χρησιμοποιήθηκε πρότυπο τη ουσίας Benzo(e)pyrene (B[e]Py) που χρησιμοποιείται συχνά ως ουσία αναφοράς για τους ΠΑΥ. Ο προσδιορισμός έγινε με την τεχνική της ένεσης μεγάλου όγκου (LVI) σε αέριο χρωματογράφο με φασματογράφο μάζας (GC/MS) σύμφωνα με μεθοδολογία που βελτιστοποιήθηκε στο Εργαστήριο Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Περιβαλλοντικής Φυσικής του ΤΕΙ Δυτ. Μακεδονίας [8].

Η εκχύλιση γίνεται σε δύο στάδια Στο πρώτο με χρήση μαγνητικού αναδευτήρα με θέρμανση και το δεύτερο με λουτρό υπερήχων. Και στις δύο περιπτώσεις έχουμε επαναροή διαλύτη για την αποφυγή εξάτμισης των μικρότερου μοριακού βάρους PAH. Ο όγκος των διαλυτών είναι συνολικά 10ml και αφού το δείγμα συμπυκνωθεί με ρεύμα αζώτου στο 1ml, ποσότητα 50 μl εισέρχεται στον θερμοπρογραμματιζόμενο εγχυτήρα με μία μόνο ένεση.

Για την ταυτοποίηση των ενώσεων στον ανιχνευτή χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος πλήρους σάρωσης (full scan mode) (m/z 50-450) ενώ για τη ποσοτικοποίηση έγινε ανίχνευση επιλεγμένων ιόντων (Single Ion Monitoring, SIM), με παρακολούθηση τουλάχιστον ενός χαρακτηριστικού ιόντος κάθε ένωσης. Ο ποσοτικός προσδιορισμός των ενώσεων πραγματοποιήθηκε με χρήση εσωτερικού προτύπου και με βάση τους συντελεστές σχετικής απόκρισης (relative response factors, RRF), που υπολογίστηκαν για κάθε ουσία χρησιμοποιώντας μια σειρά από πέντε πρότυπα δείγματα. Περιοδικός έλεγχος των συντελεστών RRF γινόταν ανά πέντε δείγματα.

Ως εσωτερικό πρότυπο χρησιμοποιήθηκε το μείγμα ημιπυρηνικών δευτεριωμένων ουσιών: Acenaphthene-d10, Chrysene-d12, 1,4-Dichlorobenzene-d4, Naphthalene-d8, Pyrene-d12.

Όλοι οι διαλύτες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν υψηλής καθαρότητας (>99.9%) και προμηθεύτηκαν από τη LAB SCAN Dublin, Ireland. Τα πρότυπα διαλύματα προμηθεύτηκαν από την Supelco. Ο αέριος χρωματογράφος που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο GC-17A της Shimadzu με ανιχνευτή MS τον QP5050A και στήλη την EQUITY-5 με μήκος 30m, διάμετρο 0.25mm και φιλμ 0.25 μm της Supelco. Ο PTV εγχυτήρας ήταν ο OPTIC 3 της ATAS GL.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Συγκεντρώσεις PAHs

Στον παρακάτω πίνακα 1 δίνονται οι μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές για τους ΠΑΥ που προσδιορίστηκαν για τις δύο θέσεις. Για το Np δεν υπολογίστηκαν συγκεντρώσεις μιας και το ποσοστό ανάκτησής του ήταν χαμηλό.

Σε σύγκριση με αντίστοιχα δεδομένα άλλων Ελληνικών αστικών περιοχών [7,9-12] φαίνεται ότι οι συγκεντρώσεις εδώ κυμαίνονται σε σχετικά χαμηλότερα ή ίδια επίπεδα .

Το άθροισμα των ΠΑΥ που αποδίδονται στις καύσεις (combustion ΠΑΥ, ΣΠΑΥ) αποτελεί το 81 και 83% της συνολικής συγκέντρωσης των ΠΑΥ στις θέσεις Κοζάνη και Κλείτο αντιστοίχως. Επιπλέον οι μέσες συγκεντρώσεις του Β[α]Ρy κυμαίνονται κάτω από το προτεινόμενο όριο του 1 ngm⁻³.

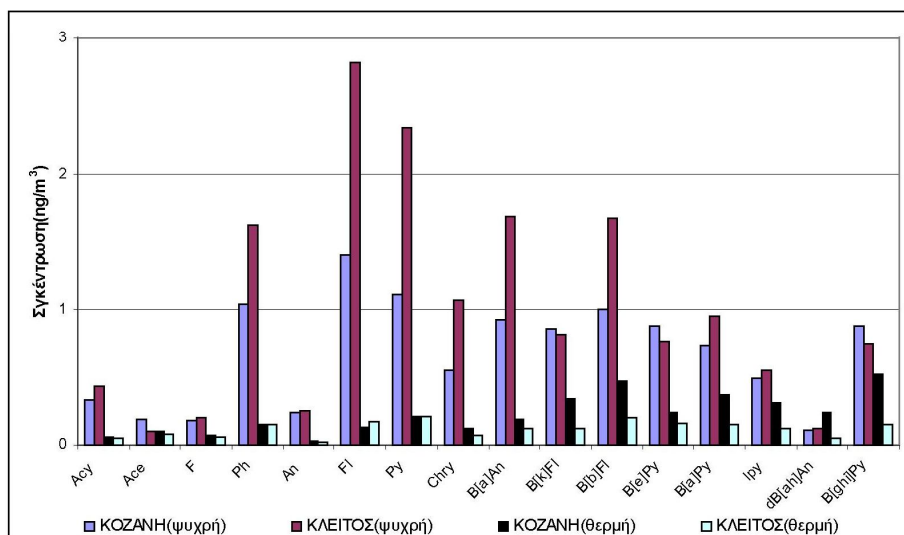
Πίνακας 1 Συγκεντρώσεις ΠΑΥ

ΡΑΗ	ΚΟΖΑΝΗ			ΚΛΕΙΤΟΣ		
	Μ.Τ.	Ε.Τ.	Μεγ. Τ.	Μ.Τ.	Ε.Τ.	Μεγ.Τ.
Acy	0.207	0.010	1.622	0.251	0.011	3.616
Ace	0.150	0.013	1.460	0.091	0.014	0.385
F	0.127	0.024	1.207	0.132	0.023	1.801
Ph	0.643	0.082	11.585	0.931	0.055	21.180
An	0.144	0.009	2.634	0.140	0.007	2.985
Fl	0.833	0.055	12.977	1.578	0.048	25.883
Py	0.706	0.100	9.107	1.341	0.080	18.879
Chry	0.360	0.008	1.864	0.603	0.009	5.894
B[a]An	0.591	0.026	3.323	0.926	0.017	7.631
B[k]Fl	0.623	0.039	2.576	0.489	0.016	3.199
B[b]Fl	0.764	0.075	3.135	1.009	0.020	10.783
B[e]Py	0.589	0.036	2.437	0.478	0.008	2.642
B[a]Py	0.572	0.035	2.057	0.575	0.006	6.024
Ipy	0.412	0.015	1.401	0.351	0.005	2.764
dB[ah]An	0.161	0.006	0.861	0.092	0.004	0.884
B[ghi]Py	0.718	0.010	2.228	0.476	0.027	3.480
ΣΡΑΗ	7.588	1.272	54.892	9.316	0.565	102.289
CPAH	6.169	1.031	36.185	7.751	0.344	71.965

CPAH: Fl + Py + B[a]An + Chry + B[e]Py + BFs + B[a]Py + B[ghi]Pe + IPy.

Μ.Τ.: μέση τιμή, Ε.Τ.: ελάχιστη τιμή Μεγ.Τ.: μέγιστη τιμή

Η συνεισφορά των ΠΑΥ μεγάλου μοριακού βάρους στις ολικές συγκεντρώσεις κυμαίνεται μεταξύ 53.7% (Κλείτο) και 63.1% (Κοζάνη).



Σχήμα 1: Μέση ποσοστιαία συνεισφορά των ΡΑΗ στις ολικές μέσες συγκεντρώσεις

Στο σχήμα 1 φαίνονται οι συγκεντρώσεις των ΠΑΥ στις δύο θέσεις υπολογισμένες για ψυχρή (Νοέμβριος – Απρίλιο) και θερμή περίοδο. Την ψυχρή περίοδο οι συγκεντρώσεις των ΠΑΥ είναι μεγαλύτερες από τη θερμή λόγω της ταχύτερης καταστροφής αλλά και του μεγαλύτερου ποσοστού αυτών στην αέρια φάση. Στον Κλείτο οι συγκεντρώσεις την ψυχρή περίοδο είναι μεγαλύτερες από αυτές της Κοζάνης, σε κάποιες περιπτώσεις σχεδόν διπλάσιες. Αντίθετα την θερμή περίοδο οι συγκεντρώσεις για ορισμένους ΠΑΥ μεγάλου μοριακού βάρους είναι μεγαλύτερες στην Κοζάνη. Οι ΠΑΥ αυτοί αποδίδονται στη βιβλιογραφία στις εκπομπές των βενζινοκίνητων [13].

3.3 Διαγνωστικοί λόγοι και πηγές των ΠΑΥ

Οι λόγοι των συγκεντρώσεων από ορισμένους ΠΑΥ χρησιμοποιούνται συχνά ως διαγνωστικά εργαλεία για την ταυτοποίηση των πηγών των ΠΑΥ [10,14]. Ωστόσο, οι διαγνωστικοί λόγοι θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή, επειδή συχνά είναι δύσκολο να γίνει διαχωρισμός των διαφορετικών πηγών εκπομπής, ενώ ορισμένοι ΠΑΥ αντιδρούν με αέριους ρύπους όπως NO_x , O_3 , κ.ά. [15].

Η διαφορά επίσης των αποστάσεων του σημείου δειγματοληψίας από τις πηγές μπορεί να δώσει διαφορετικούς λόγους των ίδιων πηγών, μιας και οι χρόνοι ημιζωής των ΠΑΥ διαφέρουν μεταξύ τους.

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι διαγνωστικοί λόγοι για τις δύο θέσεις για όλο το διάστημα και χωριστά για τη θερμή και ψυχρή περίοδο. Οι λόγοι των συγκεντρώσεων των πολυαρωματικών υδρογονανθράκων που είναι προϊόντα καύσης προς τις συνολικές συγκεντρώσεις ($C_{\text{ΠΑΥ}}/\Sigma_{\text{ΠΑΥ}}$) εμφανίζουν ίδιες τιμές στην Κοζάνη και τον Κλείτο. Οι τιμές αυτές βρίσκονται σε συμφωνία με αντίστοιχες που αναφέρονται σε άλλες Ελληνικές πόλεις [9, 10-12].

Πίνακας 2: Διαγνωστικοί λόγοι

ΛΟΓΟΠΘΕΣΗ-ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΑ		ΨΥΧΡΗ		ΘΕΡΜΗ	
	ΚΟΖΑΝΗ	ΚΛΕΙΤΟΣ	ΚΟΖΑΝΗ	ΚΛΕΙΤΟΣ	ΚΟΖΑΝΗ	ΚΛΕΙΤΟΣ
B[ghi]Py/B[a]Py	2.52	1.39	1.26	0.92	4.06	1.96
BFs/B[ghi]Pe	6.08	2.53	9.81	3.23	1.52	1.67
Ipy/(Ipy+B[ghi]Pe)	0.35	0.36	0.36	0.39	0.34	0.32
B[a]An/(B[a]An+Chry)	0.62	0.64	0.61	0.62	0.64	0.65
Fl/(Fl+Py)	0.45	0.48	0.49	0.51	0.40	0.44
B[e]Py/B[a]Py	1.68	1.50	1.46	1.11	1.95	1.94
ΣΠΑΥ/ΣΠΑΥ	0.83	0.82	0.86	0.87	0.81	0.77

C_{ΠΑΥ}: Fl + Py + B[a]An + Chry + B[e]Py + BFs + B[a]Py + B[ghi]Pe + Ipy

BFs: B[b]Fl + B[k]Fl

ΣΠΑΥ: Άθροισμα των συγκεντρώσεων των 16 προσδιοριζόμενων ΠΑΥ

Ο λόγος Fl/(Fl + Py) για την ψυχρή περίοδο και στις δυο θέσεις είναι χαρακτηριστικές τιμών για καύση πετρελαίου θέρμανσης. Τη θερμή όμως περίοδο στην Κοζάνη ο λόγος γίνεται 0.40 που είναι χαρακτηριστικός για εκπομπές βενζινοκινητήρων [17], ενισχύοντας την παρατήρηση που έγινε στην προηγούμενη παράγραφο με βάση τις συγκεντρώσεις των ΠΑΥ (σχήμα 1).

Είναι γνωστό από τη βιβλιογραφία [16] ότι τιμές του λόγου BFs/B[ghi]Pe μεταξύ 0.21 και 0.28 υποδεικνύουν εκπομπές οφειλόμενες στην κυκλοφορία ενώ υψηλότερες τιμές (2.6-14) χαρακτηρίζουν εκπομπές που προέρχονται από καύση άνθρακα /ξυλοκάρβουνο.

Στην παρούσα μελέτη οι τιμές του λόγου $BFs/B[ghi]Pe$ είναι ενδεικτικές των εκπομπών ΠΑΥ από καύση άνθρακα /ξυλοκάρβουνο.

Οι λόγοι $B[a]An/(B[a]An + Chry)$ και $B[e]Py/B[a]Py$ είναι χαρακτηριστικοί της ταχύτερης καταστροφής του $B[a]An$ και του $B[a]Py$ σε σχέση με τα σταθερότερα ισομερή $Chry$ και $B[e]Py$ αντίστοιχα. Η μικρότερη τιμή του λόγου $B[a]An/(B[a]An + Chry)$ και η μεγαλύτερη τιμή του λόγου $B[e]Py/B[a]Py$ στην Κοζάνη σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές στον Κλείτο δείχνουν ότι οι πηγές εκπομπής που επηρεάζουν το σταθμό της Κοζάνης βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση, από ό,τι οι πηγές που επηρεάζουν το σταθμό στον Κλείτο. Τέλος ο λόγος των συγκεντρώσεων των $IPy/(IPy + B[ghi]Pe)$ υποδεικνύει εκπομπές πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων για τις δύο θέσεις [13].

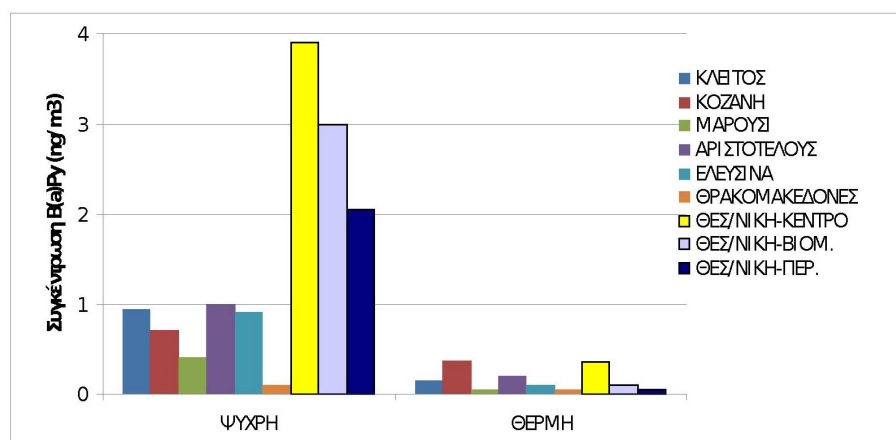
3.4 Προσδιορισμός δείκτη καρκινογένεσης

Οι ΠΑΥ παρουσιάζουν σημαντική χωρική και χρονική ομοιότητα μεταξύ τους. Βασισμένοι σε αυτή την ομοιότητα και σε επιδημιολογικές έρευνες ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) πρότεινε το $BaPy$ ως δείκτη καρκινογένεσης. Σε αυτή την εργασία η μέση συγκέντρωση του $BaPy$ για την Κοζάνη βρέθηκε 0.57 ng/m^3 ενώ για το Κλείτος 0.58 ng/m^3 , που είναι συγκρίσιμες με αυτές που βρέθηκαν στην Αθήνα [12] ενώ στην Θεσσαλονίκη (σχήμα 2) βρέθηκαν πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις [14].

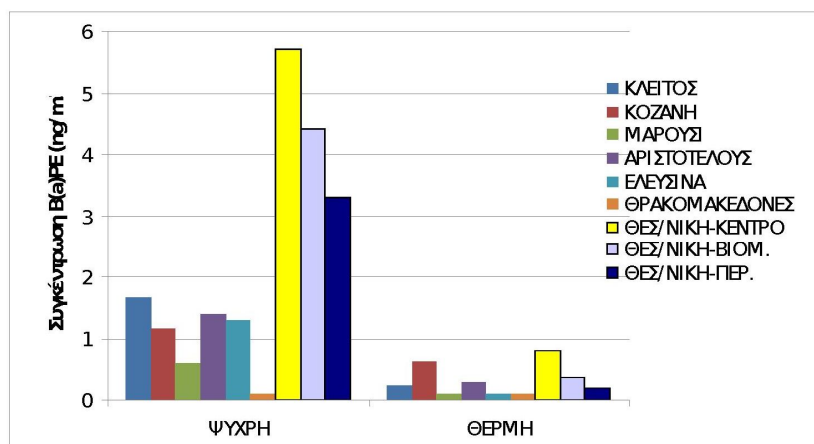
Το $B[a]Py$ είναι από τις πιο ισχυρά μεταλλαξιογόνες ουσίες και συχνά χρησιμοποιείται ως δείκτης για τον υπολογισμό της συνολικής καρκινογένεσης από τους ΡΑΗ. Ωστόσο, το $B[a]Py$ μπορεί πολύ εύκολα να διασπαστεί με την παρουσία φωτός και οξειδωτικών [15]. Εξαιτίας της διάσπασής του το $B[a]Py$ δεν μπορεί μόνο του να χρησιμοποιηθεί ως καλός δείκτης της συνολικής καρκινικότητας των ΠΑΥ. Έτσι για τον καλύτερο προσδιορισμό της καρκινογένεσης εξαιτίας όλων των ΠΑΥ στα αιωρούμενα σωματίδια, χρησιμοποιείται δείκτης ισοδύναμης καρκινογένεσης του $B[a]Py$ ο $BaPE$ [18] που υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$BaPE = B[a]An * 0.06 + BFs * 0.07 + BaPy + IPy * 0.08 + DB[ah]An * 0.6$$

Όπου BFs είναι το άθροισμα όλων των ισομερών του βενζοφλουορανθαίνου.



Σχήμα 2: Συγκεντρώσεις μέσω συγκεντρώσεων $B[a]Py$ στην Κοζάνη, Κλείτος και σε σταθμούς Αθήνας και Θεσ/νίκης την ψυχρή και θερμή περίοδο [11,12]



Σχήμα 3: Συγκεντρώσεις μέσω συγκεντρώσεων B[a]PE στην Κοζάνη, Κλείτος και σε σταθμούς Αθήνας και Θεσ/νίκης την ψυχρή και θερμή περίοδο [11,12]

Ο δείκτης BaPE προσπαθεί να παραμετροποιήσει τον κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία που οφείλεται στην έκθεση στους PAH και υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τις συγκεντρώσεις της με συντελεστές που υπολογίστηκαν από εργαστηριακές μελέτες. Σε αυτή την εργασία οι συγκεντρώσεις του BaPy και οι τιμές του BaPE που υπολογίστηκαν παρουσιάζουν ίδια χωρική διακύμανση, παρόμοια με αυτή σε άλλες πόλεις(σχήμα 3).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ) βρέθηκαν σε σχετικά χαμηλότερα ή ίδια επίπεδα συγκριτικά με αντίστοιχα δεδομένα άλλων Ελληνικών αστικών περιοχών ενώ φαίνεται να συνεισφέρουν σημαντικά στην ολική τους συγκεντρώση οι μεγάλοι μοριακού βάρους. Οι μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις του BaPy ήταν για την Κοζάνη 0.57 ng/m^3 και τον Κλείτο 0.58 ng/m^3 , κάτω από το όριο του 1 ng/m^3 που θέτει η Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ οι τιμές του δείκτη ισοδύναμης συγκεντρώσεως του BaPy (BaPE) ήταν 0.95 ng/m^3 και 0.99 ng/m^3 αντίστοιχα.

Με την βοήθεια των διαγνωστικών λόγων φαίνεται μεγαλύτερη απόσταση των πηγών από την Κοζάνη σε σχέση με την απόσταση πηγών – Κλείτους υποδεικνύοντας ταυτόχρονα ως τη σημαντικότερη πηγή παραγωγής ΠΑΥ για την περιοχή την καύση άνθρακα ή και πετρελαίου. Οι εκπομπές των εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ΑΗΣ) και οι εκπομπές των οχημάτων κατά την εξόρυξη και μεταφορά του λιγνίτη από τα υπαίθρια ορυχεία στους ΑΗΣ φαίνεται να ευθύνονται για τις υψηλές συγκεντρώσεις των ΠΑΥ που βρέθηκαν προσροφημένοι στα PM10. Για την Κοζάνη όμως και τα βενζοκίνητα αυτοκίνητα είναι μια πηγή των ΠΑΥ συνεισφέροντας σε μικρότερο βέβαια βαθμό στην αύξηση των συγκεντρώσεων τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Schwartz J. Air pollution and daily mortality: a review and meta-analysis. *Environ Res* 1994;64:26-35.
2. IARC, International Agency for Research on Cancer, 1987–1991. ‘IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic’. Risks to Humans, Lyon, vols. 43–53.
3. Triantafyllou A.G., P. Kassomenos, G. Kallos, 1999. On the degradation of air quality due to SO₂ and PM10 in the Eordea Basin, Greece. *Meteorol. Zeitschrift*, N.E. Vol.8, pp.

60-70.

4. Triantafyllou A.G., 2000. Patterns and concentrations of PM₁₀ in a mountainous region. *Journal of Air and Waste Management Association* 50, 1017-1022.
5. Triantafyllou A.G., 2001. PM₁₀ pollution episodes as a function of synoptic climatology in a mountainous industrial area. *Environmental Pollution* 112: 491-500.
6. Triantafyllou A.G., S. Zoras and V. Evagelopoulos, 2006. "Particulate matter over a seven year period in urban and rural areas within, proximal and far from mining and power station operations in Greece". *Environmental Monitoring and Assessment* 122: 41-60.
7. Voutsas D., H. Terzi, L. Muller, C. Samara, Th. Kouimtzis, 2004. Profile analysis of organic micropollutants in the environment of a coal burning area, NW Greece. *Chemosphere* 55 595-604.
8. Ευαγγελόπουλος Β., Αλμπάνης Τ., Τριανταφύλλου Α., Ζώρας Σ. και Γκάρας Σ. (2008). 'Ανάπτυξη μεθόδου LVI – GC/MS για τον προσδιορισμό πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων σε δείγματα ΑΣ10 ΚΑΙ ΑΣ2.5'. Θεσ/νίκη 2008.
9. Manoli E., Voutsas D., Samara C., 2002. Chemical characterization and source identification/apportionment of fine and coarse air particles in Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Environment*, 36, 949-961.
10. Papageorgopoulou A., Manoli E., Touloumi E., Samara C., 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the ambient air of Greek towns in relation to other atmospheric pollutants. *Chemosphere*, 39, 2183-2199.
11. Manoli E., Kouras A., Samara C., 2004. Profile analysis of ambient and source emitted particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons from three sites in northern Greece. *Chemosphere* 56, 867-878.
12. Mantis J., Chaloulakou A., Samara C., 2004. PM₁₀-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the Greater Area of Athens, Greece. *Chemosphere*, 59, 593.
13. Guoa H., S.C. Lee, K.F. Ho, X.M. Wang, S.C. Zou (2003). "Particle-associated polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air of Hong Kong" *Atmospheric Environment* 37, 5307-5317
14. Kavouras, I.G., Lawrence, J., Koutrakis, P., Stephanou, E.G., Oyola, P., 1999. Measurement of particulate aliphatic and polynuclear aromatic hydrocarbons in Santiago de Chile: source reconciliation and evaluation of sampling artifacts. *Atmospheric Environment* 33, 4977-4986.
15. Muller, J.F., Hawker, D.F., Connel, D.F., 1998. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmospheric environment of Brisbane, Australia. *Chemosphere* 37, 1369-1383.
16. Cretney J. R., Lee H. K., Wright G. J., Swallow W. H., Taylor M. C., 1985. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in air particulate matter from lightly industrialized urban area. *Environmental Science and Technology* 19, 397-404.
17. Rogge, W.F., Hildemann, L.M., Mazurek, M.A., Cass, G.R., Simoneit, B.R.T., 1993b. Sources of fine organic aerosol. 3.Road dust, tire debris, and organometallic brake lining dust: Roads as sources and sinks. *Environmental Science and Technology* 27, 1892-1904.
18. Cecinato, A., Ciccioli, P., Brancaleoni, E., Zagari, M., 1998. PAH and N-PAH in the urban atmosphere of Rome and Milan. *Annali di Chimica* 88, 369-379.

ISBN: 978-960-7380-11-1

ISSN: 1791-4280

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ
ΤΟΥ
ΥΠΕΧΩΔΕ

Χορηγοί



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΝΟΜΑΡΧΙΑΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΡΕΥΝΩΝ
ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI
RESEARCH COMMITTEE



ΕΛΛΗΝΙΚΑ
ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ

