



ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ

«Μελέτη διερεύνησης και παρακολούθησης της ποιότητας της ατμόσφαιρας μέσω εξειδικευμένων χημικών αναλύσεων στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής μετά την πυρκαγιά σε χώρο εναπόθεσης στερεών απορριμμάτων στην Μεταμόρφωση Αττικής την 15^η Αυγούστου 2020.»



14 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΕΡΑ

3.1 Μετεωρολογία

3.2 Διοξίνες και πολυχλωριωμένα διφαινύλια

3.3 Αιωρούμενα Σωματίδια

3.3.1. Συγκεντρώσεις

3.3.2. Χημική Σύσταση

3.4 Πτητικές Οργανικές Ενώσεις

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

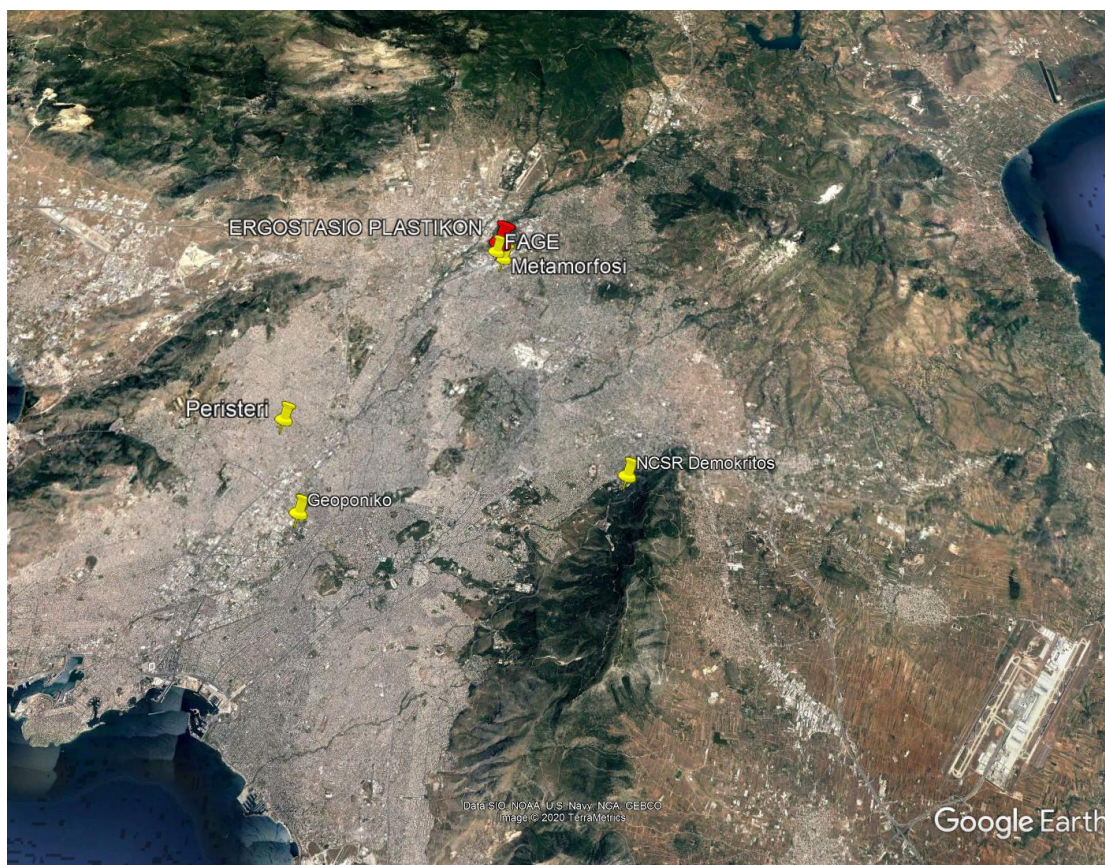
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της μελέτης είναι η ολοκληρωμένη επιστημονική διερεύνηση της επίδρασης στην ποιότητα της ατμόσφαιρας της πυρκαγιάς σε χώρο εναπόθεσης στερεών απορριμμάτων στην περιοχή Μεταμόρφωση Αττικής την 15^η Αυγούστου 2020.

Διερευνήθηκε η επιβάρυνση της ποιότητας της ατμόσφαιρας από την έκλυση επικίνδυνων χημικών παραγόντων στο γειτνιάζων περιβάλλον αλλά και στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής με πιθανές επιπτώσεις στην δημόσια υγεία. Πιο συγκεκριμένα εκπονήθηκε σχέδιο στοχευμένων δειγματοληψιών και διενέργειας εξειδικευμένων χημικών αναλύσεων στην σωματιδιακή ύλη και στην αέρια φάση για τον προσδιορισμό διοξινών, πολυχλωριωμένων διφαινυλίων (PCBs), πολυαρωματικών υδρογονανθράκων (PAHs), οργανικού/στοιχειακού άνθρακα καθώς και Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (VOCs). Η δειγματοληψία έγινε σε δύο περιόδους 20-25/08/2020 και 27/08-2/09/2020 για να διαπιστωθεί η πιθανή διαφοροποίηση των συγκεντρώσεων των χημικών παραγόντων. Έτσι, μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν 2 φορές σε κάθε σημείο (I, II), όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

Τα δείγματα της αέριας φάσης και της ολικής σωματιδιακής ύλης (TSP) αναλύθηκαν για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων διοξινών και πολυχλωριωμένων διφαινυλίων. Η ποιότητα του αέρα αποτυπώθηκε από τις μετρήσεις Αιωρούμενης Σωματιδιακής Ύλης (PM₁₀) και Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (VOCs). Τα δείγματα της σωματιδιακής ύλης PM₁₀ υπεβλήθησαν σε περαιτέρω χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό της χημικής τους σύστασης ως προς τον Οργανικό και Στοιχειακό άνθρακα (OC/EC) και τους Πολυκυκλικούς Αρωματικούς Υδρογονάνθρακες (PAHs).

Στην Εικόνα 1 και τον Πίνακα 1 απεικονίζονται τα σημεία δειγματοληψίας ενώ στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι μετρούμενοι ρύποι σε κάθε σημείο δειγματοληψίας.



Εικόνα 1: Χωρική απεικόνιση σημείων δειγματοληψίας στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής.

Πίνακας 1: Περιγραφή Σημείων Δειγματοληψίας

A/A	Κωδικός Σημείου Δειγματοληψίας	Περίοδος Δειγματοληψίας	Συντεταγμένες (X,Y)	
A1	Geoponiko I	20/08/2020	37° 59' 2.64" N	23° 42' 17.36" E
A2	Fage I	20/08/2020	38° 40' 19" N	23° 46' 11" E
A3	NCSR Demokritos I	21/08/2020	37° 59' 43" N	23° 49' 09" E
A4	Peristeri I	22/08/2020	38° 0' 48" N	23° 41' 42" E
A5	Metamorfosi I	24/08/2020	38° 4' 9" N	23° 46' 21" E
A6	Geoponiko II	27/08/2020	37° 59' 2.64" N	23° 42' 17.36" E
A7	Fage II	27/08/2020	38° 40' 19" N	23° 46' 11" E
A8	NCSR Demokritos II	28/08/2020	37° 59' 43" N	23° 49' 09" E
A9	Peristeri II	31/08/2020	38° 0' 48" N	23° 41' 42" E
A10	Metamorfosi II	01/09/2020	38° 4' 9" N	23° 46' 21" E

Πίνακας 2: Παράμετροι (αέριοι ρύποι, μετεωρολογία) παρακολούθησης στα σημεία δειγματοληψίας.

	Μετρούμενος Ρύπος						
Σημείο δειγματοληψίας	TSP	PM10	ΔΙΟΞΙΝΕΣ/ PCBs	PAH	OC/EC	VOC	Μετεωρ/γία (Άνεμος (Ταχύτητα, Διεύθυνση)
Geoponiko I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Geoponiko II	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fage I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fage II	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NCSR Demo I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NCSR Demo II	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Peristeri I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Peristeri II	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Metamorfosi I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Metamorfosi II	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Το εξειδικευμένο εργαστήριο Φασματομετρίας Μάζας και Ανάλυσης Διοξινών (ΕΦΑΜΑΔ) και το εργαστήριο Ατμοσφαιρικής Χημείας και Καινοτόμων Τεχνολογιών (AirTech Lab) του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος» διαθέτουν υψηλή τεχνογνωσία και μοναδικότητα εργαστηριακού εξοπλισμού ώστε να εκτελούν αξιόπιστα περιβαλλοντικές μελέτες συνδυάζοντας εξειδικευμένες αναλύσεις χημικών ρύπων (Διοξίνες, πολυχλωριωμένα διφαινύλια, πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες, ιόντα, οργανικό/στοιχειακό άνθρακα) με υπολογιστικά μοντέλα προσδιορισμού της συνεισφοράς των πηγών έκλυσης.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Μετρήσεις αέριων ρύπων

1) Διοξίνες και πολυχλωριωμένα διφαινύλια

Η δειγματοληψία της αέριας και σωματιδιακής ύλης πραγματοποιήθηκε με δειγματολήπτες τύπου Tisch (PUF) High Volume sampler, σύμφωνα με το πρότυπο EPA TO-9A. Η συλλογή των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων έγινε με χρήση φίλτρων τύπου Glass Fiber διαμέτρου 105 mm ενώ για την αέρια φάση χρησιμοποιήθηκε φίλτρο πολυουρεθάνης (PUF). Η διάρκεια της δειγματοληψίας ήταν 24h.

Οι μετρήσεις διοξινών, φουρανίων και PCBs διενεργήθηκαν σύμφωνα με διεθνή πρωτόκολλα (EPA TO-9A, EN 1948:2010), με κατάλληλη επεξεργασία του δείγματος, μέτρηση σε φασματογράφο μάζας υψηλής διακριτικής ικανότητας και πληρούν τα κριτήρια ποιότητας όπως ορίζονται στον Κανονισμό 644/2017/EK της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Το Εργαστήριο Φασματομετρίας Μάζας και Ανάλυσης Διοξινών (ΕΦΑΜΑΔ) του ΕΚΕΦΕ "Δημόκριτος" είναι διαπιστευμένο κατά EN ISO/IEC 17025 από το ΕΣΥΔ (Αρ. Πιστ. 321-4) για την διεξαγωγή αναλύσεων διοξινών και PCBs σε τρόφιμα, ζωοτροφές, βιολογικά υγρά και αέρα. Ακόμη, το Εργαστήριο έχει ορισθεί Εθνικό Εργαστήριο Αναφοράς της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Ελλάδα και την Κύπρο.

2) Αιωρούμενα Σωματίδια

Η δειγματοληψία των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀ ακολουθεί το πρότυπο EN12341:2014 (*Ambient Air- Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM10 or the PM2.5 mass concentration of suspended particulate matter*). Η συλλογή δειγμάτων είναι 24h (1 δείγμα ημερησίως) και πραγματοποιείται με δειγματολήπτες χαμηλής ροής (2.3 m³/h) τύπου Derenda (LVS3.1/PNS3.1-15).

3) Χημική σύσταση αιωρούμενων σωματιδίων

Τα συλλεχθέντα δείγματα υποβλήθηκαν σε περαιτέρω χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό της χημικής τους σύστασης σε Πολυκυκλικούς Αρωματικούς Υδρογονάνθρακες (22 ενώσεις PAHs) ακολουθώντας το πρότυπο ISO 12884:2000 και οργανικό/στοιχειακό άνθρακα (OC/EC).

4) Πτητικές Οργανικές ενώσεις

Μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις των πτητικών οργανικών ενώσεων βενζολίου (benzene), τολουολίου (toluene), οκτανίου (octane), ξυλολίων [ο-ξυλόλιο (o-xylene), π-ξυλόλιο (p-xylene), μ-ξυλόλιο (m-xylene)], α και β πινενίων (α,β - pinene) και αιθυλοβενζολίου (ethylbenzene), η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε σωληνάκια (tubes) με προσροφητικό υλικό Tenax TA. Η λήψη των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με αντλία σταθερής ροής τύπου Gilian Plus και η ανάλυσή τους έγινε σε αέριο χρωματογράφο (GC-FID).

5) Μετεωρολογία

Συνεχής καταγραφή της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου (15λεπτη) έλαβε χώρα σε κάθε ένα εκ των σταθμών με χρήση φορητού ανεμόμετρου (Wind Sensor System).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΕΡΑ

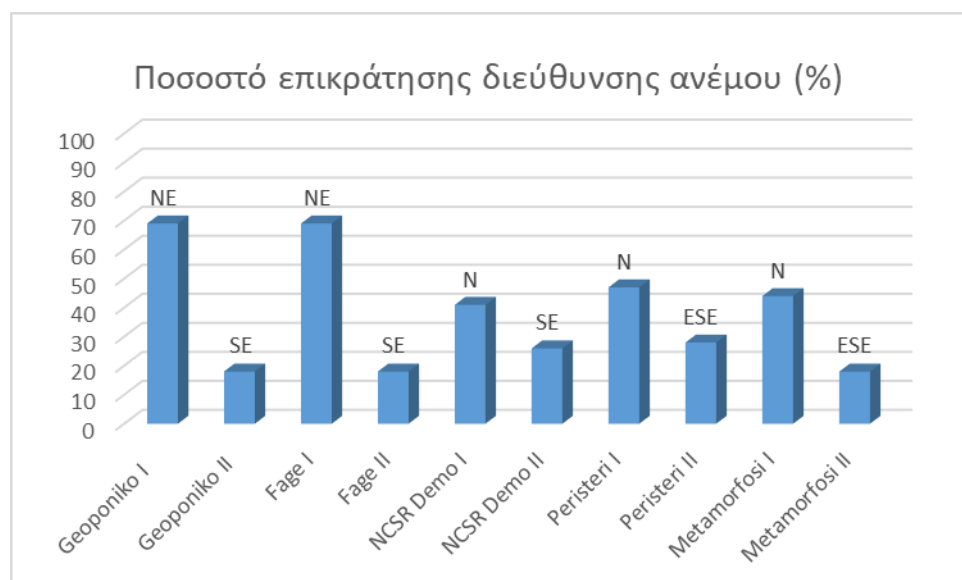
3.1 Μετεωρολογία

Οι μέσες τιμές των μετεωρολογικών συνθηκών (θερμοκρασία, ταχύτητα ανέμου, πίεση) που επικράτησαν στη διάρκεια των ημερών δειγματοληψίας στα διαφορετικά σημεία συνοψίζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης μετεωρολογικών παραμέτρων

Σημείο Δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C)	Σχ. Υγρασία (%)	Ταχύτητα ανέμου (m/sec)	Πίεση (hpa)
Geoponiko I	29	46	2.43	1004
Geoponiko II	29	45	0.94	1004
Fage I	29	45	2.43	988
Fage II	27	41	0.98	987
NCSR Demo I	29	43	1.45	985
NCSR Demo II	29	46	1.11	977
Peristeri I	28	41	1.33	1003
Peristeri II	30	41	0.95	997
Metamorfosi I	28	42	1.21	986
Metamorfosi II	30	42	0.71	984

Κατά την πρώτη περίοδο, στα σημεία δειγματοληψίας, επικράτησαν άνεμοι βόρειας και βόρειο-ανατολικής προέλευσης ενώ κατά την δεύτερη περίοδο επικράτησαν άνεμοι νότιο-ανατολικής και ανατολικής-νότιοανατολικής προέλευσης. (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Ποσοστό επικράτησης διεύθυνσης ανέμου κατά την δειγματοληψία.

3.2 Διοξίνες και πολυχλωριωμένα διφαινύλια

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του προσδιορισμού των συγκεντρώσεων διοξινών και πολυχλωριωμένων διφαινυλίων των συλλεχθέντων δειγμάτων της αέρας και ολικής σωματιδιακής ύλης και οι τιμές συγκέντρωσης ανά σημείο παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Οι αναλυτικές τιμές συγκέντρωσης κάθε ισομερούς διοξινών και φουρανίων (PCDD/Fs), "παρόμοιων με τις διοξίνες" PCBs (non-ortho και mono-ortho PCBs) και συνολικής συγκέντρωσης indicator PCBs παρουσιάζονται στους Πίνακες 5, 6 και 7 αντίστοιχα.

Το κάθε δείγμα χαρακτηρίζεται από την συνολική τοξικότητα (Σύνολο TEQ , Total Toxic Equivalency) για διοξίνες και "παρόμοια με διοξίνες" PCBs που προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της συγκέντρωσης κάθε ενός από τα 29 τοξικά ισομερή με τον αντίστοιχο παράγοντα τοξικής ισοδυναμίας TEF (Toxic Equivalency Factor 2005).

Η χωρική διακύμανση στα σημεία της δειγματοληψίας των συγκεντρώσεων της συνολικής τοξικότητας διοξινών και φουρανίων (TEQ PCDD/F), συνολικής τοξικότητας για "παρόμοια με τις διοξίνες" PCBs (TEQ PCBs) και συνολικής συγκέντρωσης indicator PCBs των δειγμάτων αέρα παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.

Πίνακας 4: Τιμές συγκέντρωσης συνολικής τοξικότητας διοξινών και φουρανίων (TEQ PCDD/F), συνολικής τοξικότητας για "παρόμοια με τις διοξίνες" PCBs (TEQ PCBs) και συνολικής συγκέντρωσης indicator PCBs.

Σημείο Δειγματοληψίας			
Ατμοσφαιρικός Αέρας	TEQ PCDD/Fs fg/m ³	TEQ PCBs fg/m ³	ind PCBs pg/m ³
Geoponiko I	17.29	2.38	68.17
Geoponiko II	12.94	2.62	71.34
Fage I	702.97	22.75	216.00
Fage II	17.24	2.22	55.56
NCSR Demo I	23.97	2.62	77.58
NCSR Demo II	12.81	1.41	39.40
Peristeri I	25.72	2.62	103.76
Peristeri II	25.86	2.49	102.40
Metamorfosi I	25.27	2.40	94.89
Metamorfosi II	65.31	3.55	120.15

Πίνακας 5: Τιμές συγκέντρωσης κάθε ισομερούς διοξινών και φουρανίων PCDD/Fs.

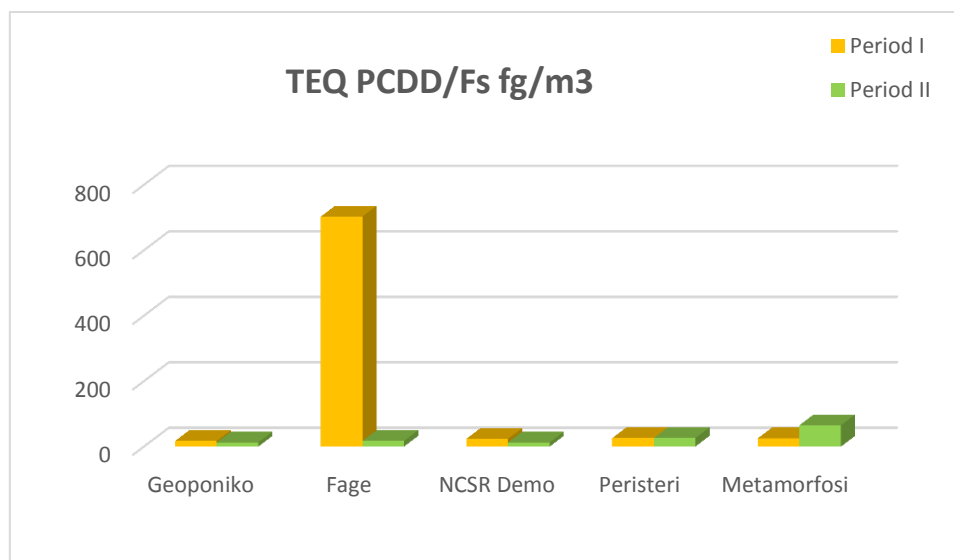
Διοξίνες και φουράνια (pg/δείγμα)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
2,3,7,8 - TCDD	0.50	15.79	1.00	0.61	0.57	0.74	0.93	0.28	0.21	2.10
1,2,3,7,8 - PeCDD	< 0.10	54.33	0.98	1.15	0.90	0.85	0.9	0.69	0.49	6.2
1,2,3,4,7,8 - HxCDD	0.76	31.87	2.03	0.92	2.05	0.23	0.42	0.57	1.14	1.94
1,2,3,6,7,8 - HxCDD	1.76	87.36	1.87	2.91	7.87	0.33	0.44	1.4	1.62	6.27
1,2,3,7,8,9 - HxCDD	0.57	62.8	0.61	0.91	4.01	0.14	0.14	0.32	0.91	2.55
1,2,3,4,6,7,8 - HpCDD	9.76	415.49	3.36	16.8	56.2	2.13	1.28	8.75	8.11	43.01
OCDD	16.12	441.9	4.48	26.51	55.54	6.35	3.97	9.65	9.87	50.02
2,3,7,8 - TCDF	2.56	149.37	7.79	5.55	2.06	3.27	5.96	1.85	5.39	5.96
1,2,3,7,8 - PeCDF	4.50	169.07	8.41	7.20	5.28	3.11	4.36	1.72	7.29	10.04
2,3,4,7,8 - PeCDF	3.41	205.63	9.09	7.53	7.16	3.62	5.93	3.64	10.14	9.74
1,2,3,4,7,8 - HxCDF	9.85	184.76	8.04	11.98	9.66	1.96	5.84	5.70	11.29	28.39
1,2,3,6,7,8 - HxCDF	5.51	152.81	5.57	7.32	5.58	1.02	3.1	3.93	9.86	16.04
2,3,4,6,7,8 - HxCDF	4.25	133.82	3.22	5.69	5.12	1.01	1.21	4.14	8.42	12.97
1,2,3,7,8,9 - HxCDF	1.06	43.80	0.65	1.07	0.33	< 0.10	0.29	0.33	2.07	5.00
1,2,3,4,6,7,8 - HpCDF	29.62	406.95	7.97	23.09	16.78	5.14	4.72	13.01	23.04	94.28
1,2,3,4,7,8,9 - HpCDF	4.31	52.62	0.37	2.32	0.33	0.43	0.62	0.20	3.63	13.70
OCDF	30.11	176.17	2.34	13.79	5.36	2.56	2.15	4.94	10.27	101.04
PCDD/F TEQ- fg/m ³	17.29	702.97	23.97	25.72	25.27	12.94	17.24	12.81	25.86	65.31

Πίνακας 6: Τιμές συγκέντρωσης κάθε ισομερούς των "παρόμοιων με τις διοξίνες" PCBs.

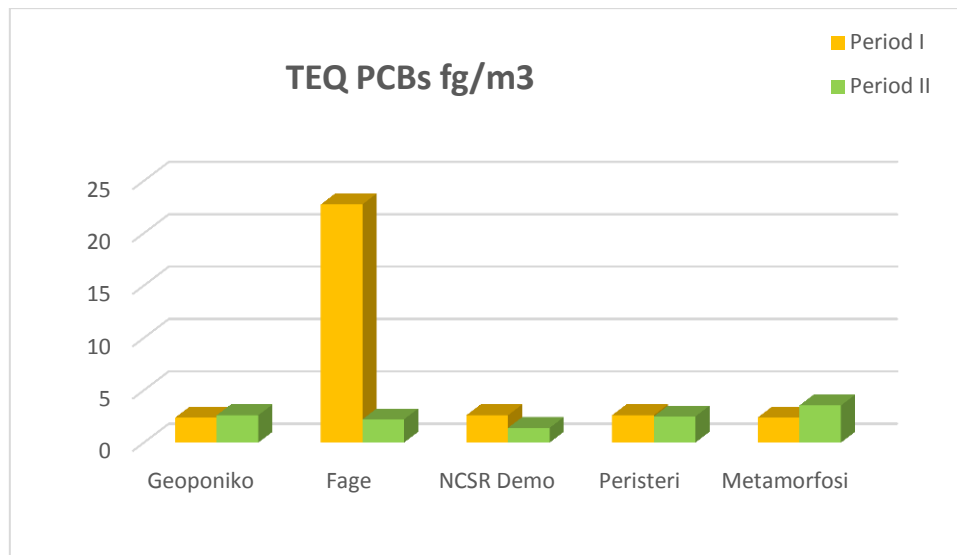
Non-ortho PCBs (pg/δείγμα)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
PCB-77	80.81	284.71	49.01	53.76	62.56	84.9	85.85	34.99	83.37	102.6
PCB-81	8.06	107.99	9.68	9.16	10.14	6.66	17.04	4.36	10.47	16.23
PCB-126	5.30	70.12	7.26	7.41	6.62	5.62	5.36	3.60	6.87	9.80
PCB-169	1.28	16.43	2.41	1.68	2.00	0.54	1.65	0.84	1.63	2.27
Mono-ortho PCBs (pg/δείγμα)										
PCB 105	202.63	307.23	186.23	126.95	156.24	312.76	263.46	153.26	146.83	202.52
PCB 114	21.24	145.47	34.63	15.69	23.63	19.54	34.82	2.00	13.1	34.73
PCB 118	574.56	689.17	524.08	381.46	413.39	878.88	731.52	332.61	438.15	565.35
PCB 123	74.56	158.73	70.34	51.22	51.47	109.86	95.04	35.18	65.88	76.51
PCB 156	30.03	76.8	46.78	28.11	26.97	42.27	43.61	44.17	29.95	39.79
PCB 157	5.92	23.54	8.33	3.76	5.00	4.96	6.46	20.54	14.69	7.75
PCB 167	15.69	39.63	23.45	10.11	10.2	25.76	19.51	14.72	14.06	19.31
PCB 189	4.34	31.25	4.92	4.76	4.09	2.70	4.78	2.69	5.02	9.13
PCBs TEQ- fg/m ³	2.38	22.75	2.62	2.62	2.40	2.62	2.22	1.41	2.49	3.55

Πίνακας 7: Τιμές συγκέντρωσης κάθε ισομερούς των indicator PCBs.

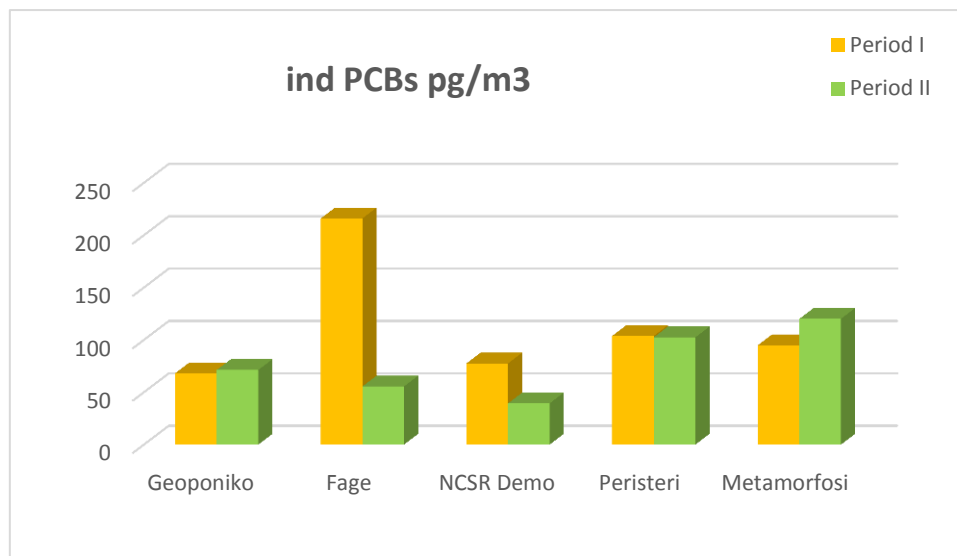
Indicator PCBs (pg/δείγμα)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
PCB 28	10433.72	54954.17	17982.45	25757.13	23043.59	10721.95	10770.68	9515.62	23226.76	26492.53
PCB 52	4053.78	10119.86	3638.73	4681.26	4474.29	3766.82	4195.73	1323.4	6163.29	7266.72
PCB 101	2218.36	3514.56	1740.78	1403.95	1632.06	3221.32	1019.97	532.09	1719.46	2188.62
PCB 138	889.98	675.3	916.99	620.01	537.42	809.73	892.75	561.01	675.11	908.76
PCB 153	1236.74	1293.42	1413.46	828.88	902.42	1201.74	713.62	585.51	1130.69	1415.03
PCB 180	253.98	260.96	377.03	212.41	191.5	429.99	288.74	278.39	284.85	342.07
ind PCBs- pg/m³	68.17	216.00	77.58	103.76	94.89	71.34	55.56	39.40	102.40	120.15



a



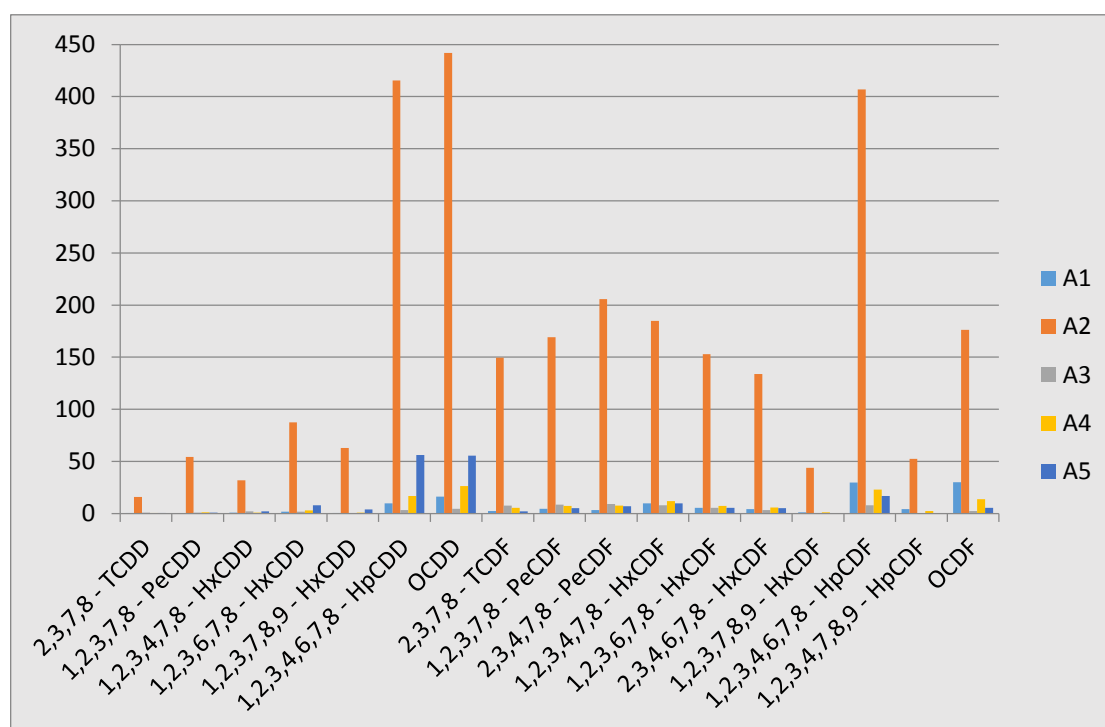
β



γ

Σχήμα 2: Διακύμανση της συγκέντρωσης α) συνολικής τοξικότητας διοξινών και φουρανίων (TEQ PCDD/Fs), β) συνολικής τοξικότητας για "παρόμοια με τις διοξίνες" PCBs (TEQ PCBs), γ) συνολικής συγκέντρωσης indicator PCBs στα σημεία δειγματοληψίας.

Στο ιστόγραμμα της διακύμανσης της συγκέντρωσης των ισομερών που παρουσιάζεται στο σχήμα 3 φαίνεται ότι την μεγαλύτερη συγκέντρωση είχαν τα 1,2,3,4,6,7,8 -HpCDF, 1,2,3,4,6,7,8 -HpCDD, OCDF και οι OCDD, ενώ την μεγαλύτερη συμμετοχή στη συνολική τοξικότητα είχαν τα 2,3,7,8-TCDF, 1,2,3,7,8-PeCDF, 2,3,4,7,8-PeCDF, 1,2,3,4,7,8-HxCDF, και το 1,2,3,6,7,8-HxCDF.



Σχήμα 3: Ιστόγραμμα της διακύμανσης της συγκέντρωσης των ισομερών διοξινών και φουρανίων.

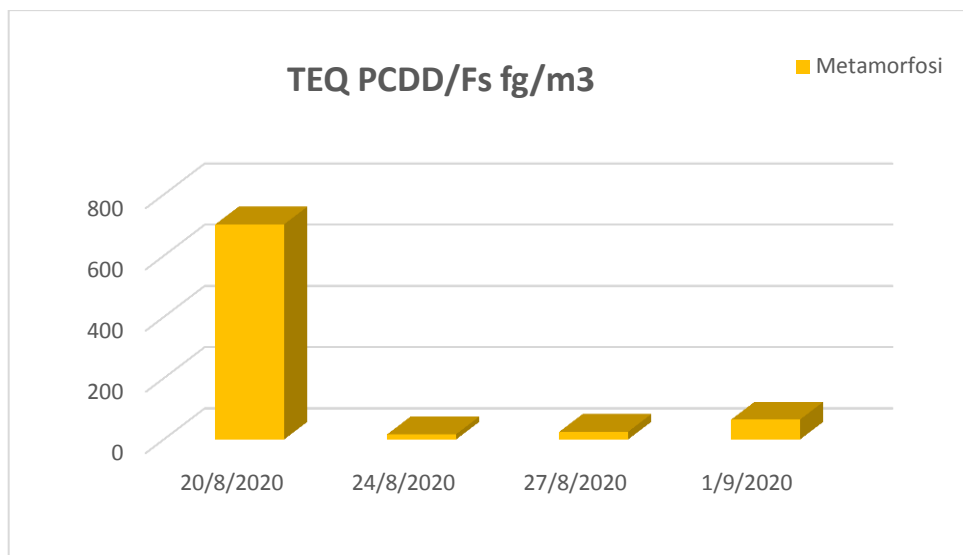
Δεν υπάρχουν θεσμοθετημένα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια για τα επίπεδα των διοξινών και των παρόμοιων με τις διοξίνες PCBs στον ατμοσφαιρικό αέρα. Σε δημοσιευμένες μελέτες του ΕΦΑΜΑΔ και σε μελέτες από τη διεθνή βιβλιογραφία (Manolis Mandalakis et al. Atmospheric Environment 36 (2002) 4023–4035, Celine Degrendele et al. Chemosphere 240 (2020) 124852, Peter Bruckmann et al., Chemosphere 93 (2013) 1471–1478) έχουν μετρηθεί 42–73 fg/m³ TEQ WHO στο κέντρο της Αθήνας, 119 fg/m³ TEQ WHO σε βιομηχανική περιοχή και 4–12 fg/m³ TEQ WHO σε αγροτικές

περιοχές απομακρυσμένες από αστικές δραστηριότητες. Σε περιπτώσεις πυρκαγιάς σε χωματερές έχουν μετρηθεί τιμές από 150- 4950 fg/m³ TEQ WHO ανάλογα με την ένταση της φωτιάς και την απόσταση από την πυρκαγιά.

Όσον αφορά στις διοξίνες, οι τιμές κυμαίνονται από 12.81 έως 702.97 fg/m³ TEQ PCDD/F, με την υψηλότερη τιμή να καταγράφεται στο σημείο Fage I στις 20/08/2020 και ενώ υπήρχαν ακόμα ενεργές εστίες φωτιάς.

Αν παρατηρήσουμε τις τιμές συγκέντρωσης συνολικής τοξικότητας διοξινών και φουρανίων που μετρήθηκαν στην περιοχή της Μεταμόρφωσης (Fage I, Fafe II, Metamorfosi I, Metamorfosi II) στο Σχήμα 4, βλέπουμε ότι αυτές κυμαίνονταν σε υψηλές τιμές στις 20/08/2020 και ενώ υπήρχαν ακόμα ενεργές εστίες φωτιάς, στη συνέχεια στις 24/08/2020 οι τιμές που μετρήθηκαν ήταν σε χαμηλά επίπεδα, ελαφρά υψηλότερες από αυτές που ανιχνεύονται σε απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές και χαμηλότερες από αυτές που ανιχνεύονται στο κέντρο της Αθήνας, ενώ στις 01/09/2020, η τιμή της συγκέντρωσης συνολικής τοξικότητας διοξινών και φουρανίων μετρήθηκε ελαφρά υψηλότερη και πλησιάζει στο επάνω όριο από αυτές που ανιχνεύονται στο κέντρο της Αθήνας, πιθανώς διότι υπήρξε δραστηριότητα στο εργοστάσιο την ημέρα εκείνη που προκάλεσε έκλυση σκόνης (υψηλές τιμές αιωρούμενης σκόνης).

Στα υπόλοιπα σημεία δειγματοληψίας, Georoniko, NCSR Demo και Peristeri, οι τιμές συγκέντρωσης συνολικής τοξικότητας διοξινών και φουρανίων που μετρήθηκαν και στις δύο περιόδους δειγματοληψίας ήταν σε χαμηλά επίπεδα, ελαφρά υψηλότερες από αυτές που ανιχνεύονται σε απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές και χαμηλότερες από αυτές που ανιχνεύονται στο κέντρο της Αθήνας.



Σχήμα 4: Διακύμανση της συγκέντρωσης συνολικής τοξικότητας διοξινών και φουρανίων (TEQ PCDD/Fs) στην περιοχή της Μεταμόρφωσης.

Όσον αφορά στα πολυχλωριωμένα διφαινύλια, οι τιμές συνολικής τοξικότητας για "παρόμοια με τις διοξίνες" PCBs (TEQ PCBs) κυμαίνονται από 1.41 έως 22.75 fg/m³ PCB, με την υψηλότερη τιμή να καταγράφεται στο σημείο Fage I στις 20/08/2020 και ενώ υπήρχαν ακόμα ενεργές εστίες φωτιάς, και την χαμηλότερη στο σημείο NCSR Demo.

Οι τιμές συνολικής συγκέντρωσης indicators PCBs κυμαίνονται από 39,40 έως 216.00 pg/m³, με την υψηλότερη τιμή να καταγράφεται σημείο Fage I στις 20/08/2020 και ενώ υπήρχαν ακόμα ενεργές εστίες φωτιάς, και την χαμηλότερη στο σημείο NCSR Demo.

Οι τιμές συνολικής τοξικότητας για "παρόμοια με τις διοξίνες" PCBs που έχουν μετρηθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα σε διάφορες περιοχές της Αθήνας κυμαίνονται από 10 έως 180 fg/m³ TEQ WHO ενώ το Γερμανικό Ομοσπονδιακό Υπουργείο Υγείας αξιολογεί ότι απαιτείται ειδικός καθαρισμός και τακτικός αερισμός για συγκεντρώσεις πάνω από την ιδανική τιμή των 300 ng/m³. Τέλος, σύμφωνα με το Προεδρικό Διάταγμα 90/1999 "Καθορισμός οριακών τιμών έκθεσης και ανώτατων οριακών τιμών έκθεσης

των εργαζομένων σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά την διάρκεια της εργασίας τους σε συμμόρφωση με τις οδηγίες 91/322/ΕΟΚ και 96/94/ΕΚ της Επιτροπής και τροποποίηση και συμπλήρωση του Π.Δ. 307/86 «Προστασία της υγείας των εργαζομένων που εκτίθενται σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά την διάρκεια της εργασίας τους» (135/Α) όπως τροποποιήθηκε με το Π.Δ. 77/93 (34/Α)" (Φ.Ε.Κ. 94/Α/13-5-99) η οριακή τιμή έκθεσης για τα χλωρο-διφαινύλια (PCBs) ορίζεται σε 0,5 mg/m³ (500.000 ng/m³).

Οι τιμές συνολικής τοξικότητας για "παρόμοια με τις διοξίνες" PCBs (TEQ PCBs) και συνολικής συγκέντρωσης indicator PCBs που μετρήθηκαν στην παρούσα μελέτη ήταν σε κανονικά επίπεδα για περιοχή με αστικές δραστηριότητες.

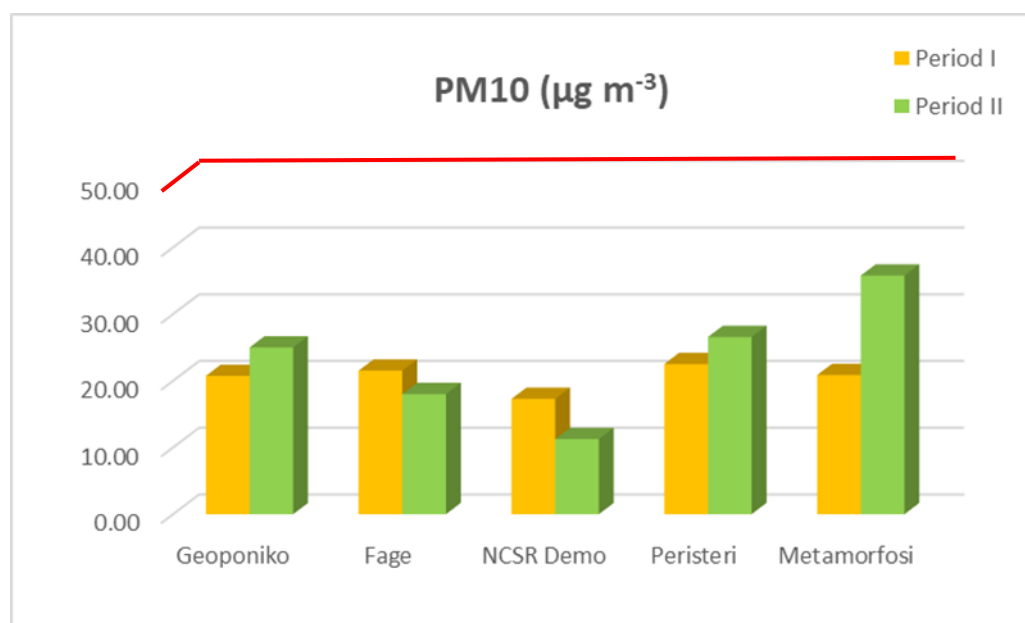
3.3 Αιωρούμενα Σωματίδια

3.3.1. Συγκεντρώσεις

Τα αποτελέσματα των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀, και των ολικών αιωρούμενων σωματιδίων TSP παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 8. Όπως φαίνεται, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις όσον αφορά τα PM₁₀ καταγράφονται στην περιοχή της Μεταμόρφωσης την 2^η περίοδο δειγματοληψίας ενώ ακολουθεί το Περιστέρι και το Γεωπονικό Παν/μιο. Σχετικά με τα TSP οι υψηλότερες συγκεντρώσεις καταγράφονται στην περιοχή της Μεταμόρφωσης την 2^η περίοδο δειγματοληψίας ενώ ακολουθεί το Περιστέρι και η ΦΑΓΕ.

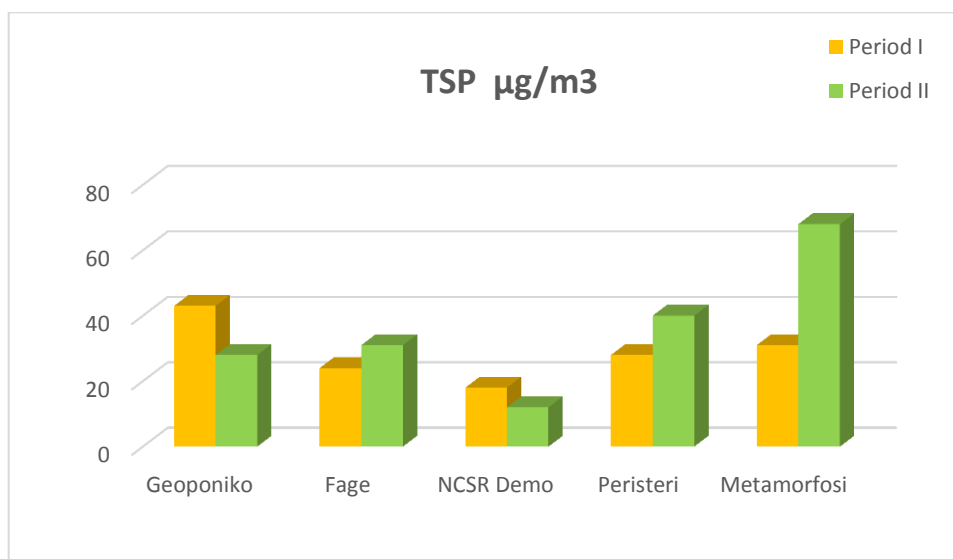
Πίνακας 8: Αποτελέσματα ημερήσιας συγκέντρωσης PM₁₀ και TSP(μg/m³)

	PM10(μg/m³)	TSP(μg/m³)
Geoponiko I	20.72	43.00
Geoponiko II	24.99	28.00
Fage I	21.52	24.00
Fage II	18.00	31.00
NCSR Demo I	17.28	18.00
NCSR Demo II	11.25	12.00
Peristeri I	22.51	28.00
Peristeri II	26.57	40.00
Metamorfosi I	20.85	31.00
Metamorfosi II	35.77	68.00



— Οριακή τιμή συγκέντρωσης (EU Directive 2008/50/EC, 50 μg/m³)

Σχήμα 5: Ημερήσιες συγκεντρώσεις PM₁₀ στα σημεία δειγματοληψίας για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας.



Σχήμα 6: Ημερήσιες συγκεντρώσεις TSP στα σημεία δειγματοληψίας για τις δύο περιόδους δειγματοληψίας.

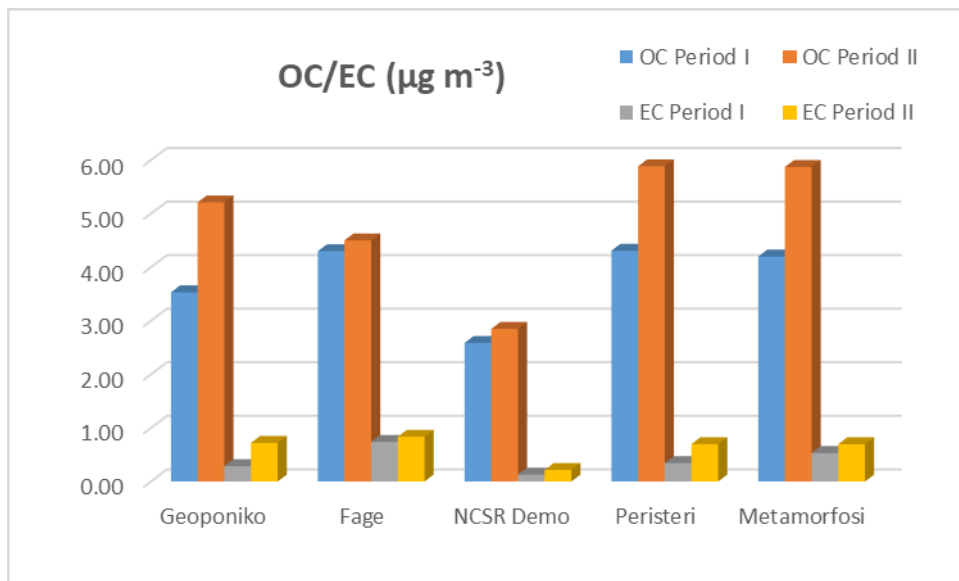
Όπως προκύπτει από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, δεν μετρήθηκε υπέρβαση της οριακής συγκέντρωσης των PM_{10} σε κανένα σημείο δειγματοληψίας. Η θεσμοθετημένη ημερήσια επιτρεπόμενη τιμή συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} είναι $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές ανά ημερολογιακό έτος (Οδηγία 2008/50/EC).

3.3.2. Χημική Σύσταση

Τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης των συλλεχθέντων δειγμάτων PM_{10} για τον προσδιορισμό της χημικής τους σύστασης όσον αφορά στον οργανικό και στοιχειακό άνθρακα (OC/EC) και τους πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες παρουσιάζονται συνοπτικά στους Πίνακες 9 και 10, αντίστοιχα.

Πίνακας 9: Αποτελέσματα συγκεντρώσεων OC/EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	OC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Geoponiko I	3.53	0.29
Geoponiko II	5.21	0.72
Fage I	4.30	0.74
Fage II	4.50	0.84
NCSR Demo I	2.59	0.13
NCSR Demo II	2.85	0.22
Peristeri I	4.31	0.34
Peristeri II	5.89	0.70
Metamorfosi I	4.20	0.53
Metamorfosi II	5.87	0.70



Σχήμα 7 : Ημερήσιες συγκεντρώσεις των οργανικού και στοιχειακού άνθρακα στα σημεία δειγματοληψίας.

Οι υψηλότερες τιμές του στοιχειακού άνθρακα εμφανίζονται στην περιοχή της ΦΑΓΕ και της Μεταμόρφωσης την 2^η περίοδο δειγματοληψίας ακολουθεί το Γεωπονικό και το Περιστερί.

Όσον αφορά στους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ), οι υψηλότερες τιμές καταγράφονται στη Μεταμόρφωση την 2^η περίοδο δειγματοληψίας ενώ ακολουθεί η ΦΑΓΕ την 1^η περίοδο.

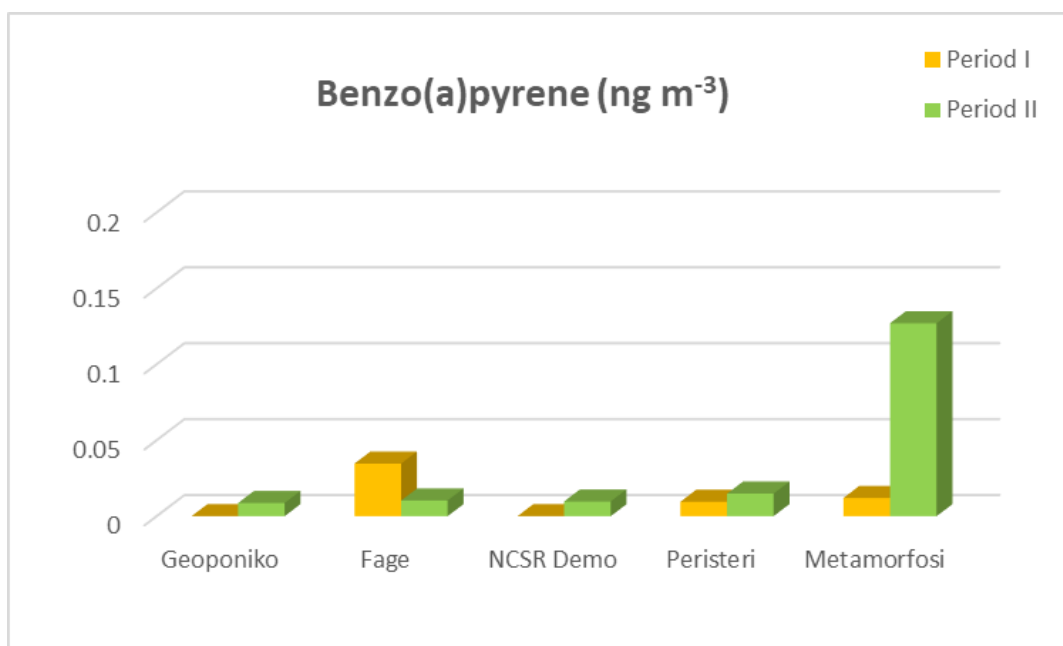
Σχετικά με το benzo(a)pyrene (Σχήμα 8), τον πλέον μελετημένο και πιο γνωστό από τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, η υψηλότερη μέση τιμή του καταγράφεται στη Μεταμόρφωση την 2^η περίοδο ενώ ακολουθεί η ΦΑΓΕ την 1^η περίοδο. Δεν διαπιστώθηκε υπέρβαση της προτεινόμενης ετήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης του (1ng/m^3) από την Ευρωπαϊκή Ένωση (EU Directive 2004/107/EC) σε κανένα σημείο.

Πιθανές δραστηριότητες αναμόχλευσης των καμένων υλικών την 2^η περίοδο δειγματοληψίας είχαν ως αποτέλεσμα την αύξηση των συγκεντρώσεων των σωματιδίων και της χημικής σύστασης αυτών σε στοιχειακό άνθρακα και ΠΑΥ στην Μεταμόρφωση.

Πίνακας 10: Μέσες τιμές συγκέντρωσης (ng/m³) Πολυκυκλικών Αρωματικών Υδρογονανθράκων (PAHs)

	Γεωπονικό Ι	Γεωπονικό ΙΙ	ΦΑΓΕ Ι	ΦΑΓΕ ΙΙ	Αγ. Παρασκευή Ι	Αγ. Παρασκευή ΙΙ	Περιστέρι Ι	Περιστέρι ΙΙ	Μεταμόρφωση Ι	Μεταμόρφωση	%Uexr (k=2)
	ng/m3	ng/m3	ng/m3	ng/m3	ng/m3	ng/m3	ng/m3	ng/m3	ng/m3	ng/m3	
naphthalene	0.15	0.15	0.10	0.11	0.09	0.14	0.17	0.08	0.13	0.17	9.16
2-methylnaphthalene	0.09	0.09	0.07	0.08	0.06	0.09	0.10	0.05	0.09	0.11	24.2
1-methylnaphthalene	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05	0.03	0.05	0.06	19.1
acenaphthylene	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	14.9
1,2-dimethylnaphthalene	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	8.62
2,6- dimethylnaphthalene	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	7.10
acenaphthene	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	8.89
2,3,5- trimethylnaphthalene	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	17.8
fluorene	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05	0.07	0.07	0.05	0.08	0.06	16.4
phenanthrene	0.21	0.21	0.19	0.19	0.15	0.19	0.20	0.15	0.21	0.20	12.2
1-methylphenanthrene	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	10.8
3,6 -dimethyl phenanthrene	<loq	0.01	<loq	0.0	<loq	0.01	0.01	<loq	0.01	0.01	19.1
anthracene	<loq	<loq	<loq	<loq	<loq	<loq	<loq	<loq	<loq	<loq	10.2
fluoranthrene	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	8.79
pyrene	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	9.53
benz(a)anthracene	<loq	0.01	0.02	0.02	<loq	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	22.6
chrysene	0.01	0.02	0.04	0.02	<loq	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	9.94
benzo(b)fluoranthene	0.02	0.03	0.33	0.04	0.01	0.03	0.04	0.05	0.03	0.34	15.9
benzo(k)fluoranthene	<loq	0.01	0.07	0.01	<loq	0.01	0.01	0.02	0.01	0.13	16.5
benzo(e)pyrene	<loq	0.02	0.15	0.03	<loq	0.01	0.02	0.02	0.02	0.21	15.4
benzo(a)pyrene	<loq	0.01	0.03	0.01	<loq	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13	8.46
perylene	<loq	<loq	0.01	<loq	<loq	<loq	<loq	<loq	<loq	0.04	13.3
indeno(1,2,3-c,d)pyrene	<loq	<loq	0.14	<loq	<loq	<loq	<loq	<loq	<loq	0.26	19.6
dibenzo(a,h)anthracene	<loq	<loq	0.03	<loq	<loq	<loq	<loq	<loq	<loq	<loq	14.5
benzo(ghi)perylene	<loq	0.03	0.10	0.03	<loq	<loq	0.02	0.03	0.03	0.37	10.6
SUM PAHs	0.67	0.82	1.47	0.76	0.46	0.75	0.85	0.62	0.81	2.28	

loq=limit of quantification (όριο ποσοτικοποίησης)



Σχήμα 8 : Ημερήσιες συγκεντρώσεις βένζο(α)πυρενίου. Προτεινόμενη οριακή τιμή συγκέντρωσης (EU Directive 2004/107/EC, 1 ng/m³)

3.4 Πτητικές Οργανικές Ενώσεις

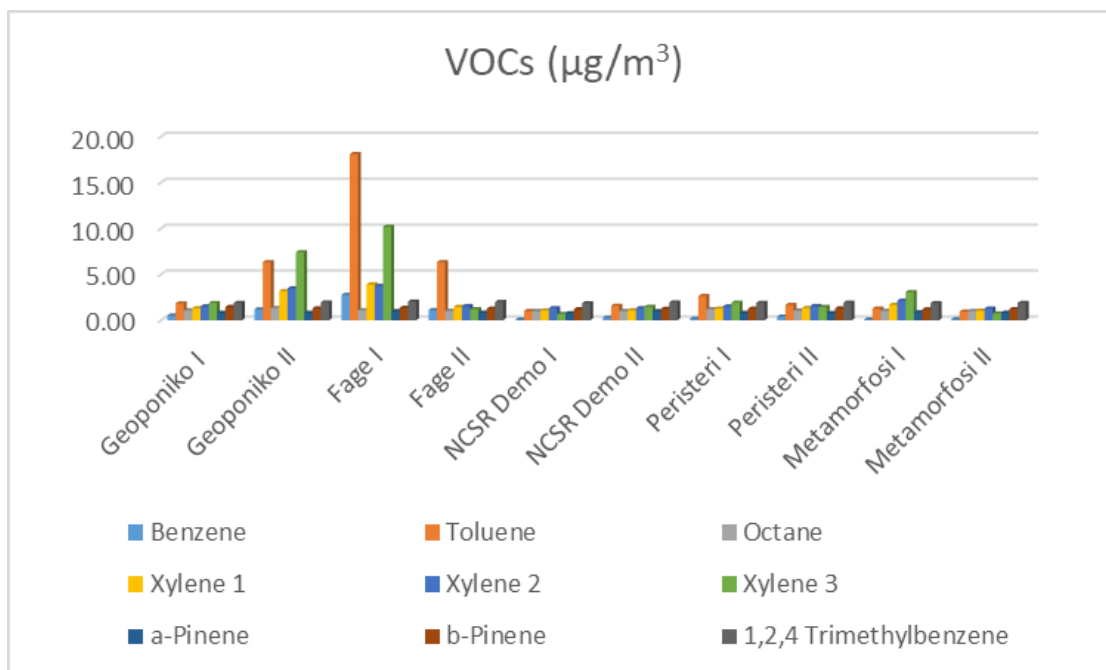
Τα μέσα επίπεδα συγκέντρωσης των ανιχνευθέντων πτητικών οργανικών ενώσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 12 και στο Σχήμα 9.

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι οι υψηλότερες τιμές για όλες τις ενώσεις σημειώθηκαν στην ΦΑΓΕ την 1^η περίοδο δειγματοληψίας.

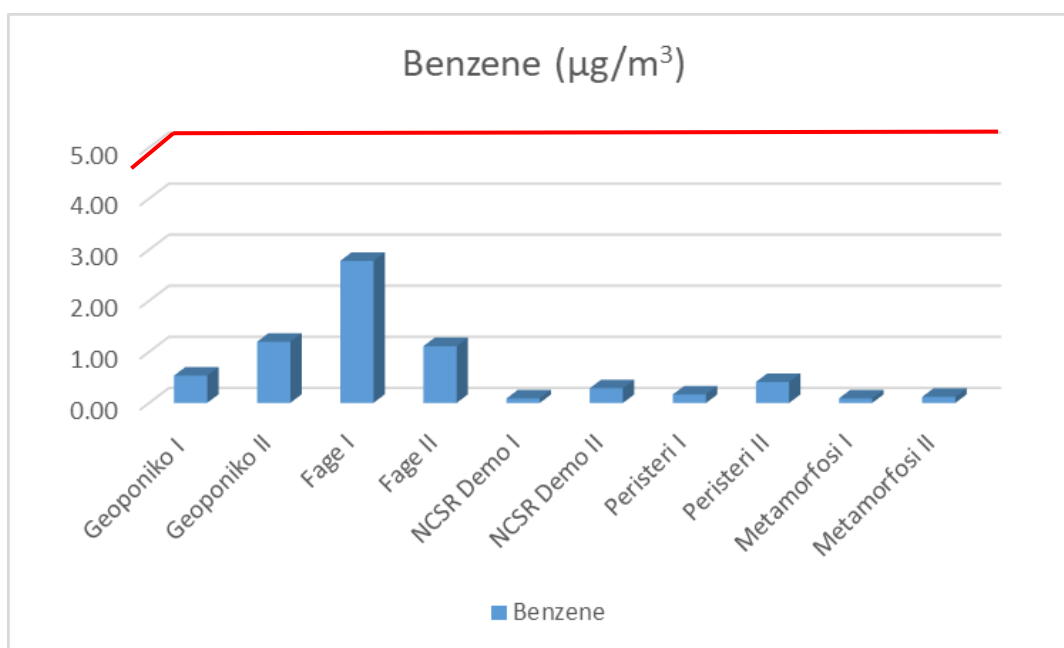
Πίνακας 12: Μέσες τιμές συγκέντρωσης ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Πτητικών Οργανικών Ενώσεων

	Benzene	Toluene	Octane	Xylene 1	Xylene 2	Xylene 3	a-Pinene	b-Pinene	1,2,4 Trimethyl benzene
Geoponiko I	0.53	1.84	1.09	1.31	1.52	1.89	0.81	1.45	1.89
Geoponiko II	1.20	6.32	1.33	3.18	3.48	7.41	0.82	1.30	1.94
Fage I	2.78	18.10	1.10	3.90	3.74	10.1 8	0.98	1.35	2.03
Fage II	1.11	6.32	1.04	1.45	1.55	1.21	0.83	1.27	1.99
NCSR Demokritos I	0.09	1.01	1.01	1.08	1.32	0.69	0.78	1.21	1.86
NCSR Demokritos II	0.29	1.59	1.02	1.09	1.32	1.47	0.99	1.26	1.93
Peristeri I	0.17	2.63	1.20	1.27	1.51	1.92	0.81	1.27	1.90
Peristeri II	0.41	1.68	1.07	1.33	1.55	1.46	0.79	1.30	1.91
Metamorfosi I	0.09	1.27	1.04	1.67	2.14	3.07	0.88	1.20	1.87
Metamorfosi II	0.12	0.96	1.01	1.06	1.28	0.75	0.82	1.22	1.89

Το υψηλότερο μέσο επίπεδο συγκέντρωσης του βενζολίου καταγράφεται στο σημείο της ΦΑΓΕ την 1^η περίοδο δειγματοληψίας ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι σε κανένα από τα δείγματα που ελήφθησαν στα υπό εξέταση σημεία η συγκέντρωσή τους δεν ξεπέρασε την προτεινόμενη οριακή τιμή συγκέντρωσης $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ημερολογιακό έτος) (Οδηγία 2008/50/EC) Σχήμα 10.



Σχήμα 9 : Μέσες τιμές συγκέντρωσης ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Πτητικών Οργανικών Ενώσεων



— Οριακή τιμή συγκέντρωσης (EU Directive 2008/50/EC, $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Σχήμα 10 : Μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις βενζολίου.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΡΥΠΩΝ

Συνοψίζοντας καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

- Οι τιμές συγκέντρωσης συνολικής τοξικότητας διοξινών και φουρανίων που μετρήθηκαν στην περιοχή της Μεταμόρφωσης κυμαίνονταν σε υψηλές τιμές στις 20/08/2020 και ενώ υπήρχαν ακόμα ενεργές εστίες φωτιάς, στη συνέχεια στις 24/08/2020 οι τιμές που μετρήθηκαν ήταν σε χαμηλά επίπεδα, ελαφρά υψηλότερες από αυτές που ανιχνεύονται σε απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές και χαμηλότερες από αυτές που ανιχνεύονται στο κέντρο της Αθήνας, ενώ στις 01/09/2020, η τιμή της συγκέντρωσης συνολικής τοξικότητας διοξινών και φουρανίων μετρήθηκε ελαφρά υψηλότερη και πλησιάζει στο επάνω όριο από αυτές που ανιχνεύονται στο κέντρο της Αθήνας, πιθανώς διότι υπήρξε δραστηριότητα στο εργοστάσιο την ημέρα εκείνη που προκάλεσε έκλυση σκόνης (υψηλές τιμές αιωρούμενης σκόνης).
- Στα υπόλοιπα σημεία δειγματοληψίας, Georoniko, NCSR Demo και Peristeri, οι τιμές συγκέντρωσης συνολικής τοξικότητας διοξινών και φουρανίων που μετρήθηκαν και στις δύο περιόδους δειγματοληψίας ήταν σε χαμηλά επίπεδα, ελαφρά υψηλότερες από αυτές που ανιχνεύονται σε απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές και χαμηλότερες από αυτές που ανιχνεύονται στο κέντρο της Αθήνας.
- Οι τιμές συνολικής τοξικότητας για "παρόμοια με τις διοξίνες" PCBs (TEQ PCBs) και συνολικής συγκέντρωσης indicator PCBs που μετρήθηκαν στην παρούσα μελέτη ήταν σε κανονικά επίπεδα για περιοχή με αστικές δραστηριότητες.
- Δεν μετρήθηκε υπέρβαση της συγκέντρωσης των PM_{10} σε κανένα σημείο δειγματοληψίας.
- Όσον αφορά στους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες και τον στοιχειακό άνθρακα, οι υψηλότερες τιμές καταγράφονται στο σημείο Μεταμόρφωση την 2^η περίοδο ενώ ακολουθεί η ΦΑΓΕ την 1^η περίοδο, με τα υπόλοιπα σημεία να παρουσιάζουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις με τη χαμηλότερη τιμή στο σημείο Δημόκριτος στην Αγ. Παρασκευή. Πιθανή δραστηριότητα στο εργοστάσιο (αναμόχλευση καμένου υλικού) την 2^η περίοδο προκάλεσε έκλυση σκόνης (υψηλές τιμές αιωρούμενης σκόνης) με αυξημένες συγκεντρώσεις ΠΑΥ και άνθρακα στην Μεταμόρφωση. Την ίδια τάση εμφάνισε και το benzo(a)pyrene, για το οποίο δεν διαπιστώθηκε υπέρβαση της

προτεινόμενης ετήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης του (1 ng/m^3) από την Ευρωπαϊκή Ένωση (EU Directive 2004/107/EC).

- Η ανάλυση των αποτελεσμάτων συγκέντρωσης πτητικών οργανικών ενώσεων έδειξε υψηλότερες τιμές στη ΦΑΓΕ την 1^η περίοδο ενώ σε κανένα από τα δείγματα που ελήφθησαν στα πέντε υπό εξέταση σημεία η συγκέντρωσή του βενζολίου δεν ξεπέρασε την προτεινόμενη οριακή τιμή συγκέντρωσης 5 μg/m^3 (ημερολογιακό έτος) (Οδηγία 2008/50/EC).

Δρ. Λεόντιος Λεοντιάδης

Προϊστάμενος Εργαστηρίου Φασματομετρίας Μάζας
και Ανάλυσης Διοξινών, Ευρωπαϊκού Εργαστηρίου Αναφοράς
Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. "Δημόκριτος"

Δρ. Θωμάς Μάγγος

Προϊστάμενος Εργαστηρίου Ατμοσφαιρικής Χημείας και Καινοτόμων Τεχνολογιών
(AirTech Lab)
Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. "Δημόκριτος"

]

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΠΟ ΤΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

ΦΑΓΕ



Δημαρχείο Περιστερίου



Γεωπονικό Παν/μιο



Γήπεδο Μεταμόρφωσης



ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ

