

Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΑΗΣ
ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ

ΜΟΝΑΣΤΗΡΙΩΤΗ ΘΕΟΔΩΡΑ (Α.Μ.35685)
ΚΩΝΣΤΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ (Α.Μ.35953)

Επιβλέπων Καθηγητής: ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Γ. ΠΑΛΙΑΤΣΟΣ



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ.....	4
4. ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ.....	5
5. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	8
6. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	9
7. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΡΥΠΩΝ.....	12
7.1 Μονοξείδιο του άνθρακα	12
7.2 Διοξείδιο του θείου	13
7.3 Οξείδια του αζώτου	18
7.4 Υδρογονάνθρακες και πτητικές οργανικές ενώσεις.....	19
7.5 Αιωρούμενα σωματίδια.....	19
8. Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ.....	22
9. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	24
9.1 Υλικά.....	24
9.1.1. Μέταλλα.....	25
9.1.2. Δομικά υλικά και μάρμαρα.....	25
9.1.3. Υφάσματα και βαφές.....	25
9.1.4. Δέρμα, χαρτί και χρώματα.....	25
9.1.5. Καουτσούκ.....	26
9.2 Μουσεία Αρχαιολογικού χώροι.....	26
9.3. Οικοσύστημα.....	32
9.4. Ορατότητα.....	39
9.5. Ανθρώπινη υγεία.....	39
9.6. Όξινη βροχή.....	45
10. ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ.....	46
11. ΝΟΜΟΣ ΑΡΚΑΔΙΑΣ.....	47

11.1	Ανθρωπογενές περιβάλλον.....	47
11.2	Πολιτιστική κληρονομιά.....	51
11.3	Φυσικό περιβάλλον.....	53
12.	ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΕΗ ΑΕ	
12.1	Λιγνίτης.....	61
12.2	Ενεργειακό πάρκο Μεγαλόπολης.....	65
12.3	Εξορυκτικές δραστηριότητες.....	68
12.4	Έργα αναβάθμισης μονάδων.....	69
12.5	Μελλοντικές δράσεις.....	70
13.	ΟΙ ΡΥΠΟΙ ΣΤΗ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ.....	73
13.1.	Σταθμοί μέτρησης ρύπων στην περιοχή.....	73
13.1.1.	Καρύταινα.....	73
13.1.2.	Θωκνία.....	75
13.1.3.	Τριπόταμος.....	75
13.1.4.	Ίσωμα.....	75
13.1.5.	Ίσαρι.....	75
13.1.6.	Λεοντάρι.....	76
13.1.7.	Ζώνη.....	76
13.1.8.	Ελληνικό.....	76
14.	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	
14.1	Διοξείδιο του θείου.....	77
14.2	Αιωρούμενα σωματίδια PM ₁₀	96
15.	ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	101
16.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	104

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην πτυχιακή αυτή εργασία θα μελετηθεί η ποιότητα της ατμόσφαιρας στην Ευρύτερη Περιοχή της Μεγαλόπολης (ΕΠΜ). Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν παραχωρήθηκαν από το δίκτυο των σταθμών της Διεύθυνσης Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας (ΔΕΜΕ) της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ) για τις περιόδους 1997-2000 και 2003-2006. Συγκεκριμένα οι σταθμοί οι οποίοι μελετήθηκαν στην παρούσα πτυχιακή με βάση τα δεδομένα αυτά είναι στη Μεγαλόπολη το Δημοτικό σχολείο, ο Οικισμός, η Ζώνη, η Θωκνία, ο Τριπόταμος, το Λεοντάρι, η Καρύταινα, το Ίσωμα, το Ίσαρι και το Ελληνικό. Η υπό μελέτη χρονική περίοδος, όπως προαναφέρθηκε, αφορά τα έτη 1997-2000 και 2003-2006, για τα οποία γίνεται η αναλυτική παρουσίαση των δεδομένων.

Για τα έτη 1997-2003 τα προς επεξεργασία στοιχεία αφορούν στο διοξείδιο του θείου για τους σταθμούς Μεγαλόπολη-Δημοτικό σχολείο, Μεγαλόπολη Οικισμός, Ζώνη, Θωκνία, Τριπόταμος, Λεοντάρι, Καρύταινα Ίσωμα και Ίσαρι. Για τα έτη 2003-2006 τα προς επεξεργασία στοιχεία αφορούν στο διοξείδιο του θείου για τους σταθμούς Λεοντάρι, Ίσαρι και Ελληνικό. Για το 2006 έχουμε επιπλέον στοιχεία που αφορούν τον άνεμο και τη σχετική υγρασία της περιοχής καθώς επίσης για τα οξείδια του αζώτου και τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{10} .

Η ανάθεση και η επίβλεψη της πτυχιακής εργασίας έγινε από το Δρα Αθανάσιο Γ. Παλιατσό, καθηγητή του Τ.Ε.Ι. Πειραιά, τον οποίο και ευχαριστούμε για την πολύτιμη βοήθειά του για την περάτωσή της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με την πάροδο του χρόνου η σύσταση της ατμόσφαιρας της γης εξελίσσεται και μεταβάλλεται. Οι χημικές και βιολογικές επιδράσεις που διαμόρφωσαν τη σύστασή της συνεχίζουν να δρουν ενώ παράλληλα προστίθενται συνεχώς μεγάλες ποσότητες αερίων και σωματιδίων από τη δράση των ηφαιστειών και των θερμών πηγών. Την ίδια στιγμή, ο άνθρωπος της βιομηχανικής εποχής έγινε και ο ίδιος παράγοντας με μεγάλη συμμετοχή και καθοριστικό ρόλο στη συνεχή υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Η ατμόσφαιρα της Γης αποτελείται από διαδοχικά στρώματα (στιβάδες) αέρα, ανάλογα με τις θερμοκρασιακές μεταβολές. Η βαρύτητα σπρώχνει αυτά τα στρώματα του αέρα προς τη Γήινη επιφάνεια δημιουργώντας έτσι την ατμοσφαιρική πίεση. Το 99% της συνολικής μάζας της ατμόσφαιρας βρίσκεται σε ύψος χαμηλότερο των 32km.

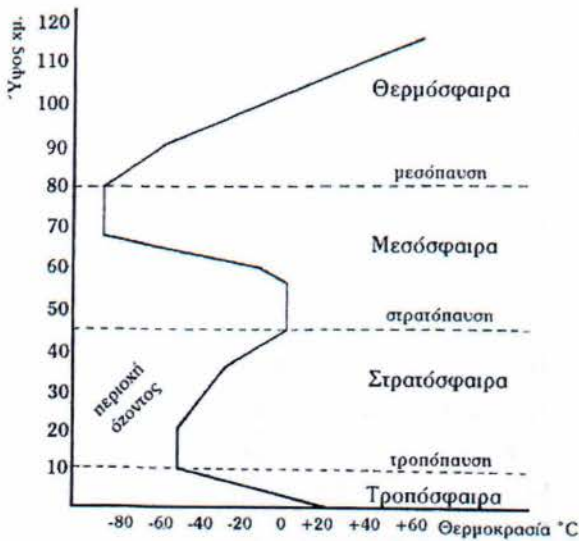
Η κατώτερη στιβάδα λέγεται τροπόσφαιρα και εκτείνεται μέχρι τα 16km περίπου, μέσα στην οποία δημιουργούνται όλα τα καιρικά φαινόμενα. Για κάθε ένα χιλιόμετρο που ανεβαίνουμε από την επιφάνεια της Γης, η θερμοκρασία μειώνεται κατά 6.5°C, μέσα στη ζώνη αυτή. Στην κορυφή αυτής της στιβάδας βρίσκεται ένα λεπτό στρώμα αέρα, σταθερής σχεδόν θερμοκρασίας, η τροπόπαυση. Αυτό το στρώμα διαχωρίζει την τροπόσφαιρα από την επόμενη στιβάδα, την στρατόσφαιρα. Στην τροπόπαυση φυσά ένα πολύ δυνατό ρεύμα αέρα, από δυτικά προς τα ανατολικά, που περιβάλλει την υδρόγειο.

Η επόμενη στιβάδα είναι η στρατόσφαιρα και εκτείνεται μέχρι τα 50-55km περίπου. Η θερμοκρασία του αέρα στη στρατόσφαιρα είναι περίπου σταθερή στους -60°C. Μέσα στη στρατόσφαιρα βρίσκεται η οζονόσφαιρα, πλάτους 10km περίπου και περιέχει ένα αέριο, το όζον, που απορροφά τις βλαβερές υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου. Αυτή η απορρόφηση προκαλεί μια μικρή αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα, στα ανώτερα στρώματα της στρατόσφαιρας.

Το επόμενο στρώμα είναι η μεσόσφαιρα, από τα 50 μέχρι τα 80km. Η θερμοκρασία του αέρα εκεί πέφτει στους -100°C και την καθιστά την πιο ψυχρή περιοχή της ατμόσφαιρας. Αυτή η στιβάδα προστατεύει τη Γη από τους μετεωρίτες, όταν εισέρχονται μέσα σ' αυτήν καίγονται.

Μετά τα 80km και ως τα 120km βρίσκεται η επόμενη στιβάδα η θερμόσφαιρα, η οποία περιλαμβάνει την μαγνητόσφαιρα στα 1000km περίπου. Μέσα σε αυτήν βρίσκονται "παγιδευμένα", από το μαγνητικό πεδίο της Γης, πρωτόνια και ηλεκτρόνια που έρχονται από τον ήλιο. Αυτά τα παγιδευμένα σωματίδια είναι συμπυκνωμένα σε στρώματα, τα οποία λέγονται "ζώνες Van Allen". Κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, οι συγκρούσεις των φορτισμένων σωματιδίων σ' αυτές τις ζώνες, γεννά το θεαματικό

"Πολικό σέλας". Μέσα σε αυτήν ο αέρας βρίσκεται σε πολύ υψηλή θερμοκρασία η οποία πολλές φορές φτάνει τους 2000°C. Ο αέρας θερμαίνεται από την υπερϊώδη ακτινοβολία του ήλιου που φτάνει σε αυτό το στρώμα. Αυτή η στιβάδα αποτελείται από 2 στρώματα, την ιονόσφαιρα και την εξώσφαιρα.



Σχήμα 1. Μέση κατανομή της θερμοκρασίας στα διάφορα ύψη και οι περιοχές που καθορίζονται από αυτήν, στην ομοιόσφαιρα (ΠΕΡΠΙΑ 1989).

Στο Σχήμα 1 εμφανίζεται το γενικό σχήμα της κάθετης δομής της ατμόσφαιρας και διακύμανση της θερμοκρασίας σε σχέση με το ύψος (http://www.propagator.gr/mysite/index.php?option=com_content&view=article&id=100&itemid=85).

3. ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Τα αέρια τα οποία περιέχονται στον ατμοσφαιρικό αέρα διακρίνονται σε μόνιμα και μεταβλητά. Μόνιμα καλούνται τα αέρια εκείνα των οποίων η συγκέντρωση εμφανίζεται περίπου σταθερή, ενώ μεταβλητά ονομάζονται τα αέρια των οποίων η συγκέντρωση παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές τόσο στο χώρο όσο και το χρόνο.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, τα κυρίαρχα αέρια είναι το άζωτο και το οξυγόνο τα οποία αντιστοιχούν στο 78% και 21%, αντίστοιχα, του ατμοσφαιρικού αέρα. Η αναλογία των δύο αυτών αερίων θεωρείται σχεδόν σταθερή έως το ύψος των περίπου 80km.

Κοντά στην επιφάνεια, επικρατεί ισορροπία ανάμεσα στις διεργασίες παραγωγής και καταστροφής του αζώτου (N_2) και του οξυγόνου (O_2). Το άζωτο απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα κυρίως μέσω βιολογικών διεργασιών που περιλαμβάνουν βακτήρια του εδάφους. Στην απομάκρυνση του αζώτου συμμετέχουν επίσης οι μικροοργανισμοί του φυτοπλαγκτόν. Η επιστροφή του αζώτου στην ατμόσφαιρα πραγματοποιείται κυρίως μέσα από την αποσύνθεση της φυτικής ή/και ζωικής

βιομάζας. Το οξυγόνο απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα ή μέσω της αντίδρασης του με άλλα χημικά στοιχεία, ή μέσω της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης, ή μέσα από τη διαδικασία της αναπνοής. Η σημαντικότερη πηγή οξυγόνου για την ατμόσφαιρα είναι η διεργασία της φωτοσύνθεσης, κατά την οποία τα φυτά συνδυάζουν διοξείδιο του άνθρακα και υδατμούς, παρουσία φωτός, προς παραγωγή γλυκόζης και οξυγόνου.

Πίνακας 1. Σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα στην παρούσα του μορφή (<http://www.meteoclub.gr/themata/egkyklopaideia/5034-atmos-composition>).

Μόνιμα αέρια			Μεταβλητά αέρια		
Αέριο	Σύμβολο	Συγκέντρωση (%)	Αέριο	Σύμβολο	Συγκέντρωση (%)
Άζωτο	N ₂	78.08	Υδατμοί	H ₂ O	0 - 4
Οξυγόνο	O ₂	20.95	Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	0.038
Αργό	Ar	0.93	Μεθάνιο	CH ₄	0.00017
Νέον	Ne	0.0018	Υποξείδιο του αζώτου	N ₂ O	0.00003
Ήλιο	He	0.0005	Οζον	O ₃	0.000004
Υδρογόνο	H ₂	0.00005	Σωματίδια	PM	0.000001
Ξένο	Xe	0.000009	Χλωροφθοράνθρακες	CFCs	0.00000002

Από τα μεταβλητά αέρια, οι υδατμοί παρουσιάζουν τις σημαντικότερες μεταβολές στη συγκέντρωσή τους, τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Κοντά στην επιφάνεια των θερμών και υγρών τροπικών περιοχών οι υδατμοί καταλαμβάνουν έως και το 4% του ατμοσφαιρικού αέρα, ενώ πάνω από τις ψυχρές και ξηρές πολικές περιοχές το ποσοστό αυτό πέφτει δραματικά (Πίνακας 1). Τα μόρια των υδατμών είναι κατά κανόνα αόρατα, καθίστανται ορατά μόνο όταν μετασχηματίζονται σε μεγαλύτερα υγρά ή στερεά σωματίδια, όπως τα υδροσταγονίδια ή οι παγοκρύσταλλοι, τα οποία αυξανόμενα σταδιακά σε μέγεθος πέφτουν στην επιφάνεια με την μορφή βροχής ή χιονιού. Η μεταβολή των υδατμών από την αέρια φάση στην υγρή ονομάζεται συμπύκνωση, ενώ η ανάποδη πορεία (από υγρή σε αέρια φάση) ονομάζεται εξάτμιση. Η κατακρήμνιση βροχής ή χιονιού στην επιφάνεια είναι γνωστή με τον όρο «νετός». Η παρουσία των υδατμών στην κατώτερη ατμόσφαιρα είναι σχεδόν καθολική διότι είναι το μοναδικό στοιχείο που ανάλογα με τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, που επικρατούν κοντά στην επιφάνεια της Γης, εμφανίζεται και με τις τρεις φάσεις: υγρή, αέρια και στερεά. Εξαιρετικά σημαντική είναι η παρουσία των υδατμών στην ατμόσφαιρα διότι όχι μόνο συμμετέχουν στο σχηματισμό του νετού, αλλά απελευθερώνουν και τεράστια ποσά θερμότητας κατά τη διάρκεια των μεταβολών φάσης. Η θερμότητα που απελευθερώνεται όταν οι υδατμοί αλλάζουν φάση (από αέρια σε υγρή ή / και στερεή) ονομάζεται λανθάνουσα και αποτελεί σημαντική πηγή ενέργειας για τα διάφορα μετεωρολογικά φαινόμενα και ιδιαίτερα για το σχηματισμό καταιγίδων και τυφώνων (Σχήμα 2). Επιπροσθέτως, οι υδατμοί αποτελούν εν δυνάμει θερμοκηπικό αέριο, καθώς απορροφούν ένα σημαντικό μέρος της υπέρυθρης

ακτινοβολίας που εκπέμπει ο πλανήτης Γη. Άρα οι υδρατμοί παίζουν σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη μας (<http://www.meteoclub.gr/themata/egkyklopaideia/5034-atmos-composition>).



Σχήμα 2. Ο κύκλος του νερού (<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>).

Εξίσου σημαντική είναι η παρουσία του διοξειδίου του άνθρακα, παρά το γεγονός πως καταλαμβάνει ένα μικρό μόνο ποσοστό του ατμοσφαιρικού αέρα (Πίνακας 1). Πηγές του διοξειδίου του άνθρακα είναι η αποσύνθεση της οργανικής ύλης, οι ηφαιστειακές εκρήξεις, η διεργασία της αναπνοής και η καύση των ορυκτών καυσίμων. Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί σημαντικό θερμοκηπικό αέριο καθώς, όπως και οι υδρατμοί, απορροφά σημαντικό μέρος της εξερχόμενης γήινης υπέρυθρης ακτινοβολίας και απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα μέσω της διεργασίας της φωτοσύνθεσης και της δέσμευσής του από το φυτοπλαγκτόν. Η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχει άμεσο αντίκτυπο στη θερμοκρασία της κοντά στην επιφάνεια του πλανήτη μας. Αποτέλεσμα της ραγδαίας αύξησης των επιπέδων του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης κατά περίπου 0.8°C κατά τη διάρκεια των τελευταίων εκατό ετών. Σήμερα, τα περισσότερα μαθηματικά κλιματικά μοντέλα προβλέπουν ότι ένας ενδεχόμενος διπλασιασμός στη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη μας κατά 1.5-4.5°C και μια τέτοια αύξηση της θερμοκρασίας θα επέφερε απρόβλεπτες συνέπειες σε όλα τα οικοσυστήματα της Γης. Κοντά στην επιφάνεια της Γης, το όζον (Πίνακας 1) θεωρείται ρύπος, αποτελώντας το βασικό συστατικό της φωτοχημικής αιθαλομίχλης. Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος του ατμοσφαιρικού όζοντος (περίπου το 95%) εντοπίζεται στην ανώτερη ατμόσφαιρα, σε ύψος μεταξύ 30-50km. Σε αυτή την περιοχή της ατμόσφαιρας (στρατόσφαιρα), το όζον σχηματίζεται με φυσικό τρόπο, από την αντίδραση μεταξύ ατόμων και μορίων οξυγόνου. Παρά την μικρή του

συνεισφορά (~0.0002%) στον ατμοσφαιρικό αέρα, το στρατοσφαιρικό όζον θεωρείται εξαιρετικά σημαντικό για τη διατήρηση της ζωής στη Γη. Αυτό συμβαίνει διότι έχει την μοναδική ιδιότητα να απορροφά τη βλαβερή υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, λειτουργώντας ως ένα προστατευτικό στρώμα για τον πλανήτη μας (<http://www.meteoclub.gr/themata/egkyklopaideia/5034-atmos-composition>).

4. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Πέρα από τα μόνιμα και μεταβλητά αέρια που ήδη αναφέρθηκαν, στην ατμόσφαιρα συναντώνται και διάφορες άλλες ενώσεις, Κοντά στην επιφάνεια της Γης, το όζον (Πίνακας 1) θεωρείται ρύπος, αποτελώντας το βασικό συστατικό της φωτοχημικής αιθαλομίχλης. Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος του ατμοσφαιρικού όζοντος (περίπου το 95%) εντοπίζεται στην ανώτερη ατμόσφαιρα, σε ύψος μεταξύ 30–50km. Σε αυτή την περιοχή της ατμόσφαιρας (στρατόσφαιρα), το όζον σχηματίζεται με φυσικό τρόπο, από την αντίδραση μεταξύ ατόμων και μορίων οξυγόνου. Παρά την μικρή του συνεισφορά (~0.0002%) στον ατμοσφαιρικό αέρα, το στρατοσφαιρικό όζον θεωρείται εξαιρετικά σημαντικό για τη διατήρηση της ζωής στη Γη. Αυτό συμβαίνει διότι έχει την μοναδική ιδιότητα να απορροφά τη βλαβερή υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, λειτουργώντας ως ένα προστατευτικό στρώμα για τον πλανήτη μας ανθρωπογενούς ή φυσικής προέλευσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα αιωρούμενα σωματίδια τα οποία μπορεί να προέρχονται είτε από φυσικές διεργασίες (π.χ. σκόνη, θαλάσσιο σπρέι) είτε από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (π.χ. καύση ορυκτών καυσίμων). Στην ίδια κατηγορία ανήκουν επίσης τα οξειδία του αζώτου (NO_x), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και οι υδρογονάνθρακες (HC), ενώσεις οι οποίες εκπέμπονται κατά κύριο λόγο από τις μηχανές εσωτερικής καύσης (π.χ. αυτοκίνητα). Η καύση ορυκτών καυσίμων που περιέχουν θείο οδηγεί επίσης σε εκπομπή διοξειδίου του θείου (SO_2). Το σύνολο των ενώσεων αυτών χαρακτηρίζεται από επιζήμιες επιπτώσεις για τον άνθρωπο και το περιβάλλον, ώστε είναι περισσότερο γνωστές με τον όρο «ατμοσφαιρικοί ρύποι».

Ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζεται η παρουσία ρύπων στην ατμόσφαιρα, δηλαδή κάθε είδος ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας σε ποσότητα, (συγκέντρωση ή διάρκεια), που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα. Κατά μια έννοια είναι η προσθήκη κάθε υλικού (μοριακής ή σωματιδιακής φύσης) στην ατμόσφαιρα που μας περιβάλλει, η οποία θα έχει σαν αποτέλεσμα τη δηλητηρίαση της ζωής πάνω στον πλανήτη. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να φτάσει σε τέτοια επίπεδα, ώστε να δημιουργηθούν ανυπόφορες συνθήκες διαβίωσης.

Ρύπος είναι κάθε ουσία που προστίθεται, άμεσα ή έμμεσα, στην ατμόσφαιρα, από φυσικές πηγές ή ανθρωπογενείς δραστηριότητες, σε ποσότητες ικανές να επηρεάσουν τη δομή, τα χαρακτηριστικά ή τα φαινόμενα της ατμόσφαιρας. Οι ρύποι διακρίνονται, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο παράγονται, σε πρωτογενείς και δευτερογενείς.

Πρωτογενείς είναι οι ρύποι που εκπέμπονται απ' ευθείας από τις διάφορες πηγές στην ατμόσφαιρα (π.χ. ο καπνός, το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα), ενώ δευτερογενείς είναι οι ρύποι που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τους πρωτογενείς, είτε με χημικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους, είτε με την επίδραση των συστατικών της ατμόσφαιρας, όπως τη βοήθεια κυρίως της ηλιακής ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας και της υγρασίας (π.χ. όζον, οξειδωμένοι υδρογονάνθρακες, θειικά άλατα). Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι ανάλογα με τη φυσική τους κατάσταση διαχωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- τους αέριους (CO , SO_2 , H_2S , NO_x) και
- τους σωματιδιακούς σε στερεή ή υγρή μορφή.

Οι σωματιδιακοί ρύποι, ανάλογα με το μέγεθός τους χωρίζονται σε επιμέρους κατηγορίες καθώς επίσης ανάλογα και με τη χημική τους σύσταση. Ένας άλλος διαχωρισμός των ρύπων είναι αυτός που τους διαχωρίζει σε σταθερούς και ασταθείς. Σταθεροί ρύποι είναι αυτοί που δεν συμμετέχουν σε χημικές ή φωτοχημικές αντιδράσεις (π.χ. το CO , το CO_2 , το CH_4), ενώ ασταθείς είναι αυτοί που συμμετέχουν σε χημικές ή φωτοχημικές αντιδράσεις (Κεφαλά και Μπουγανά 2005).

5. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Η ρύπανση του περιβάλλοντος έχει μία μακρά ιστορία. Ένας από τους βασικούς λόγους που ανάγκαζαν τις πρώτες φυλές σε μετακίνηση ήταν η δυσσομία και η ρύπανση του περιβάλλοντα χώρου τους εξαιτίας των απορριμμάτων που δημιουργούσαν. Με την ανακάλυψη και χρήση της φωτιάς ο άνθρωπος άρχισε να ρυπαίνει του εσωτερικούς χώρους εγκατάστασης με τα προϊόντα της ατελούς καύσης. Αυτό το γεγονός οδήγησε στην ανακάλυψη της καμινάδας για να απομακρύνει τέτοια προϊόντα στους εξωτερικούς χώρους. Η χρήση βέβαια της καμινάδας μετατόπισε το πρόβλημα της ρύπανσης εσωτερικών χώρων προς την ρύπανση της ατμόσφαιρας στην ευρύτερη περιοχή και είχε σαν αποτέλεσμα η ατμόσφαιρα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές να είναι καπνώδης.

Ο πατέρας της Ιατρικής ο Ιπποκράτης ήταν ο πρώτος που έγραψε για την συσχέτιση ανάμεσα σε επιδημικά φαινόμενα και τις καιρικές συνθήκες τον 4^ο αιώνα π.Χ. και ήταν ο πρώτος που χαρακτήρισε την υγιεινή των πόλεων ανάλογα με τον προσανατολισμό τους και τις τοπικές μετεωρολογικές συνθήκες. Αυτές οι γνώσεις εμπλουτίστηκαν από την περίφημη Ιατρική σχολή της Αλεξάνδρειας (1^ο π.Χ.) και τον Βιτρούβιο, ο οποίος έγραψε σχετικά με τον ορθό προσανατολισμό κτιρίων, δρόμων και πόλεων. Ο Ρωμαίος φιλόσοφος Σενέκας κάνει για πρώτη φορά αναφορά σχετικά με την βρωμιά από τις καπνισμένες καπνοδόχους στη Ρώμη το 61μ.Χ.

Μερικούς αιώνες αργότερα στα χρόνια του Μεσαίωνα και συγκεκριμένα το 1157μ.Χ. η σύζυγος του Βασιλιά της Αγγλίας Ερρίκου II αναγκάζεται να μετακινηθεί λόγω αέριας ρύπανσης, από την καύση κάρβουνου, στο Κάστρο του Νότιγχαμ. Μετά από 116 χρόνια η καύση του άνθρακα στις ασβεστοκάμινους απαγορεύθηκε στο Λονδίνο ενώ το 1661 η ρύπανση του Λονδίνου ήταν σε τέτοιο βαθμό, ώστε εκδόθηκε μία οδηγία, για τον έλεγχο της ρύπανσης από το Βασιλιά της Αγγλίας Κάρολο II. Οι

βασικές βιομηχανίες, που σχετίζονταν με την παραγωγή αέριας ρύπανσης, την εποχή πριν την βιομηχανική επανάσταση, ήταν η μεταλλουργία, η κεραμοποιία και η συντήρηση ζωικών προϊόντων.

Η βιομηχανική επανάσταση τον 18^ο αιώνα, οδήγησε στην εντατική χρήση του κάρβουνου κυρίως και σε μικρότερο βαθμό του πετρελαίου για την παραγωγή ενέργειας, με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολύ μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα, από τον καπνό και την στάχτη.

Το βασικό πρόβλημα της αέρια ρύπανσης, το 19^ο αιώνα, ήταν ο καπνός και η στάχτη από την καύση κάρβουνου ή πετρελαίου σε καυστήρες, σε φούρνους, σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας, στα τρένα, πλοία και στις οικιακές εστίες θέρμανσης. Στην Αγγλία ήταν τόσο σημαντικό το πρόβλημα, ώστε ακολουθήθηκαν στρατηγικές ελέγχου της ρύπανσης, όπως επιβεβαιώνεται από την πρώτη Δράση Δημόσιας Υγείας το 1848 και τις επόμενες, το 1866 και 1875. Στις Η.Π.Α. η στρατηγική ελέγχου των εκπομπών μαύρου καπνού ήταν ευθύνη της εκάστοτε επαρχίας (1880) και απευθύνονταν κυρίως σε βιομηχανικές πηγές και στις μεταφορές και όχι σε οικιακές πηγές ρύπων.

Την πρώτη περίοδο του 20^{ου} αιώνα (1900-1925), μια βασική εξέλιξη ήταν η αντικατάσταση της ατμομηχανής με τον ηλεκτροκινητήρα, που μετέφερε τις εκπομπές καπνού και στάχτης από τον καυστήρα του εργοστασίου στον καυστήρα των σταθμών παραγωγής ενέργειας. Βέβαια καθώς ο αριθμός των πόλεων και των εργοστασίων αυξάνονταν το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης οξυνόταν. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ο Dr. Henry Antoine Des Voeux, σε ένα άρθρο του το 1905 με τίτλο «Fog and Smoke», δηλαδή «Ομίχλη και Καπνός», σημειώνει, ότι δεν χρειάζεται επιστημονική γνώση για να παρατηρήσει κάποιος, ότι σε πολλές μεγάλες πόλεις υπάρχει καπνώδης ομίχλη, που το ονόμασε «Smog». Μια άλλη βασική εξέλιξη της πρώτης περιόδου του 20^{ου} αιώνα (1900-1925), ήταν η αντικατάσταση του άνθρακα από πετρέλαιο σε πολλές εφαρμογές, αλλά κυρίως η ξαφνική αύξηση των αυτοκινήτων.

Κατά την περίοδο 1925-1955, εμφανίζονται σημαντικά επεισόδια αέριας ρύπανσης. Η πιο παλιά σοβαρή περίπτωση είναι αυτή που σημειώθηκε στην κοιλάδα Meuse River Valley του Βελγίου στις 1-5/12/1930, όπου λόγω δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών (θερμοκρασιακής αναστροφής) σημειώθηκε «παγίδευση» ρύπων, από την καύση ανθράκων και προκλήθηκε ο θάνατος 63 ατόμων και πολλών ζώων. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρήθηκε στις 26-31/10/1948 στη Donora της Πενσυλβανίας (ΗΠΑ) όπου το 40% του πληθυσμού της περιοχής είχε αναπνευστικά προβλήματα και προκλήθηκε ο θάνατος 20 ατόμων επιπλέον. Στις 24/11/1950 στην Poca Rica του Μεξικού σημειώθηκε επεισόδιο αιθαλομίχλης, με επιπτώσεις το θάνατο 22 ατόμων και την εισαγωγή σε νοσοκομεία 320 ατόμων, από διάφορες ηλικίες με αναπνευστικά προβλήματα. Το χειρότερο όμως από όλα τα επεισόδια καταγράφηκε κατά τη χρονική περίοδο 5-9/12/1952 στο Λονδίνο, στη διάρκεια δε των 5 αυτών ημερών η κατάσταση ήταν τραγική από την άποψη της συσσώρευσης αερολυμάτων, με επακόλουθο να σημειωθούν 4000 επιπλέον θάνατοι το μήνα εκείνο. Οι περισσότεροι από τους νεκρούς ήταν βρέφη ή υπερήλικες και είχαν αναπνευστικά προβλήματα. Ακολούθησαν και άλλα τέτοια επεισόδια τόσο στο Λονδίνο (12/1962, επιπλέον

θάνατοι), όσο και στη Νέα Υόρκη (11/1953 και 30/6/1966 με 200 και 168 επιπλέον θανάτους αντίστοιχα) (Boubel et al. 1994).

Βασικές τεχνολογικές αλλαγές, αυτής της περιόδου, είναι η εγκατάσταση αγωγών φυσικού αερίου, που οδήγησε στην αντικατάσταση του άνθρακα και πετρελαίου στη οικιακή θέρμανση με πολύ καλά αποτελέσματα στην ποιότητα του αέρα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, η μείωση του μαύρου καπνού στο Pittsburgh και St. Louis των ΗΠΑ λόγω της χρήσης του φυσικού αερίου.

Κατά την περίοδο 1950-1980, ένα σημαντικό επεισόδιο αέριας ρύπανσης (καπνομίχλης) χτυπά το Λονδίνο (1952) με καταστροφικές συνέπειες (4000 νεκροί). Το επεισόδιο ρύπανσης χαρακτηρίζονταν από υψηλά επίπεδα SO₂ και σωματιδίων υπό την παρουσία πυκνής χαμηλής ομίχλης με χαμηλή και ισχυρή θερμοκρασιακή αναστροφή. Σαν αποτέλεσμα η Αγγλία ακολούθησε τη δράση «Clean Air Act» για να μειώσει τις εκπομπές ρύπων, αλλά ένα ακόμη σοβαρό επεισόδιο καπνομίχλης συνέβη το 1962 στο Λονδίνο με 700 νεκρούς. Κατά την διάρκεια της περιόδου 1950-1980 όλες σχεδόν οι Ευρωπαϊκές χώρες καθώς και η Ιαπωνία, η Νέα Ζηλανδία και η Αυστραλία είχαν την εμπειρία σοβαρών προβλημάτων αέριας ρύπανσης στις μεγάλες πόλεις με αποτέλεσμα, αυτές οι χώρες να δράσουν, για την δημιουργία εθνικής νομοθεσίας ελέγχου της αέριας ρύπανσης. Επίσης κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου τα αυτοκίνητα συνεχίζουν να αυξάνονται με μεγάλους ρυθμούς και η επιστημονική και η τεχνολογική έρευνα στην Ευρώπη και Αμερική αυξάνονται εκθετικά. Το τεχνολογικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται στην αέρια ρύπανση από τα αυτοκίνητα και τον έλεγχό της, στη ρύπανση από SO₂ και στον έλεγχο της με εφαρμογή της διαδικασίας αποθείωσης των καυσίμων και στον έλεγχο των NO_x που παράγονται από διαδικασίες καύσης.

Στην επιστημονική έρευνα, αναπτύσσονται μαθηματικά μοντέλα και κατασκευάζονται καταγραφικά όργανα μέτρησης διαφόρων χημικών στοιχείων, ενώ αρχίζουν να εγκαθίστανται οι πρώτες μονάδες παρακολούθησης και μέτρησης της ποιότητας του αέρα. Μετά το 1980 γίνεται κατανοητό ότι το πρόβλημα της αέριας ρύπανσης δεν είναι τοπικό αλλά επιδρά σε πολύ μεγαλύτερη κλίμακα από την περιφερειακή κλίμακα έως την ημισφαιρική και παγκόσμια κλίμακα και εντείνεται το ενδιαφέρον για το φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω του CO₂ και άλλων θερμοκηπικών αερίων που χαρακτηρίζονται από μεγάλο χρόνο ζωής, την καταστροφή όζοντος στην στρατόσφαιρα λόγω χρήσης αλογονούχων ενώσεων και το πρόβλημα της διακρατική και διηπειρωτική μεταφοράς αέριων ρύπων (όξινη βροχή, αύξηση του υποβάθρου επιφανειακού όζοντος).

Αυτή την περίοδο έχουμε την εμφάνιση της οικολογικής και περιβαλλοντικής προσέγγισης από Οργανισμούς και Κυβερνήσεις κρατών, ενώ για πρώτη φορά υπογράφονται παγκόσμιες συμφωνίες κρατών, όπως το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για την αντιμετώπιση της καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος και το Πρωτόκολλο του Κιότο για την αντιμετώπιση της ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου (Ζάνης 2008).

6. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΡΥΠΩΝ

Το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων αέριων ρύπων προέρχεται από φυσικές πηγές, οι οποίες είναι ανεξάρτητες από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Αντίθετα οι ανθρωπογενείς εκπομπές, οι οποίες ευθύνονται κυρίως για τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα που εμφανίστηκαν, αποτελούν την αιτία για την ανατροπή της φυσικής ισορροπίας και για την μεγάλη πυκνότητα των εκπομπών. Το πρόβλημα αυτό εντοπίζεται κυρίως σε μικρές γεωγραφικές περιοχές, όπως αστικές περιοχές και βιομηχανικές ζώνες. Ωστόσο, η καλή διασπορά των φυσικών πηγών ανά την υφήλιο προσφέρει την καλύτερη ανάμιξη των ρύπων με τον καθαρό αέρα με συνέπεια οι εκπομπές αερίων ρύπων από φυσικές πηγές από μόνες τους να μην οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις.

Οι σημαντικότερες φυσικές πηγές είναι:

- Τα ηφαίστεια τα οποία ευθύνονται κυρίως για τα αιωρούμενα σωματίδια, το διοξείδιο του θείου, το υδρόθειο και το μεθάνιο.
- Οι πυρκαγιές δασών (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, μονοξειδίο και διοξείδιο του άνθρακα).
- Οι ωκεανοί και γενικότερα οι θαλάσσιες εκτάσεις (κυρίως χλωριούχο νάτριο και θειικά άλατα).
- Βιολογική αποσύνθεση των φυτών και των ζώων (κυρίως υδρογονάνθρακες, αμμωνία και υδρόθειο).
- Η αποσάθρωση του εδάφους (αιωρούμενα σωματίδια).
- Τα φυτά και τα δέντρα (κυρίως υδρογονάνθρακες).

Ως κύριες πηγές ανθρωπογενούς ατμοσφαιρικής ρύπανσης μπορούν να θεωρηθούν:

- ο τομέας των μεταφορών,
- η οικιακή θέρμανση,
- ο τομέας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας,
- οι ανεπιθύμητες καύσεις και
- η λειτουργία του βιομηχανικού τομέα.

Είναι δύσκολό να καθοριστεί το ποσοστό ευθύνης, που αναλογεί σε κάθε μια από αυτές τις πηγές, προσεγγιστικά όμως θεωρείται ότι οι μηχανές εσωτερικής καύσης για την κίνηση των αυτοκινήτων ευθύνονται κατά 60% της συνολικής ετήσιας εκπομπής, οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνεισφέρουν κατά 10-15%, η οικιακή θέρμανση περίπου 10%, οι βιομηχανικές καύσεις και βιομηχανικές εκπομπές περίπου 20% και οι ανεπιθύμητες καύσεις περίπου 5% (Νουσιοπούλου 2010). Εφόσον η κοινωνία μας είναι εξελιγμένη, αυτά τα ποσοστά δεν είναι σταθερά, όσο μεταβάλλεται η ανθρώπινη δραστηριότητα, διαμορφώνονται ανάλογα και τα ποσοστά αυτά. Σύμφωνα με τα παραπάνω οι ακόλουθοι πρωτογενείς ρύποι θεωρούνται οι σημαντικότεροι:

6.1 Μονοξειδίο του άνθρακα (CO).

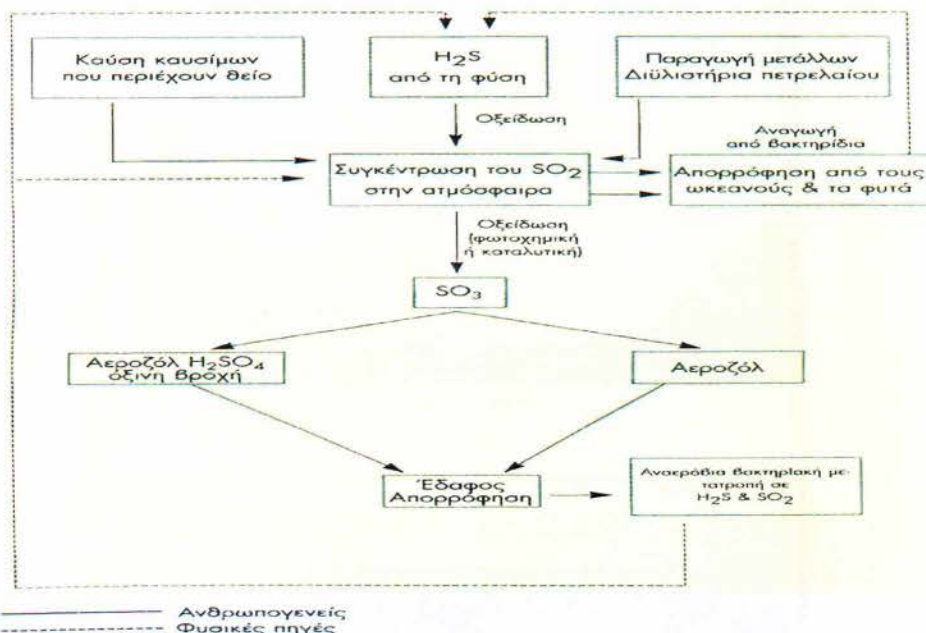
Αέριο, άοσμο, άχρωμο, το οποίο διαλύεται ελάχιστα στο νερό, εκπέμπεται από τις εξατμίσεις των μηχανών των βενζινοκίνητων αυτοκινήτων και πάσης φύσεως

μηχανών, όταν συντελείται ατελής καύση της καύσιμης ύλης, χαρακτηρίζεται ως ο κατεξοχήν κυκλοφοριακός ρύπος, αφού το 80% περίπου του παγκόσμιου παραγόμενου μονοξειδίου του άνθρακα προέρχεται από τα αυτοκίνητα. Μετά την εφαρμογή του μέτρου απόσυρσης της περιόδου 1990-1993 και στην σταδιακή αύξηση του ποσοστού των καταλυτικών αυτοκινήτων, έχει παρατηρηθεί σημαντική μείωση των συγκεντρώσεων του στα μεγάλα αστικά κέντρα. Άλλες πηγές εκπομπής μονοξειδίου του άνθρακα είναι τα ηφαίστεια, οι πυρκαγιές στα δάση, και διάφορες βακτηριακές δράσεις. Είναι αναφλέξιμο ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις (>100 ppm) μπορεί να αποβεί και θανατηφόρο (<http://www.air-quality.gr/co.php>).

Η τοξική του δράση οφείλεται στη μεγάλη χημική συγγένεια που έχει με την αιμογλοβίνη, τη χημική ουσία στα ερυθρά αιμοσφαίρια που μεταφέρει οξυγόνο από τους πνεύμονες στα κύτταρα του σώματος και CO₂ από τα κύτταρα στους πνεύμονες. Υψηλές συγκεντρώσεις του μπορούν να βρεθούν σε κλειστά μέρη όπως χώροι στάθμευσης, ελλειπώς αεριζόμενες υπόγειες διαβάσεις, ή κατά μήκος των δρόμων σε περιόδους κυκλοφοριακής αιχμής. Η αύξηση του μονοξειδίου του άνθρακα στο αίμα επηρεάζει διάφορα ανθρώπινα όργανα και επιφέρει την μείωση της φυσικής και πνευματικής ικανότητας του ανθρώπου. Είναι φανερό ότι τις συνέπειες αυτές υφίστανται οι οδηγοί αυτοκινήτων, που το επάγγελμά τους υποχρεώνει να κινούνται σε πολυσύχναστους δρόμους. Συνεχής έκθεση σε μεγάλες συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα έχει ως αποτέλεσμα ξαφνική απώλεια της συνειδήσεως χωρίς αναπνευστικές διαταραχές, η οποία συνεχιζόμενη προκαλεί το θάνατο. Θάνατοι από μονοξείδιο του άνθρακα συνέβαιναν συχνά στο παρελθόν, αλλά δυστυχώς και στις μέρες μας. Εξαιτίας της ραγδαίας αύξησης της τιμής του πετρελαίου θέρμανσης, πολλοί αναγκάζονται να επιλέγουν ως μέσω θέρμανσης το τζάκι, ξυλόσομπα και παλαιότερα μαγκάλια. Αρκετές φορές λοιπόν λόγω έλλειψης ικανής ποσότητας αέρα (O₂) δεν γίνεται τέλεια καύση με αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων μονοξειδίου του άνθρακα, μέσα σε μη αεριζόμενους χώρους, με αποτέλεσμα οι άνθρωποι που βρίσκονται για αρκετές ώρες μέσα σε τέτοιου είδους συνθήκες και ειδικά σε κατάσταση ύπνου, που τα αντανακλαστικά είναι περιορισμένα, να παρουσιάζουν βλάβες στα ζωτικά όργανα τους και σε αρκετούς από αυτούς να επέρχεται ακόμα και ο θάνατος (<http://www.ergoerevnitiki.gr/monoxidio.htm>).

7.2. Διοξείδιο του θείου (SO₂).

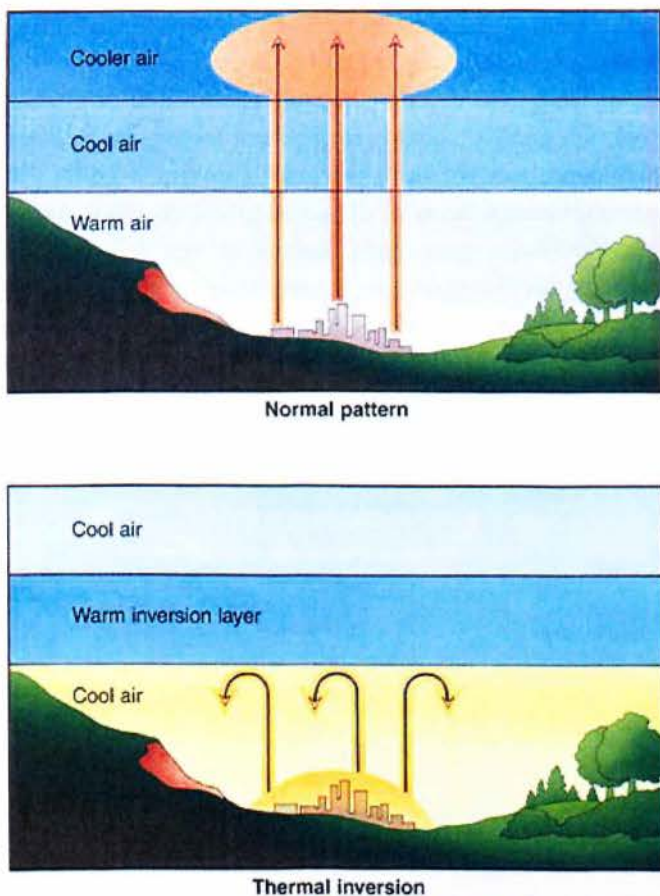
Το διοξείδιο του θείου είναι ένα αέριο άχρωμο, άοσμο σε μικρές συγκεντρώσεις αλλά με έντονη ερεθιστική οσμή σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις. Εμφανίζεται σε αστικές περιοχές και προέρχεται κυρίως από τις καύσεις στερεών ή υγρών καυσίμων που περιέχουν θείο (Σχήμα 3). Σημαντικές ανθρωπογενείς πηγές διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα είναι οι διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες, η παραγωγή τσιμέντου, η παραγωγή γύψου, χυτήρια μεταλλεύματος, οχήματα, αγροτικές δραστηριότητες, η διύλιση πετρελαίου και γενικά κάθε βιομηχανική κατεργασία θειούχων ενώσεων. Υπάρχουν και φυσικές πηγές παραγωγής διοξειδίου του θείου, όπως οι πυρκαγιές και η σκόνη από απογυμνωμένο έδαφος (Μελάς κ.ά. 2000).



Σχήμα 3 Ανθρωπογενείς και φυσικές πηγές διοξειδίου του θείου (<http://digitalschool.minedu.gov.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C124/54/420,1564/>).

Ως ευδιάλυτο, απορροφάται κυρίως από τα γρά στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου, προκαλώντας έτσι έκκριση βλέννας. Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα μόνο πολύ μικρό ποσοστό του διοξειδίου του θείου να φτάνει στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου. Σε συνδυασμό με τον καπνό και τα αιωρούμενα σωματίδια, με τα οποία συνήθως συνυπάρχει, εισέρχεται στον οργανισμό και μεταφέρεται στους πνεύμονες μέσω της αναπνευστικής οδού. Η διαδικασία αυτή μπορεί να δώσει μια εξήγηση στη συνεργιστική δράση, που παρατηρείται μεταξύ του SO₂ και των σωματιδίων, με αποτέλεσμα τον τριπλασιασμό και πλέον του ερεθισμού των πνευμόνων. Άτομα με καρδιαγγειακές παθήσεις ή χρόνιες παθήσεις των πνευμόνων, καθώς επίσης παιδιά και ηλικιωμένοι, αποτελούν ομάδες υψηλού κινδύνου στην παρουσία διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα (Μελάς κ.ά. 2000).

Η φόρτιση της ατμόσφαιρας, σε αστικές κυρίως περιοχές, με αυξημένες συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου το καθιέρωσαν σαν δείκτη συνολικού φόρτου της αέριας ρύπανσης μιας περιοχής και η μέτρησή του είναι επιβεβλημένη για τον έλεγχο της ποιότητας του αέρα των αστικών περιοχών. Σχηματίζεται βασικά, από ανθρώπινες δραστηριότητες που αφορούν κυρίως την καύση στερεών και υγρών καυσίμων, που περιέχουν θείο, αλλά και από ορισμένες βιομηχανικές δραστηριότητες, που είναι της τάξης των 200*10⁶ τόνων/έτος.



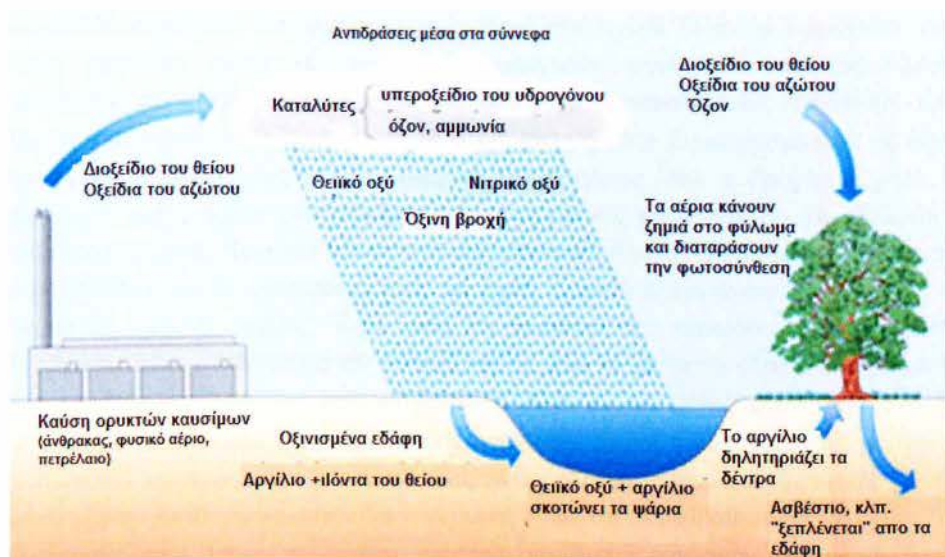
Σχήμα 4. Θερμοκρασιακή αναστροφή (<http://www.breatheutah.org/winter-pollution>).

Η αύξηση των εκπομπών του διοξειδίου του θείου είναι αποτέλεσμα του γρήγορου ρυθμού βιομηχανικής ανάπτυξης που παρατηρήθηκε τις τελευταίες δεκαετίες σε παγκόσμια κλίμακα. Ο τύπος αυτός της ρύπανσης είναι γνωστός με το όνομα αιθαλομίχλη (smog). Η ονομασία αυτή να προέρχεται από το Λονδίνο και περιγράφει το μείγμα της βιομηχανικής αιθάλης (κάπνας) και της φυσικής ομίχλης (SMO-ke+fo-G). Ο κυριότερος ρύπος στα επεισόδια αυτά είναι το SO_2 . Οι μακροχρόνιες επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από SO_2 , στον ανθρώπινο οργανισμό, είναι σημαντικές, αφού προσβάλλει το αναπνευστικό σύστημα και ιδιαίτερα των ατόμων εκείνων που έχουν αναπνευστικά προβλήματα. Η επίδραση της συγκέντρωσης του SO_2 στον άνθρωπο (Παλιατσός 2005α) εμφανίζεται με τα εξής συμπτώματα:

- αντιληπτή η οσμή του ($[\text{SO}_2]=3-5$ ppm),
- ερεθισμός του φάρυγγα ($[\text{SO}_2]=8-12$ ppm),
- ερεθισμός οφθαλμών, βήχας ($[\text{SO}_2]=20$ ppm),
- μέγιστη διάρκεια παραμονής 30' ($[\text{SO}_2]=50-100$ ppm) και τέλος
- επικίνδυνη έστω και βραχεία έκθεση ($[\text{SO}_2]=400-5000$ ppm).

Έτσι αναφέρονται περιπτώσεις κατά τις οποίες οι μετεωρολογικές συνθήκες (χαμηλές θερμοκρασιακές αναστροφές (Σχήμα 4) με μικρό ύψος ανάμιξης των αέριων ρύπων, μεγάλη σχετική υγρασία και χαμηλές θερμοκρασίες και ταχύτητες

ανέμου) ενόησαν την εμφάνιση των γκριζόμαυρων νεφών αιθαλομίχλης, που απλώνονται πάνω από αστικά κέντρα με ολέθρια αποτελέσματα (Παλιατσός 2005α). Τα φυτά είναι και αυτά θύματα της ρύπανσης από το SO₂, διότι το απορροφούν απ' ευθείας οι φυτικές επιφάνειες σε περιοχές στις οποίες η μέση συγκέντρωση του SO₂ ξεπερνά τα 0.021 ppm (=55μg/m³). Τότε είναι δυνατόν να εμφανισθούν συμπτώματα υπανάπτυξης ή ακόμη και νέκρωσης σε ορισμένα φυτά. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι η μηλιά, η αγλαδιά και το πεύκο, όταν στις περιοχές που βρίσκονται η συγκέντρωση του SO₂ φθάσει τα 0.5 ppm (=1310μg/m³) και παραμείνει στην τιμή αυτή για 5-6 ώρες, τότε αρχίζουν να εμφανίζονται τα πρώτα συμπτώματα δηλητηρίασής τους (Παλιατσός 2005α).



Σχήμα 5. Η δημιουργία της όξινης βροχής (<http://kireas.org/smf/index.php?topic=1105.0>).

Η επίδραση του SO₂ σε διάφορα υλικά έχει δυσμενή αποτελέσματα, όπως την αύξηση του χρόνου ξήρανσης των ελαιοχρωμάτων κατά 50-100%, την αύξηση της διάβρωσης των μετάλλων (σίδηρος, χάλυβας, ψευδάργυρος), τη μείωση της ανθεκτικότητας και τον αποχρωματισμό υλικών όπως το μαλλί, το βαμβάκι, το χαρτί και το δέρμα και τέλος την αύξηση της διάβρωσης οικοδομικών υλικών. Η οξειδωση του SO₂ και των NO_x έχει για συνέπεια τη μετατροπή τους σε θειικό οξύ και νιτρικό οξύ αντίστοιχα, τα οποία πέφτουν με τη βροχή (όξινη βροχή) (Σχήμα 5) (Παλιατσός 2005β).

Ο όρος όξινη βροχή χρησιμοποιείται για να περιγράψει συγκεκριμένη μορφή υγρής όξινης ρύπανσης η οποία κατακρημνίζεται στο έδαφος με τη βροχή, το χιονόνερο, το χιόνι, την ομίχλη, και τα σύννεφα ατμού. Το νερό της βροχής έχει συνήθως τιμή pH μεταξύ 5.0 και 5.6, λόγω των φυσικών ατμοσφαιρικών αντιδράσεων που σχετίζονται με το διοξειδίο του άνθρακα. Για λόγους σύγκρισης, το αποσταγμένο νερό δηλαδή το νερό που είναι καθαρό από οποιαδήποτε άλλη ουσία, έχει pH=7.0. Το νερό της βροχής θεωρείται ότι είναι όξινο, όταν το pH του πέσει κάτω από την τιμή 5.6 (το οποίο είναι 25 φορές πιο όξινο από το καθαρό αποσταγμένο νερό). Όξινες εναποθέσεις μπορεί να σχηματιστούν ως αποτέλεσμα δύο διεργασιών. Έτσι έχουμε

την «υγρή όξινη εναπόθεση» και «ξηρή όξινη εναπόθεση». Σε ορισμένες περιπτώσεις οφείλονται στο υδροχλωρικό οξύ και τα άλλα οξέα που μπορεί να εκλυθούν άμεσα στην ατμόσφαιρα από εργοστάσια χημικής βιομηχανίας. Συνήθως οφείλονται σε δευτερογενείς ρύπους που προκύπτουν από την οξείδωση των οξειδίων του αζώτου και διοξειδίου του θείου που εκλύονται στην ατμόσφαιρα. Όταν οι ρύποι αυτοί αντιδρούν στην ατμόσφαιρα με την υγρασία μετατρέπονται σε θειικό, νιτρικό και υδροχλωρικό οξύ. Τα υδατοδιαλυτά αυτά οξέα παρασύρονται από το νερό της βροχής, το χιόνι, το χαλάζι και εναποτίθενται στο έδαφος και στους υδάτινους αποδέκτες. Με τη διαδικασία αυτή έχουμε υγρή όξινη εναπόθεση. Οι όξινες χημικές ουσίες (ρύποι) προσροφώνται στην επιφάνεια των αιωρούμενων στην ατμόσφαιρα στερεών ξηρών σωματιδίων, ενώ πολλές φορές τα ίδια τα αιωρούμενα στον αέρα σωματίδια περιέχουν στη σύστασή τους όξινα συστατικά. Όταν τα σωματίδια αυτά λόγω μεγέθους αλλά και των μετεωρολογικών συνθηκών κατακρημνίζονται διαλύονται και αντιδρούν με το νερό του υδάτινου οικοσυστήματος και δίνουν οξέα. Με τη διαδικασία αυτή έχουμε «ξηρή όξινη εναπόθεση» Συμπερασματικά ως όξινη βροχή ονομάζονται όλες οι ατμοσφαιρικές εναποθέσεις (δηλ. η βροχή, το χιόνι, το χαλάζι) οι οποίες έχουν pH χαμηλότερο από το pH της κανονικής βροχής, δηλαδή οι εναποθέσεις αυτές είναι πιο όξινες από την κανονική βροχή. Η διαδικασία οξείδωσης των οξειδίων και η μετατροπή τους σε υγρή ή ξηρή όξινη εναπόθεση μπορεί να διαρκέσει αρκετές ημέρες. Έτσι κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής οι ρύποι διαχέονται στην ατμόσφαιρα και μεταφέρονται από τα ρεύματα αέρα ανάλογα με τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν. Μπορεί να μεταφερθούν εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από την αρχική πηγή εκπομπής. Συχνά η ρύπανση αυτή μπορεί να μεταφερθεί και πέραν των συνόρων μιας χώρας και να επηρεάσει γειτονικές και όχι μόνο χώρες. Αυτό αποκαλείται διασυνοριακή ρύπανση (Κρεββαθιανάκη 2012).

Ο βαθμός στον οποίο τα εδάφη μπορούν να εξουδετερώσουν την όξινη βροχή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως τον τύπο του εδάφους, το πάχος, τον τρόπο ροής του νερού, τις μετεωρολογικές συνθήκες.

Αν το έδαφος είναι παγωμένο, όπως το χειμώνα, η διαδικασία εξουδετέρωσης δεν μπορεί να λειτουργήσει αποδοτικά οπότε τα οξέα καταλήγουν στους υδάτινους αποδέκτες. Αν το έδαφος είναι κυρίως χαλαζίας όπως η άμμος, είναι ανθεκτικό στις καιρικές συνθήκες και δεν υπάρχουν βάσεις για να εξουδετερώσουν το οξύ. Σε περίπτωση που το έδαφος έχει πολύ μικρή περιεκτικότητα σε αλκαλικά συστατικά, όπως ο ασβεστόλιθος, το οξύ εξουδετερώνεται μόνο λίγο ή καθόλου με το πέρασμα του χρόνου. Σε ελαφρώς όξινα εδάφη στα τυπικά καταπράσινα δάση στις βορειοανατολικές ΗΠΑ, τον Καναδά και την Ευρώπη, δύο άλλα φαινόμενα μπορούν να εξουδετερώσουν την όξινη βροχή. Το οξύ μπορεί να συγκρατηθεί καθώς το έδαφος ή η βλάστηση συγκρατούν τα θειικά και τα νιτρικά ιόντα (από το θειικό και νιτρικό οξύ). Επίσης εδάφη με μεγάλο πάχος έχουν μεγάλη ικανότητα να συγκρατήσουν τα θειικά και τα νιτρικά ιόντα. Η όξινη βροχή είναι μία από τις πιο σημαντικές οικολογικές επιπτώσεις του SO₂ και είναι υπεύθυνη, στις αστικές περιοχές, για την καταστροφή των μαρμάρινων και λοιπών μνημείων καθώς και των κτιρίων. Το πρόβλημα αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τη χώρα μας, που είναι μία χώρα με τόσο πλούσια κληρονομιά σε τέτοια μνημεία. Στις αγροτικές περιοχές, η

όξινη βροχή προκαλεί τη μεταβολή της τιμής του pH των λιμνών και ποταμών (δηλαδή το κάνει πιο όξινο) με επιπτώσεις, τη μείωση του πληθυσμού των ψαριών και των μικροοργανισμών, που ζουν στις λίμνες και τα ποτάμια. Η όξινη βροχή αλλοιώνει την ποιοτική σύσταση των εδαφών και προκαλεί καταστροφές στα δάση και τις αγροτικές καλλιέργειες, επιβραδύνει δε την ανάπτυξη των φυτών ελαττώνοντας το ρυθμό αποσύνθεσης και διανταλλαγής θρεπτικών συστατικών μεταξύ εδάφους και φυτών. Το SO₂ εκτός από την τροπόσφαιρα μπορεί να προκαλέσει μεταβολές και στη στρατόσφαιρα, άρα και στο κλίμα της Γης. Οι αυξημένες ποσότητες του SO₂ που φθάνουν στη στρατόσφαιρα προέρχονται, είτε από εκρήξεις ηφαιστείων, είτε από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και προκαλούν την αύξηση του στρώματος των σωματιδίων της στρατόσφαιρας, με συνέπεια την αύξηση του ποσοστού της απορροφούμενης ακτινοβολίας στην στρατόσφαιρα. Σαν αποτέλεσμα έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας της στρατόσφαιρας και μείωση της ολικής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της Γης (Κρεββαθιανάκη 2012).

7.3 Οξειδία του Αζώτου (NO_x).

Με τον όρο οξειδία του αζώτου εννοούνται το μονοξείδιο του αζώτου (NO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) που εμφανίζονται στον αέρα. Το άζωτο (N₂), που αποτελεί το 78% του όγκου της ατμόσφαιρας, σχηματίζει διάφορα οξειδία κατά την καύση σε όλες τις μηχανές εσωτερικής καύσης και όλους τους κλιβάνους που καίγονται ορυκτά καύσιμα. Η κύρια ένωση του αζώτου που περιέχεται στα καύσιμα των αυτοκινήτων είναι το μονοξείδιο του αζώτου. Όσο ψηλότερη είναι η θερμοκρασία της καύσης, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα του οξειδίου του αζώτου που σχηματίζεται. Όμως διεργασία καύσης σε υψηλή θερμοκρασία σημαίνει καλό ενεργειακό βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης. Προσπάθεια μείωσης των θερμοκρασιών καύσης οδηγεί σε μικρότερη παραγωγή NO_x, χειροτερεύει όμως το βαθμό απόδοσης και αυξάνει την ενεργειακή κατανάλωση. Το μονοξείδιο του αζώτου είναι αέριο άχρωμο και άοσμο. Αντίθετα το διοξείδιο έχει δριμεία μυρωδιά και κόκκινο-κίτρινο-καστανό χρώμα. Μαζί με τα αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα μειώνει τη φωτεινότητα και δημιουργεί τη φωτοχημική αιθαλομίχλη. Η χρήση καυσίμων κυρίως σε αυτοκίνητα αλλά και σε βιομηχανικούς καυστήρες ή σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής παράγει μονοξείδιο του αζώτου. Αυτό με διάφορες χημικές αντιδράσεις, που ενισχύονται με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας, μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου.

Έκθεση μικρής διάρκειας (π.χ. για λιγότερο από 3 ώρες) σε τρέχοντα επίπεδα διοξειδίου του αζώτου, πιθανόν να οδηγήσει σε δυσλειτουργίες της αναπνευστικής ανταπόκρισης και αύξηση των ποσοστών εμφάνισης αναπνευστικών νόσων, όπως το παιδικό άσθμα (5-12 ετών).

Παρατεταμένη έκθεση προκαλεί ευαισθησία του αναπνευστικού συστήματος και δύναται να οδηγήσει σε σοβαρές, μόνιμες αλλοιώσεις των πνευμόνων.

Τα οξειδία του αζώτου συμμετέχουν στην εμφάνιση ποικιλίας αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, όπως οι σημαντικές αλλαγές στη σύσταση ορισμένων ειδών βλάστησης υδροβιοτόπων και χερσαίων εκτάσεων, η εμφάνιση της όξινης βροχής, η όξυνση και ο ευτροφισμός γλυκών υδάτων, η μειωμένη ορατότητα, η αύξηση

επιπέδων τοξινών διαφόρων ειδών ψαριών και άλλων υδρόβιων ζώων (<http://www.air-quality.gr/nox.php>).

7.4 Υδρογονάνθρακες και άλλες πτητικές οργανικές ενώσεις.

Υδρογονάνθρακες ονομάζονται οι οργανικές ενώσεις, που περιέχουν μόνο υδρογόνο και άνθρακα. Προέρχονται από την ατελή καύση του καυσίμου λαδιού και την εξάτμιση του καυσίμου. Έχουν επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου, καρκινογενέσεις αλλά και στο περιβάλλον με την δημιουργία νέφους (Καϊκτοής και Καρώνης 2010).

7.5 Αιωρούμενα σωματίδια

Ως αιωρούμενα σωματίδια χαρακτηρίζουμε κάθε σώμα, στερεό ή υγρό, εκτός του ύδατος, που βρίσκεται σε διασπορά και έχει διάμετρο μεγαλύτερη από 0.0002μm και μικρότερη από 500μm περίπου. Η σκόνη, ο καπνός, η ιπτάμενη τέφρα αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αιωρούμενων σωματιδίων. Κάποια σωματίδια είναι αρκετά μεγάλα ή σκουρόχρωμα, ώστε καθίστανται ορατά σαν καπνός, ενώ άλλα είναι τόσο μικρά που δύναται να ανιχνευτούν μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Ορισμένα σωματίδια διαφεύγουν απευθείας από τις πηγές τους, όπως οι καπνοδόχοι και τα αυτοκίνητα. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις, αέρια όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του θείου, τα οξείδια του αζώτου και πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds - VOCs) αντιδρούν με διάφορες ενώσεις του αέρα και δημιουργούν έτσι τα λεπτόκοκκα σωματίδια. Η φύση τους και η χημική σύστασή τους ποικίλλει, και εξαρτάται από την τοποθεσία, την εποχή του χρόνου και τις καιρικές συνθήκες. Η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων σε καθαρή ατμόσφαιρα είναι της τάξης των 10μg/m³.

Τα αιωρούμενα σωματίδια βέβαια, δεν είναι ένας ενιαίος ρύπος, αλλά μάλλον είναι ένα μίγμα πολλών ρύπων. Μέτρο της προσροφητικής ικανότητας των σωματιδίων αποτελεί η ειδική επιφάνειά τους, η οποία αυξάνει όσο μειώνεται η διάμετρος των σωματιδίων. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα πιο επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία σωματίδια είναι αυτά με την μικρότερη διάμετρο.

Γενικά, διακρίνουμε τρεις κατηγορίες αιωρούμενων σωματιδίων, οι οποίες διαφέρουν ως προς την προέλευση, τη χημική τους σύσταση και την επικινδυνότητά τους:

- τα PM₁₀, τα εισπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη από 10μm,
- τα PM_{2,5}, τα αναπνεύσιμα αιωρούμενα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη από 2.5μm, δηλαδή τα σωματίδια που μπορούν να διεισδύσουν βαθιά στο αναπνευστικό σύστημα και να αποθεθούν στους τερματικούς βρόγχους και τις πνευμονικές κυψελίδες και
- τα PM_{1,0}, τα συσσωρευμένα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη από 1.0μm.

Αρχικά, οι μετρήσεις αιωρούμενων σωματιδίων αναφερόταν στα ολικά αιωρούμενα σωματίδια (Total Suspended Particulates, TSP), δίχως να γίνεται διαφοροποίηση αυτών ανάλογα με το μέγεθός τους. Η προσέγγιση αυτή ωστόσο, εξελίχθηκε με την

ανάπτυξη της τεχνολογίας και την ανακάλυψη των διαφορετικών επιπτώσεων των σωματιδίων ανάλογα με τη διάμετρό τους.

Το πρωταρχικό μέτρο TSP αντικαταστάθηκε με το PM₁₀, το οποίο αναφέρεται μόνο σε αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου 10μm ή και μικρότερης. Μελέτες, που αφορούν στην μεταφορά και το μετασχηματισμό των αιωρούμενων σωματιδίων, προτείνουν τον παρακάτω διαχωρισμό:

Αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου μεταξύ 2.5μm και 10μm, χαρακτηρίζονται ως χονδρόκοκκα σωματίδια (PM_{10-2.5}). Τα χονδρόκοκκα σωματίδια έχουν διάφορες πηγές προέλευσης, όπως από τη σκόνη μεταφερόμενη με τον άνεμο, από οχήματα τα οποία κινούνται σε άστρωτους δρόμους, από μηχανήματα βιομηχανιών συμπιέσης, λιωσίματος και τροχίσματος διαφόρων υλικών, αλέσματος, κ. ά. Σχηματίζονται υπό την επίδραση, κυρίως, μηχανικών δυνάμεων όπως η τριβή και η σύνθλιψη. Σωματίδια σκόνης ή χώματος προέρχονται από την κίνηση του ανέμου, ή από άλλες μηχανικές δράσεις της περιοχής

Αιωρούμενα σωματίδια διαμέτρου μικρότερης των 2.5μm (<2.5μm) αναφέρονται ως λεπτόκοκκα σωματίδια (PM_{2.5}). Αποδίδονται στα σχηματιζόμενα από την αέρια φάση σωματίδια, με διαδοχικές συσσωρεύσεις, συμπύκνωση, μεταφορά ή καύση, και αρχικά έχουν διάμετρο περίπου 0.05μm. Τα σωματίδια αυτά έχουν την τάση να συσσωρεύονται περαιτέρω, σχηματίζοντας τα χαρακτηριζόμενα ως συσσωρευμένα σωματίδια, διαμέτρου γύρω στα 0.5μm και τα οποία είναι σχετικά σταθερά στον αέρα. Τα πολύ λεπτόκοκκα σωματίδια που συνενώνονται, υπό φυσιολογικές βεβαίως ατμοσφαιρικές συνθήκες, προς συσσωρευμένα, δεν μπορούν να φτάσουν σε μέγεθος χονδρόκοκκων σωματιδίων. Τα PM_{2.5} προκύπτουν από πολλές, διαφορετικές πηγές, όπως από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, από διάφορες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, από εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης και από οικιακές εστίες φωτιάς, τζάκια, φούρνοι κ.ά., κι έτσι η σύστασή τους ποικίλλει. Δημιουργούνται επίσης από αέρια πυρανάφλεξης, τα οποία μετατρέπονται με χημικό τρόπο σε σωματίδια. Τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 0.1μm είναι πολύ μικρά συγκρινόμενα με το μήκος κύματος του ορατού φάσματος και συμπεριφέρονται όπως τα άλλα μόρια.

Σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη του 1μm είναι πολύ μεγάλα σε σύγκριση με το μήκος κύματος του ορατού φάσματος, κι εμφανίζουν παρόμοια συμπεριφορά με τα μικροσκοπικά αντικείμενα, δηλαδή διαχέουν ή διακόπτουν το φως (<http://www.air-quality.gr/pm.php>).

Λόγω της επικινδυνότητας των αιωρούμενων σωματιδίων για τον άνθρωπο η Ευρωπαϊκή Ένωση θέσπισε μια σειρά από μέτρα τα οποία πρέπει να τηρούνται ώστε να προστατεύεται η ανθρώπινη υγεία. Σύμφωνα με την αντίστοιχες Κοινοτικές Οδηγίες (1999/30/ΕΚ, 2008/50/ΕΚ) τίθενται τα όρια, στα Κράτη Μέλη, για τα αιωρούμενα σωματίδια, ως ακολούθως:

Η τελευταία Κοινοτική Οδηγία (2008/50/ΕΚ) έχει σαν στόχο εφαρμογής την 01.01.2020. Οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, από την έκθεση σε ατμοσφαιρικούς ρύπους, είναι τεράστια, οι ρύποι δεν είναι τοξικοί μόνο στις μεγάλες πυκνότητες, ο βαθμός της ρύπανσης μπορεί να συνδέεται στατιστικά με την αύξηση της θνησιμότητας, αλλά μπορούν να προκαλέσουν βλάβες και σε μικρότερες πυκνότητες

και ποσότητες. Έρευνες δείχνουν ότι προκαλούνται χρόνιες βλάβες, οι οποίες σταδιακά αθροίζονται, επαυξάνονται και δημιουργούν ένα συγκεντρωτικό αποτέλεσμα. Άρα έχουμε και τις κρυφές βλάβες, που φαίνονται σε μακρός χρόνου, αυτή η επιβάρυνση γίνεται στις ευπαθείς ομάδες, δηλαδή στις νεαρές ηλικίες αλλά και τους υπερήλικες και ειδικότερα στους ανθρώπους, που πάσχουν από άσθμα ή σε εκείνους, που έχουν χρόνιες πνευμονικές παθήσεις.

Πίνακας 2. Οριακές τιμές για τα αιωρούμενα σωματίδια PM₁₀ σύμφωνα με την Οδηγία 1999/30/ΕΚ.

	Οριακή τιμή
Μέση ημερήσια τιμή, να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές το χρόνο	50 µg/m ³
Μέση ετήσια τιμή	40 µg/m ³

Πίνακας 3. Οριακές τιμές για τα αιωρούμενα σωματίδια PM_{2.5} σύμφωνα με την Οδηγία 2008/50/ΕΚ.

	Ενδεικτικές οριακές τιμές			Οριακή τιμή
	2012	2013	2014	2015
Μέση ετήσια τιμή	27µg/m ³	26µg/m ³	26µg/m ³	25µg/m ³

Οι επιπτώσεις δυστυχώς δεν περιορίζονται μόνο στο αναπνευστικό, αλλά επιδρούν και στο καρδιαγγειακό σύστημα, δηλαδή έχουμε «επίθεση», αυτών των μικροσωματιδίων, μέσα στα αγγεία της καρδιάς με αποτέλεσμα να δημιουργούνται στενώσεις, για το λόγο αυτό κατεβαίνει και η ηλικία εμφράγματος σε μικρότερες ηλικίες και ακόμα και σε μη καπνίζοντες. Τα μικρά σωματίδια PM_{2.5} δεν απομακρύνονται από το αναπνευστικό σύστημα, ξεπερνούν τα ανακλαστικά του φτερνίσματος και του βήχα και κατεβαίνουν στις κυψελίδες και διεισδύουν μέσα στο κυκλοφοριακό σύστημα του ανθρώπου, με αποτέλεσμα το αίμα να τα πηγαίνει παντού, με αποτέλεσμα να μεταφέρονται τοξίνες σε όλα τα όργανα του οργανισμού. Ο χρόνιος ερεθισμός από τους αέριους ρύπους προκαλεί ακόμα και επιβάρυνση στο ανοσοποιητικό σύστημα και δημιουργεί τις προϋποθέσεις να αναπτυχθούν κι άλλοι νόσοι στον άνθρωπο όπως ο καρκίνος (<http://www.physics.ntua.gr/~papayannis/Articles%20for%20tamex/PMs-TSI.pdf>).

Γενικά οι επιπτώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων είναι πολύ σημαντικές σε όλους τους τομείς του περιβάλλοντος και ειδικότερα στην υγεία των ανθρώπων. Καθοριστικοί παράγοντες για τις επιπτώσεις τους αυτές είναι το μέγεθος τους, η χημική τους σύσταση και η συνύπαρξη τους με άλλους ρύπους με τους οποίους μπορούν αν δρουν συνεργατικά. Τα μικροσκοπικά αυτά σωματίδια επηρεάζουν κυρίως την αναπνοή, προκαλώντας ασθένειες στο αναπνευστικό και στους πνεύμονες προκαλώντας ακόμα και το θάνατο. Ομάδα υψηλού κινδύνου αποτελούν ηλικιωμένοι, παιδιά και γενικότερα άτομα που πάσχουν από άσθμα. Προκαλούν επίσης φθορές στις βαφές, τα εδάφη, τα υφάσματα και μειώνουν την ορατότητα (Γεωργακάκη 2009).

8 Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

Για να παρακολουθήσουμε τα αποτελέσματα των ανθρωπογενών πηγών ρύπανσης είναι σημαντικό να καταλάβουμε τον κύκλο των ρύπων, που περιλαμβάνει την μεταφορά και διασπορά των ρύπων καθώς και οποιαδήποτε φυσικό ή χημικό μετασχηματισμό τους μεταξύ της πηγής και του αποδέκτη.

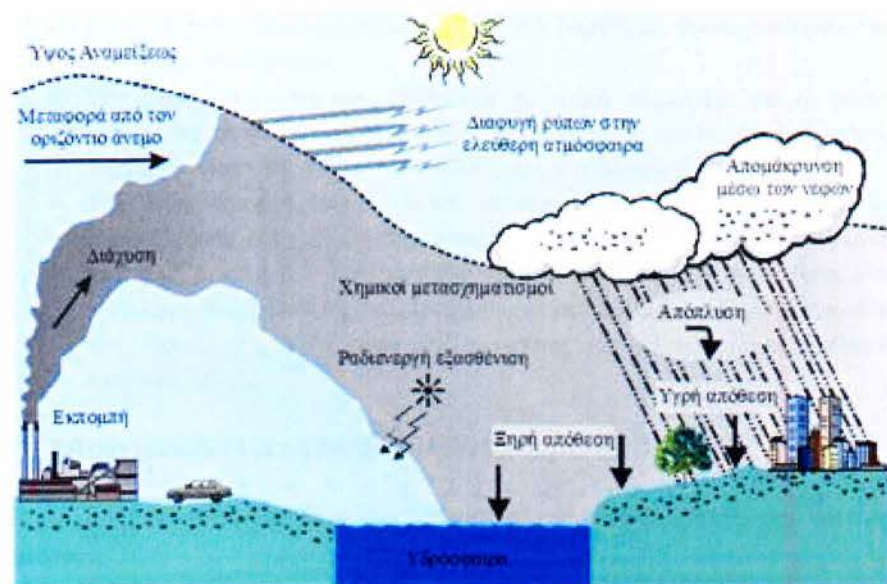
Μεταφορά, είναι ο μηχανισμός με τον οποίο μεταφέρεται η ρύπανση από μία πηγή σε ένα αποδέκτη. Ο άνεμος είναι το κύριο μέσο με το οποίο οι ρύποι μεταφέρονται. Στην απλούστερη περίπτωση ως μία σημειακή πηγή μπορούμε να θεωρήσουμε μία καμινάδα κάποιας βιομηχανικής μονάδας που ρυπαίνει την ατμόσφαιρα. Όμως κατά την διάρκεια της μεταφοράς ο ρυπασμένος θύσανος που εκπέμπεται από την καμινάδα δεν παραμένει κυλινδρικού σχήματος της ίδιας διαμέτρου με την καμινάδα αλλά λόγω τύρβης και στροβίλων αναμειγνύεται στο χώρο με τον περιβάλλοντα αέρα και ο μηχανισμός αυτός χαρακτηρίζεται ως ατμοσφαιρική διάχυση. Η διάχυση έχει ως αποτέλεσμα ο ρυπασμένος θύσανος που εκπέμπεται από την καμινάδα να εξαπλώνεται καθώς μεταφέρεται με τον άνεμο. Αυτές οι δύο διαδικασίες, η ανάμειξη λόγω τύρβης και η εξάπλωση του ρυπασμένου θυσάνου, τείνουν να μειώσουν την αρχική πυκνότητα του καθώς απομακρύνεται από την πηγή και πλησιάζει τον αποδέκτη. Το σύνολο αυτών των διαδικασιών το αποκαλούμε διασπορά. Με τον όρο μετασχηματισμό ορίζουμε τη παραγωγή (ή καταστροφή) ενός δεδομένου στοιχείου διαμέσου φυσικών (π.χ. ξηρή και υγρή εναπόθεση) και χημικών (π.χ. χημικές αντιδράσεις) διαδικασιών (Σχήμα 6).

Γίνεται επομένως κατανοητό ότι ο κύκλος των ρύπων στην ατμόσφαιρα είναι μία ιδιαίτερα σύνθετη διαδικασία που εξαρτάται από διαφορετικούς παράγοντες που δρουν σε διαφορετικές κλίμακες χώρου και χρόνου όπως:

- τα μέσης και τοπικής κλίμακας συστήματα κυκλοφορίας που συνδέονται με τα συγκεκριμένα τοπογραφικά χαρακτηριστικά ενός τόπου (π.χ. θαλάσσια αύρα, αύρα κοιλάδας, κατακόρυφη μεταφορά λόγω θέρμανσης στους πρόποδες ορεινών όγκων),
- τη συνοπτική μετεωρολογική κατάσταση στην ατμόσφαιρα (π.χ. κυκλωνική ή αντικυκλωνική κατάσταση, μέτωπα, ταχύτητα του συνοπτικού ανέμου),
- τη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας για την κατανόηση της μεταφοράς ρύπων σε παγκόσμια κλίμακα,
- το βαθμό ανατάραξης της ατμόσφαιρας και την σχετιζόμενη ένταση των στροβίλων που καθορίζουν την διάχυση των ρύπων στην ατμόσφαιρα,
- τον χρόνο ζωής των ρύπων που εξαρτάται από τον ρυθμό των φυσικών και χημικών μετασχηματισμών τους ή καταστροφής τους και
- την χωρική κατανομή και την ένταση των πηγών ρύπανσης.

Η μεταφορά των ρύπων, οι οποίοι είναι κατά κανόνα θερμότεροι από τον περιβάλλοντα αέρα, ξεκινά όταν αφήνουν την καμινάδα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την αρχική ορμή που έχουν τα καυσαέρια όταν φθάνουν στην κορυφή της καμινάδας έχει σαν αποτέλεσμα ο θύσανος να ανυψώνεται μέχρι ενός ορισμένου ύψους. Το ύψος αυτό είναι βέβαια υψηλότερο του φυσικού (κατασκευαστικού) ύψους

της καμινάδας και ονομάζεται ενεργό ύψος της καμινάδας. Η διαφορά ανάμεσα στο φυσικό και στο ενεργό ύψος της καμινάδας, ονομάζεται αρχική ανύψωση του θυσάνου. Στις περισσότερες περιπτώσεις η αρχική ανύψωση του θυσάνου έχει πολύ μεγάλη σημασία στην ποιότητα του αέρα της περιοχής γιατί μπορεί να αυξήσει το ενεργό ύψος της καμινάδας με ένα παράγοντα 2 έως 10 φορές το κατασκευαστικό ύψος της καμινάδας. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέγιστη συγκέντρωση εδάφους είναι χοντρικά αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου του ενεργού ύψους εκπομπής, είναι φανερό ότι η ανύψωση του θυσάνου μπορεί, στη ακραία περίπτωση, να μειώσει τις συγκεντρώσεις εδάφους με ένα παράγοντα της τάξης του 100.



Σχήμα 6. Ο ατμοσφαιρικός κύκλος διασποράς (<http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/didaktea/ylh.htm>).

Ο καπνός μεταφέρεται μακριά από την πηγή από τον μέσο οριζόντιο άνεμο. Η οριζόντια μεταφορά αποτελεί τον πλέον σημαντικό μηχανισμό απομάκρυνσης και αραιώσης των ρύπων. Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες η ταχύτητα του ανέμου είναι πολύ χαμηλή (άπνοια) οι συνθήκες διασποράς είναι άσχημες και υπάρχει αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης επεισοδίου ρύπανσης σε περιοχές με μεγάλη πυκνότητα εκπομπών.

Κατά τον χρόνο της παραμονής τους στην ατμόσφαιρα οι ρύποι υφίστανται διάφορους χημικούς μετασχηματισμούς λόγω αντιδράσεων είτε μεταξύ τους είτε με τα συστατικά της καθαρής ατμόσφαιρας. Η ατμόσφαιρα είναι ένα αποτελεσματικό εργαστήριο αντιδράσεων, μέσα στο οποίο διοχετεύονται χημικά ενεργά συστατικά, με αποτέλεσμα την παραγωγή ενός αριθμού καινούργιων ουσιών. Οι καινούργιες ουσίες παράγονται από αέρια και υγρά τα οποία αντιδρούν μεταξύ τους και με τα σωματίδια που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα. Οι χημικές αντιδράσεις των ρύπων μπορεί να δώσουν και ουσίες οι οποίες δεν είναι ρύποι. Σε πολλές περιπτώσεις όμως στα

προϊόντα των χημικών αντιδράσεων περιλαμβάνονται και νέοι ρύποι οι οποίοι ονομάζονται δευτερογενείς ρύποι σε αντιδιαστολή με αυτούς που εκπέμπονται από τις πηγές οι οποίοι ονομάζονται πρωτογενείς ρύποι. Χαρακτηριστικά παραδείγματα χημικών μετασχηματισμών στην ατμόσφαιρα είναι οι χημικές αντιδράσεις οξείδωσης, οι φωτοχημικές αντιδράσεις φωτόλυσης κάποιων στοιχείων και οι ετερογενείς αντιδράσεις πάνω σε νεφροσταγονίδια και αιωρούμενα σωματίδια.

Τέλος η μεταφορά των ρύπων από την ατμόσφαιρα στο έδαφος ονομάζεται εναπόθεση που είναι μία φυσική διαδικασία απομάκρυνσης των ρύπων από την ατμόσφαιρα. Γενικά ξεχωρίζουμε τρεις διαφορετικούς τύπους εναπόθεσης (Ζάνης 2008):

- Την καθίζηση που ονομάζεται η πτώση λόγω βαρύτητας των σχετικά μεγάλων και βαρέων σωματιδίων.
- Την ξηρή εναπόθεση που υφίστανται τα μικρά σωματίδια και οι αέριες ενώσεις τα οποία ακολουθούν αδρανώς τις κινήσεις του αέρα και τα οποία κατακρατούνται, όταν έρθουν σε επαφή, από την υποκείμενη επιφάνεια.
- Την υγρή απόθεση που συμβαίνει σε περίπτωση νετού οπότε μπορεί να συμβεί κάποιο από τα παρακάτω ενδεχόμενα: είτε απόπλυση της ατμόσφαιρας από τους ρύπους που βρίσκονται σ' αυτήν, από τη βροχή ή το χιόνι, είτε πρόσληψη των ρύπων σε ένα προηγούμενο στάδιο από τα μικρά σταγονίδια του νέφους, τα οποία αργότερα ενώνονται μεταξύ τους δημιουργώντας σταγόνες βροχής.

9 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει μεγάλες επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στον άνθρωπο:

9.1. Υλικά.

Το διοξείδιο του θείου, με το ηλιακό φως και την υγρασία της ατμόσφαιρας, μετατρέπεται σε τριοξείδιο του θείου και σε συνέχεια σε θειικό οξύ, που επανέρχεται στο έδαφος ως «όξινη βροχή».



Σχήμα 7. Η επίδραση της όξινης βροχής σε μάρμαρα και μέταλλα (<http://www.nomika-epilekta.gr/strepsodikopanoyrgia/dokimia/epidrasedis-toy-periballontos-se-mnimeia>).

Η όξινη βροχή είναι η κύρια υπεύθυνη για την καταστροφή των μαρμάρων και των ασβεστόλιθων των αγαλμάτων και κτηρίων, τα οποία και μετατρέπει σε γύψο.

Όμως και η φυσική βροχή είναι ελαφρά όξινη λόγω του διοξειδίου του άνθρακα, που εμπεριέχεται στην ατμόσφαιρα, αλλά η παρουσία οξειδίων του θείου και του αζώτου επιδεινώνει την κατάσταση. Η ατμοσφαιρική ρύπανση λοιπόν μπορεί να διαβρώσει τα υλικά και να καταστρέψει ιστορικά αλλά και σύγχρονα κτίρια και μνημεία. Η ατμοσφαιρική ρύπανση συντελεί στην καταστροφή των υλικών με διάφορους τρόπους όπως με διάβρωση λόγω τριβής, με ακαθαρσία (στερεά σωματίδια, ιδίως καπνός) που επικάθεται στα υλικά, μειώνοντας το αισθητικό κάλλος μνημείων και κτιρίων, καθώς και με διάβρωση από όξινες ουσίες και άλλα οξειδωτικά. Η όξινη απόθεση διαβρώνει τα οικοδομήματα σε πολλές πόλεις στον κόσμο, για παράδειγμα στην Αθήνα και τη Ρώμη όπου η οξύτητα των βροχοπτώσεων έχει αρχίσει να παραμορφώνει ανεκτίμητα εξωτερικά μνημεία (Σχήματα 7 και 8).



Σχήμα 8. Η επίδραση όξινης βροχής στα μνημεία της Ακρόπολης (<http://www.nomika-epilekta.gr/strepsodikopanoyrgia/dokimia/epidraseis-toy-periballontos-se-mnimeia>).

Τα υλικά, στα οποία η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει επιπτώσεις είναι:

9.1.1. Μέταλλα.

Η βασική επίπτωση των αέριων ρύπων στα μέταλλα είναι η διάβρωση της επιφάνειας τους, με αποτέλεσμα απώλεια μάζας καθώς και αλλαγή των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των μετάλλων.

9.1.2. Δομικά υλικά και το μάρμαρο.

Πολλά κτίρια στις παλιές και μεγάλες πόλεις είναι εκτεθειμένα σε υψηλές συγκεντρώσεις καπνού, SO_2 και CO_2 για πολλές δεκαετίες. Οι επιφάνειες τους έχουν λερωθεί και είναι εκτεθειμένα και στις χημικές δράσεις των όξινων αποθέσεων. Το διοξείδιο του θείου και η υγρασία αντιδρούν με το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) και σχηματίζουν θεικό ασβέστιο (CaSO_4) και γύψο ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) τα οποία είναι διαλυτά στο νερό, με αποτέλεσμα να προκαλείται φθορά τόσο στα δομικά υλικά όσο και στο κονίαμα που τα συνδέει.

9.1.3. Υφάσματα και βαφές.

Η βασική επίπτωση των αέριων ρύπων είναι το σπάσιμο της ύφανσης εξ αιτίας της απώλειας της ελαστικότητάς τους και η αποχρωμάτισή τους.



Σχήμα 9. Η διάβρωση χαρτιού από την υγρασία και βιολογική προσβολή (<http://www.nomikaepilekta.gr/strepsodikopanoyrgia/dokimia/epidraseis-toy-periballontos-se-mnimeia>).

9.1.4. Δέρμα, χαρτί και χρώματα.

Το διοξείδιο του θείου (SO_2) επιδρά στη σύνθεσή τους προκαλώντας σημαντικές φθορές. Μεγάλο πρόβλημα παρουσιάζεται στις βιβλιοθήκες πόλεων σε όλο τον κόσμο λόγω της καταστροφής των δερμάτινων καλυμμάτων των βιβλίων. Η κυτταρίνη του χαρτιού επίσης επηρεάζεται από το διοξείδιο του θείου. Το υδρόθειο αντιδρά με τις χρωστικές ουσίες που περιέχουν μόλυβδο και αμαυρώνει τις λευκές και ανοιχτόχρωμες βαφές. Ο όξινος χαρακτήρας των εκκριμάτων ζώων και φυτών προσβάλλουν την πέτρα, και τα οργανικά υλικά (χαρτί, ξύλο, ύφασμα, δέρμα) όπως και η δημιουργία αποικιών φυτικής προέλευσης, λειχήνες, μικροοργανισμοί, βάκλιοι και βακτήρια (Σχήμα 9).

9.1.5. Καουτσούκ.

Το όζον προκαλεί ρωγμές στα προϊόντα φτιαγμένα από καουτσούκ καθώς σπάει το διπλό δεσμό του άνθρακα του ισοπρενίου από το οποίο συντίθεται το πολυμερές του καουτσούκ. Το φαινόμενο ξεκινά από την επιφάνεια και προχωρά σε βάθος ανάλογα με τις συγκεντρώσεις όζοντος που εκτίθεται το υλικό (Μελάς κ.ά. 2000).

9.2. Μνημεία, Αρχαιολογικοί τόποι, Μουσεία:

Σαν μνημείο ορίζεται οποιοδήποτε προϊόν της ανθρώπινης δραστηριότητας επί της γης, το οποίο είναι φορτισμένο με μνήμες. Το μνημείο προάγει την ανθρώπινη μνήμη και αποτελεί τον συνδετικό κρίκο του χθες με το σήμερα. Είναι μάρτυρας μιας άλλης εποχής και διαμορφώνει την ιδιαίτερη φυσιογνωμία του τόπου. Η αναγκαιότητα συντήρησης και διαφύλαξης των μνημείων από φθορές και καταστροφές εξαιτίας περιβαλλοντικών παραγόντων είναι συνεχής. Η πέτρα είναι από τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά κόρον για την κατασκευή κτηρίων και μνημείων στην αρχαιότητα, άλλωστε στην πατρίδα μας ο ασβεστόλιθος υπάρχει άφθονος. Πολλές φορές για την σύνδεση και την στερέωση της τοιχοδομής χρησιμοποιήθηκαν κονιάματα, μεταλλικοί σύνδεσμοι και άλλα υλικά, τα οποία με την επίδραση του περιβάλλοντος φθείρονται και αλλοιώνονται. Οι μεταλλικοί σύνδεσμοι οξειδώνονται, διογκώνονται και ασκούν τάσεις στα δομικά υλικά μέχρι το σημείο θραύσης. Το νερό σε διάφορες μορφές, αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα φθοράς των μνημείων. Εισχωρεί εύκολα στις ρωγμές της πέτρας και με το φαινόμενο της τριχοειδούς

αναρρίχησης, την εμποτίζει σε βάθος συμπαρασύροντας και συστατικά από το έδαφος, όπως άλατα. Σε περιόδους ξηρασίας το νερό εξατμίζεται και τα άλατα κρυσταλλώνονται προκαλώντας διάβρωση σε κεραμικά, τοιχογραφίες, πέτρες. Το φαινόμενο αυτό της κρυστάλλωσης των αλάτων παρατηρείται συχνά στα μνημεία που βρίσκονται κοντά στην θάλασσα. Το νερό της θάλασσας περιέχει άλατα, έτσι επιδρά στα δομικά υλικά των μνημείων μέσω του φαινομένου της κρυστάλλωσης των διαλυτών αλάτων που περιέχει ιδίως σε πορώδη υλικά όπως κεραμικά και πετρώματα. Με την πτώση της θερμοκρασίας και την μετατροπή του νερού σε πάγο, ασκούνται ισχυρές πιέσεις που μπορεί να οδηγήσουν στην θραύση. Άλλος παράγοντας φθοράς είναι η διακύμανση της σχετικής υγρασίας. Η σχετική υγρασία σε ποσοστό άνω του 70% ευνοεί την ανάπτυξη μικροοργανισμών και μούχλας στα υγροσκοπικά υλικά, χαρτί, ύφασμα, ξύλο κ. ά. Αντίστοιχα η πτώση των επιπέδων υγρασίας προκαλεί συρρίκνωση έως και καταστροφή των υλικών αυτών. Επίσης οι συνεχείς εναλλαγές των επιπέδων υγρασίας αποδυναμώνουν τα υλικά που συνθέτουν τα έργα τέχνης και συχνά προκαλείται μη αναστρέψιμη φθορά έως και ολική καταστροφή. Γιαυτό το επίπεδο σχετικής υγρασίας πρέπει να διατηρείται σταθερό, ιδανικά περί το 45%. Ο βιολογικός παράγοντας είναι άλλη μια αιτία φθοράς των μνημείων και των μουσειακών αντικειμένων. Ο όξινος χαρακτήρας των εκκριμάτων ζώων και φυτών προσβάλλουν την πέτρα, και τα οργανικά υλικά (χαρτί, ξύλο, ύφασμα, δέρμα) όπως και η δημιουργία αποικιών φυτικής προέλευσης, λειχήνες, μικροοργανισμοί, βάλκιοι και βακτήρια. Το φως στο ορατό, το υπέρυθρο και κυρίως το υπεριώδες φάσμα έχει καταστροφικά αποτελέσματα στις χρωστικές των έργων τέχνης. Πολλά χρώματα ξεθωριάζουν, αποχρωματίζονται, αποδυναμώνονται γι' αυτό θα πρέπει να αποφεύγεται η απευθείας επαφή του άπλετου ηλιακού φωτός με το έργο, καθώς και ο έντονος τεχνητός φωτισμός. Όσον αφορά την υπεριώδη ακτινοβολία, επιδρά αμελητέα στα ανόργανα υλικά, δηλαδή τα υλικά από, πηλό, γυαλί, μέταλλο, πέτρα αλλά θα πρέπει να αποφεύγονται οι φωτισμοί μεγάλης έντασης για να μην ανεβάσουν την θερμοκρασία στον χώρο και να μην μειώνουν το επίπεδο υγρασίας. Ο πηλός και το γυαλί αντέχουν ένταση φωτισμού μέχρι 300lux, ενώ το μέταλλο και η πέτρα μέχρι και 500lux. Αντίθετα τα οργανικά υλικά, δηλαδή υλικά από ξύλο, δέρμα, χαρτί, ύφασμα, έργα ζωγραφικής σε ξύλο ή μουσαμά είναι πολύ ευαίσθητα στην υπεριώδη ακτινοβολία με ανώτατο επιτρεπόμενο όριο τα 150lux. Για την αποφυγή φωτοχημικής διάβρωσης στους μουσειακούς χώρους χρησιμοποιούνται οθόνες UV και απορροφητές UV, ενώ τα flash των φωτογραφικών μηχανών και η χρήση φωτισμού κάμερας τηλεόρασης θα πρέπει να αποφεύγονται. Οι συνεχείς αυξομειώσεις της θερμοκρασίας προκαλούν διαστολές και συστολές στα υλικά με αποτέλεσμα να προκαλούνται ρωγμές. Οι αυξομειώσεις αυτές συμβαίνουν κυρίως στα πέτρινα μνημεία που είναι εκτεθειμένα στον ήλιο την ημέρα και στην ψύξη τη νύχτα. Τα πετρώματα είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας με αποτέλεσμα το εξωτερικό τους να θερμαίνεται περισσότερο από το εσωτερικό τους κι αυτή η διαφορά θερμοκρασίας αν είναι συχνή και απότομη, προκαλεί ξεφλούδισμα και σπάσιμο στο πέτρινο μνημείο. Μια ξαφνική καταιγίδα για παράδειγμα μπορεί να ρίξει απότομα την θερμοκρασία του πετρώματος που έχει θερμανθεί στον ήλιο με συνέπεια την πρόκληση ρωγμών και απολεπίσεων. Η θερμοκρασία σε συνδυασμό με την

υγρασία επιδρούν σημαντικά στα ζωγραφικά έργα σε μουσαμά με αποτέλεσμα ρωγμές στη προετοιμασία του μουσαμά και αποφλοιώσεις στο ζωγραφικό στρώμα. Η μέση θερμοκρασία στο χώρο ενός μουσείου πρέπει να διατηρείται περί τους 21°C και να ελέγχεται από κεντρικές εγκαταστάσεις κλιματισμού. Ο αριθμός των επισκεπτών είναι παράγοντας που επηρεάζει την θερμοκρασία και την υγρασία και βάση προδιαγραφών η ιδανική πυκνότητα επισκεπτών είναι 3-5 άτομα ανά τετραγωνικό χώρο. Σημαντική παράμετρος που πρέπει να ελέγχεται στους εκθεσιακούς χώρους και σε χώρους μνημείων είναι η στάθμη θορύβου που αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα για την ασφάλεια των αντικειμένων. Σε περιπτώσεις υψηλών συχνοτήτων μιας ηχητικής πηγής μπορεί να τεθούν σε συντονισμό τα υλικά των μουσειακών αντικειμένων ή το μνημείο, απορροφώντας μεγάλη ενέργεια, κι αυτό μπορεί να επιφέρει σημαντικές φθορές έως και καταστροφή. Βλαβερή ηχητική πηγή μπορεί να αποτελεί η πυκνή κυκλοφορία αυτοκινήτων, η ύπαρξη αεροδρομίου πλησίον μουσειών και μνημείων και οι οικοδομικές εργασίες. Επιτρεπόμενο όριο ήχου σε τέτοιους χώρους είναι τα 35-75dB. Η βιομηχανική ατμοσφαιρική ρύπανση είναι κι αυτή μια σημαντική παράμετρος φθοράς των μνημείων αφού συμβάλλει στην αύξηση του ποσοστού συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου, των οξειδίων του αζώτου και των αιωρούμενων σωματιδίων, προξενώντας σοβαρές φθορές στα δομικά υλικά των μνημείων (πέτρα, κονιάματα, μέταλλα). Οι ρύποι της ατμόσφαιρας είναι συνήθως σε αέρια κατάσταση, ή σε στερεή με την μορφή σωματιδίων κυρίως. Ρύπους αποτελούν πρωτίστως τα διάφορα αέρια, σκόνης, άμμος, άργιλοι, οξειδία μετάλλων, γύψος, τσιμέντο και ο καπνός από ατελή καύση ανθρακούχων ουσιών. Οι άνεμοι διατηρούν σε αιώρηση τα στερεά σωματίδια που μεταφέρονται σαν σκόνη ή σαν καπνός. Τα σωματίδια μεγαλύτερου μεγέθους δημιουργούν κυψελίδες στην επιφάνεια των μνημείων, ενώ τα μικρότερα προσκολλώνται και δημιουργούν επικαθίσεις, μαύρες από την αιθάλη, κόκκινες από τα οξειδία του σιδήρου. Αυτά επικάθονται στις επιφάνειες των μνημείων, προκαλώντας διάβρωση στα πετρώματα, τα μέταλλα, τα κονιάματα και τις τοιχογραφίες και μειώνουν την αισθητική τους αξία. Στην ατμόσφαιρα βιομηχανικών περιοχών και μεγαλουπόλεων όπως προείπαμε, είναι αυξημένη η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου και τριοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου. Τα αέρια αυτά με το νερό της βροχής διαλύονται και μετατρέπονται σε οξέα, οπότε και έχουμε την χαρακτηριστική όξινη βροχή. Τα αποτελέσματα της όξινης προσβολής γίνονται αντιληπτά στα γλυπτά που βρίσκονται εκτεθειμένα στη βροχή και πρωτίστως στις εξοχές, γι' αυτό και τα χαρακτηριστικά του προσώπου αλλοιώνονται εμφανώς. Χαρακτηριστικά παραδείγματα όξινης προσβολής έχουμε στην Αθήνα και τη Ρώμη όπου η οξύτητα των βροχοπτώσεων έχει προκαλέσει ζημιά σε πολύ σημαντικά μνημεία όπως η Ακρόπολη και το Κολοσσαίο αντίστοιχα. Οι επιφάνειες των γλυπτών που δεν έρχονται σε επαφή με το νερό της βροχής, μετατρέπονται σε γύψο (γυψοποίηση). Το νερό της βροχής επίσης, μετατρέπει το διοξείδιο του άνθρακα σε οξύ, επιδρά στο μάρμαρο και διαλύει τον ασβεστίτη των μνημείων. Μετά την βροχή αφού εξατμιστεί το νερό, δημιουργείται και πάλι ασβεστίτης με αποτέλεσμα η επιφάνεια του μαρμάρου να είναι σαν «ζαχαρωμένη» και το φαινόμενο ονομάζεται ζαχαροποίηση του μαρμάρου. «Ζαχαροποίηση» ονομάζουμε την απώλεια συνοχής των επιφανειακών κρυστάλλων

του μαρμάρου με συνέπεια την συνεχή πτώση τους υπό μορφή ζάχαρης Το αποτέλεσμα της δράσης αυτής στα μνημεία, είναι η μείωση των διαστάσεών τους, ένα με δύο εκατοστά, σε χρονικό διάστημα 2400 χρόνια. Αντίστοιχα αποτελέσματα προκαλεί και το διοξείδιο του θείου στα μάρμαρα και τα ασβεστολιθικά πετρώματα. Τα οξείδια του αζώτου που βρίσκονται κι αυτά σε μεγάλη πυκνότητα στην ρυπασμένη ατμόσφαιρα, αντιδρούν με το ασβεστολιθικό υλικό των πετρωμάτων με αποτέλεσμα την διάλυση του υλικού και την εξαφάνιση των γλυπτών λεπτομερειών. Για να αποφεύγονται τα φαινόμενα αυτά ενδείκνυται η στέγαση των μνημείων όπου είναι δυνατό. Εκτός από την πέτρα και τα άλλα υλικά των μνημείων και μουσειακών αντικειμένων διαβρώνονται από τους ρύπους της ατμόσφαιρας. Έτσι λοιπόν τα μέταλλα οξειδώνονται, με αποτέλεσμα την απώλεια μάζας τους. Ο σίδηρος διαβρώνεται περισσότερο από κάθε άλλο μέταλλο. Ο χαλκός παρουσιάζει διαδοχικά στρώματα διάβρωσης που εμφανίζουν διαφορετικά χρώματα, κόκκινο, μπλε και πράσινο. Ο άργυρος δέχεται σημαντική επίδραση από το υδρόθειο κυρίως σε περιβάλλον υψηλής υγρασίας. Τα υφάσματα που είναι εκτεθειμένα στο φως και βρίσκονται σε ρυπασμένο περιβάλλον εμφανίζουν μεγάλο ποσοστό διάβρωσης. Βασική επίπτωση των αερίων ρύπων στα υφάσματα, είναι το σπάσιμο της ύφανσης εξαιτίας της απώλειας της ελαστικότητάς τους και η αποχρωμάτισή τους. Το διοξείδιο του θείου επιδρά στο δέρμα και το χαρτί, προκαλώντας σημαντικές φθορές. Το υδρόθειο επίσης αλληλεπιδρά με τον μόλυβδο που περιέχουν ορισμένες χρωστικές και τις μαυρίζει. Οι σελίδες των βιβλίων παρουσιάζουν αλλαγή χρώματος περιμετρικά και ευθραυστότητα. Οι ζωικές ίνες που περιέχονται στο μαλλί, το μετάξι, το δέρμα και την περγαμηνή διαβρώνονται σημαντικά από την ρύπανση της ατμόσφαιρας. Το δέρμα διαβρώνεται από την παρουσία διοξειδίου του θείου, μετατρέπόμενο σε σκόνη. Παρόμοιες φθορές προκαλούνται και στα αντικείμενα από μαλλί, μετάξι και πάπυρο. Επίσης το διοξείδιο του θείου επιδρά άμεσα σε πολλές χρωστικές κυρίως όταν βρίσκονται σε τοιχογραφίες που είναι άμεσα εκτεθειμένες στο ρυπασμένο περιβάλλον αφού δεν φέρουν βερνίκι ή κανενός είδους προστασία. Επιπλέον διαβρώνονται και τα κονιάματα των τοιχογραφιών που περιέχουν ανθρακικό ασβέστιο (<http://www.nomika-epilekta.gr/strepsodikopanoyrgia/dokimia/epidraseis-toy-periballontos-se-mnimeia>). Η εναπόθεση των ρύπων στις τοιχογραφίες εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η υγρασία της ατμόσφαιρας, η χημική σύσταση των ρύπων, το μέγεθος των κόκκων τους, το ηλεκτρικό τους φορτίο, η υγροσκοπικότητά τους, η υφή της ζωγραφικής επιφάνειας, η πλαστικότητα της, η θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα τους κλπ. Με την παρουσία υγρασίας στην επιφάνεια της τοιχογραφίας σχηματίζουν ασθενή οξέα (ανθρακικά-θειικά) που προσβάλλουν και εξασθενούν τα αλκαλικά συστατικά του κονιάματος, όπως το ανθρακικό ασβέστιο και τα οργανικά συνδετικά της ζωγραφικής όπως αυγό, γόμμες κ.λπ. Μόρια σκόνης και αιθάλης επίσης επικάθονται στην επιφάνεια των τοιχογραφιών σχηματίζοντας μια γκριζα ή μαύρη μεμβράνη, που είναι υγροσκοπική και διευκολύνει τη συσσώρευση υγρασίας από την ατμόσφαιρα στη ζωγραφική. Επιπλέον, σημαντική φθορά στις τοιχογραφίες μπορεί να προκαλέσει η βιολογική δράση των μικροοργανισμών ή προϊόντα οργανικών δράσεων. Μύκητες, βακτηρίδια, λειχήνες και άλλοι οργανισμοί μπορούν να αναπτυχθούν στην επιφάνεια των

τοιχογραφιών και να προκαλέσουν σοβαρές αλλοιώσεις στη ζωγραφική και το κονίαμα. Εκτός από την επιφανειακή μηχανική φθορά που προκαλούν με την ανάπτυξή τους, ορισμένα είδη προκαλούν φθορά σε βάθος, επειδή τρέφονται με ασβέστιο και πυρίτιο, που περιέχονται άφθονα στο κονίαμα. Επίσης κατά τον μεταβολισμό τους εκκρίνουν οξέα που είναι επιβλαβή για όλα τα συστατικά της τοιχογραφίας. Ο έλεγχος της σχετικής υγρασίας του χώρου είναι καθοριστικός παράγοντας της ανάπτυξης μικροοργανισμών στην επιφάνεια του και το όριο της σχετικής υγρασίας για την ύπαρξη βιολογικών δράσεων είναι περίπου 70%. Επίσης, η ύπαρξη κάθε μορφής επικαθίσεων στην επιφάνεια, ειδικά οργανικών υλών, αποτελούν εστίες ανάπτυξης μικροοργανισμών. Παράλληλα, ενδέχεται να υπάρχουν και δραστηριότητες πουλιών, νυχτερίδων και τρωκτικών που να προκαλούν μηχανικές και χημικές φθορές, σε περιπτώσεις εγκαταλελειμμένων ή ερειπωμένων μνημείων. Τα περιττώματά τους περιέχουν φωσφορικά και νιτρικά άλατα και γίνονται πηγές διαλυτών αλάτων για τα υλικά. Τα φυτά που αναπτύσσονται σε μνημεία τα οποία έχουν υποστεί μερική κατάρρευση κάποιων τμημάτων τους προκαλούν ρωγμές, αποκολλήσεις τμημάτων, αλλά και χημικές επιδράσεις στα συστατικά των τοιχογραφιών με όξινες ή αλκαλικές εκκρίσεις των ριζών τους. Τέλος, η επίδραση του φωτός ενδέχεται να προκαλέσει φθορά σε τοιχογραφίες, αν αυτές μείνουν εκτεθειμένες στο ηλιακό φως ή σε εσωτερικούς φωτισμούς (στην περίπτωση τοιχογραφιών εσωτερικών χώρων) για μεγάλο χρονικό διάστημα. Σε αυτή την περίπτωση η υπερϊώδης ακτινοβολία και η επίδραση του φωτός μπορεί να προκαλέσει αλλοιώσεις σε ορισμένες χρωστικές και να επιταχύνει την αποσύνθεση των συστατικών οργανικής προέλευσης, όπως το αυγό, που περιέχονται στα υλικά κατασκευής. Αυτό συμβαίνει λόγω της υψηλής ενέργειας που μεταφέρουν οι ακτινοβολίες και επιταχύνουν τις αντιδράσεις φθοράς. Αντίθετα, ο χαμηλός φωτισμός σε συνδυασμό με την υψηλή υγρασία ευνοεί την ανάπτυξη λειχήνων και άλλων μικροοργανισμών στη ζωγραφική επιφάνεια μιας τοιχογραφίας (Ντούτση 2013). Η ατμοσφαιρική ρύπανση επιδρά και σε αντικείμενα από γυαλί με την παρουσία διοξειδίου του θείου και οξειδίου του αζώτου. Για την προστασία των μνημείων και μουσειακών αντικειμένων από την ατμοσφαιρική ρύπανση απαιτείται συνεχής έλεγχος της ατμόσφαιρας του μουσειακού χώρου, με ανανέωση του αέρα και τοποθέτηση φίλτρων ενεργού άνθρακα. Επίσης πρέπει να αποφεύγεται ο μεγάλος αριθμός επισκεπτών ώστε να μην ανεβαίνει η στάθμη υγρασίας και η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Για τις περιπτώσεις των μνημείων που βρίσκονται σε εξωτερικούς χώρους, εκτεθειμένων στην ατμοσφαιρική ρύπανση, απαιτούνται αεροστεγείς, διάφανες προθήκες με την δημιουργία αδρανούς ατμόσφαιρας όπως συμβαίνει με τα χάλκινα αγάλματα του Πειραιά που φυλάσσονται σε ειδικές συνθήκες αζώτου, προστατευόμενα από υγρασία και καυσαέρια. Πολύ συχνά, γλυπτά και άλλα αντικείμενα τα οποία μπορούν να μεταφερθούν, τοποθετούνται σε μουσειακούς χώρους και την θέση τους παίρνουν αντίγραφα, όπως οι Καρυάτιδες που ήδη έχουν μεταφερθεί στο νέο μουσείο της Ακρόπολης για να προστατευθούν και στη θέση τους τοποθετήθηκαν πιστά αντίγραφα. Το τελευταίο είδος περιβαλλοντικής προσβολής είναι ο ίδιος ο άνθρωπος. Το μνημείο μπορεί να είναι λειτουργικό, να χρησιμοποιείται και να δέχεται πολλούς επισκέπτες κι αυτό

σίγουρα επιφέρει φθορά. Επίσης υπάρχουν άνθρωποι που αδιαφορούν για την ιστορική, αισθητική ή αρχαιολογική αξία εκθεμάτων και μνημείων. Αποτέλεσμα αυτού τα χαραγμένα ονόματα και συνθήματα ή αποτυπωμένα με σπρέι. Για λόγους θρησκευτικού φανατισμού επίσης έχουν καταστραφεί πολλά μνημεία πολιτισμού, ενώ και για λόγους αρχαιοκαπηλίας έχουν πληγωθεί πολλά άλλα, εξού και τα αποκεφαλισμένα αγάλματα που εξαιτίας του βάρους τους δεν μπόρεσαν να τα κλέψουν ολόκληρα. Δυστυχώς η περίφραξη δεν είναι δυνατή πάντα αλλά ούτε και η φύλαξη. Μόνο οι μουσειακοί και οι στεγαζόμενοι αρχαιολογικοί χώροι μπορούν να ελέγχονται πλήρως. Εκεί τα εκθέματα είναι προστατευμένα από κάθε περιβαλλοντικό παράγοντα φθοράς και οι συνθήκες φύλαξης είναι ελεγχόμενες. Στην Αθήνα οι συγκεντρώσεις επικίνδυνων αερίων στην ατμόσφαιρα, σύμφωνα με τις μετρήσεις, είναι πολύ υψηλές. Η ανάγκη για λήψη άμεσων μέτρων είναι επιτακτική, ώστε να περιοριστεί η διάβρωση των μνημείων και να διαφυλαχτεί η εθνική μας κληρονομιά. Ο Παρθενώνας στέκει αγέρωχος στον βράχο της Ακρόπολης για περισσότερα από 2000 χρόνια. Έμεινε αλώβητος από σεισμούς, βομβαρδισμούς, κατακτητές, καιρικές συνθήκες, κι όμως την μεγαλύτερη φθορά την έχει υποστεί τις τελευταίες δεκαετίες με την επιβαρημένη ατμόσφαιρα. Η κλιματική αλλαγή που θα επέλθει σύμφωνα με τους επιστήμονες τα επόμενα χρόνια, αναμένεται να απειλήσει άμεσα ανεκτίμητους αρχαιολογικούς θησαυρούς. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, τα συχνότερα ακραία καιρικά φαινόμενα, θα πλήξουν άμεσα μνημεία, αλλά και έμμεσα οι μεταβολές των συνθηκών υγρασίας και θερμοκρασίας θα έχουν άσχημες επιπτώσεις στα μνημεία και τους ιστορικούς χώρους. Η προστασία των μνημείων δεν είναι μόνο ανάγκη αλλά εθνικό χρέος και ένδειξη σεβασμού στην ιστορία μας. Η αποτελεσματική προστασία ενός μνημείου ή αρχαιολογικού χώρου, εκτεθειμένου στις καιρικές συνθήκες δεν είναι πάντα εύκολη υπόθεση, τα διλήμματα είναι πολλά. Η προστασία αυτών των χώρων μπορεί να επιβάλλει κατασκευές που αλλοιώνουν τόσο το φυσικό περιβάλλον όσο και την ιστορικότητα και την αισθητική του αξία του χώρου (<http://www.nomika-epilekta.gr/strepsodikopanoorygia/dokimia/epidraseis-toy-periballontos-se-mnimeia>). Το Πρόγραμμα του ΟΗΕ για το Περιβάλλον (UNEP), σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Περιβάλλοντος της Στοκχόλμης (SEI), δημοσίευσε την έκθεση «Ο Άτλας των Κλιματικών Αλλαγών» (Dow and Downing 2011). Στην έκθεση αυτή, ειδικοί επιστήμονες υποστηρίζουν ότι η κλιματική αλλαγή αναμένεται να απειλήσει άμεσα τις επόμενες δεκαετίες ανεκτίμητους φυσικούς και αρχαιολογικούς θησαυρούς. Συγκεκριμένα, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η αύξηση της συχνότητας των πλημμυρών και των ακραίων καιρικών φαινομένων, η διάβρωση των ακτών θα απειλήσουν άμεσα μνημεία όπως αυτά της Αιγύπτου, της Βενετίας κ. ά. Αλλά και με έμμεσο τρόπο, οι μεταβολές στα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας σε έναν τόπο μπορούν να επιφέρουν αλλαγές στις χημικές διεργασίες της ατμόσφαιρας, που με τη σειρά τους θα αλλοιώσουν τους δομικούς λίθους καθεδρικών ναών, τζαμιών και αρχαιοτήτων σε όλο τον κόσμο. Τα τελευταία χρόνια αρκετοί ερευνητές άρχισαν να μελετούν την επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη διάβρωση των μνημείων.

9.3. Οικοσύστημα.

Οι επιπτώσεις της επίδρασης των ρύπων στα φυτά κυμαίνονται από ορατά σημάδια στο φύλλωμα, περιορισμό της ανάπτυξης και της απόδοσης τους μέχρι την πρόωρη ξήρανση τους. Η σοβαρότητα της επίδρασης ατμοσφαιρικού ρύπου στα φυτά δεν εξαρτάται μόνο από τη συγκέντρωση του συγκεκριμένου ρύπου αλλά και από σειρά άλλων παραγόντων, όπως η διάρκεια έκθεσης στο ρύπο, το είδος του φυτού, το στάδιο ανάπτυξης του φυτού κατά τη διάρκεια του οποίου γίνεται η επίδραση του ρύπου. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζουν και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που οδηγούν σε συσσώρευση των ρύπων καθώς και στην προετοιμασία ανάπτυξης των φυτωρίων, η οποία μπορεί να καταστήσει το φυτό είτε πολύ ευαίσθητο σε ατμοσφαιρικούς ρύπους είτε πολύ ανθεκτικό. Οι γεωργικές καλλιέργειες μπορούν να επηρεαστούν από ρύπους που εκπέμπονται τοπικά δηλαδή εκπέμπονται από πηγές ρύπανσης που γειτνιάζουν στις καλλιέργειες. Οι αέριοι ρύποι, που εκπέμπονται από μια πηγή ρύπανσης διασπείρονται σε μια ζώνη αρκετά χιλιόμετρα γύρω από το σημείο εκπομπής και επηρεάζουν τις παρακείμενες καλλιέργειες. Η διασπορά των ρύπων στην ατμόσφαιρα εξαρτάται από τη φύση τους, τη χημική τους σταθερότητα, την αλληλεπίδραση τους με άλλους ρύπους και τις μετεωρολογικές συνθήκες (υγρασία, ταχύτητα ανέμων, ακτινοβολία). Οι πιο συνηθισμένοι ρύποι που επηρεάζουν τοπικά τις καλλιέργειες είναι: αιωρούμενα σωματίδια (PM), διοξείδιο του θείου, φθοριούχες ενώσεις, αμμωνία, οξειδία του αζώτου κλπ. Το διοξείδιο του θείου εισέρχεται στα φύλλα κυρίως μέσω των σωματιών (μικροσκοπικά ανοίγματα) και η συνεπακόλουθη βλάβη έχει ταξινομηθεί είτε ως οξεία είτε ως χρόνια. Οξεία βλάβη προκαλείται από την απορρόφηση υψηλών συγκεντρώσεων διοξειδίου του θείου σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Τα συμπτώματα εμφανίζονται ως βλάβες στα φύλλα και στις δύο όψεις τους οι οποίες εκδηλώνονται συνήθως μεταξύ των νεύρων και περιστασιακά κατά μήκος των περιθωρίων των φύλλων. Το χρώμα των νεκρωτικών περιοχών μπορεί να ποικίλει από ένα ελαφρύ μαύρισμα ή κοντά σε λευκό έως ένα πορτοκαλί-κόκκινο ή καφέ, ανάλογα με την εποχή του χρόνου που προσβάλλονται τα φυτά και τις καιρικές συνθήκες. Τα προσφάτως αναπτυγμένα φύλλα είναι συνήθως τα πιο ευαίσθητα σε οξεία βλάβη από διοξείδιο του θείου ενώ τα πολύ νεότερα και παλαιότερα είναι κάπως πιο ανθεκτικά. Η χρόνια βλάβη προκαλείται από τη μακροχρόνια απορρόφηση του διοξειδίου του θείου σε συγκεντρώσεις χαμηλότερες αυτής που προκαλεί νέκρωση του φυτού. Τα συμπτώματα εμφανίζονται ως κιτρίνισμα ή χλώρωση των φύλλων, και περιστασιακά ως μαύρισμα στην κάτω επιφάνεια των φύλλων. Οι καλλιέργειες που θεωρούνται γενικά ευαίσθητες στο διοξείδιο του θείου: η μηδική (πρώδη φυτά όπως το τριφύλλι κλπ), το κριθάρι, το σιτάρι, η βρώμη, η κολοκύθα, τα ραπανάκια, το σπανάκι, το κολοκύθι, το σέσκουλο και ο καπνός. Στις ανθεκτικές καλλιέργειες περιλαμβάνονται τα σπαράγγια, το λάχανο, το σέλινο, το καλαμπόκι, το κρεμμύδι και η πατάτα. Γενικά το SO₂ προκαλεί ορατά συμπτώματα με χαρακτηριστικότερο τη χλώρωση του ιστού των φύλλων, ακόμη δε και μη ορατά συμπτώματα όπως πρόκληση διαταραχών στην αύξηση του φυτού. Στα κωνοφόρα παρατηρείται ξαφνική χλώρωση των παλαιότερων βελόνων που συνοδεύεται από ξήρανση και νέκρωση. Στα πλατύφυλλα

παρουσιάζεται μια υγρή και ελαφρά χλώρωση των κάτω επιφανειών των φύλλων. Επίσης έχει παρατηρηθεί σε δασικά δέντρα ως αποτελέσματα της επίδρασης του SO₂ η μείωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης. Τα οξειδία του αζώτου εισέρχονται στο φυτό μέσω των στοματίων των φύλλων. Το διοξείδιο του αζώτου μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες στα δασικά δέντρα. Αρχικά συμπτώματα εμφανίζονται μερικές φορές σαν δακτύλιοι από άσπρα σημάδια κοντά στη βάση των βελόνων των κωνοφόρων. Σοβαρές προσβολές από NO₂ προκαλούν ταχεία νέκρωση των παλαιότερων βελόνων από τη κορυφή προς τη βάση και γενική χλώρωση των νεαρότερων βελόνων. Στα πλατύφυλλα οι χλωρωτικές και νεκρωτικές βλάβες από τη δράση των NO_x μοιάζουν με βλάβες από τη δράση διοξειδίου του θείου, όζοντος, καθώς και από έλλειψη μαγνησίου (Mg). Σε μεγάλες συγκεντρώσεις NO_x, προκαλούνται στα δασικά δέντρα καφετιές ως μαύρο-καφετιές νεκρώσεις στη περίμετρο των φύλλων, όπως και κηλίδες. Τα αιωρούμενα σωματίδια όταν εναποτίθενται στη βλάστηση μπορεί να εμποδίσει την κανονική αναπνοή και τους μηχανισμούς της φωτοσύνθεσης στο φύλλο, μπορεί να προκαλέσουν χλώρωση και νέκρωση του ιστού των φύλλων και συνδυαζόμενα με υγρές καιρικές συνθήκες δημιουργούν ένα τοξικό αλκαλικό στρώμα πάνω στα φύλλα. Η επικάλυψη των φύλλων με σκόνη μπορεί επίσης να επηρεάσει τη φυσιολογική δράση των φυτοφαρμάκων και άλλων γεωργικών χημικών ουσιών, όπως αυτές που εφαρμόζονται με ψεκασμό στο φύλλωμα. Επιπλέον, η συσσώρευση της αλκαλικής σκόνης στο έδαφος μπορεί να αυξήσει το pH του εδάφους σε επίπεδα δυσμενή για την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να ξεράνει τα φυτά ή να περιορίσει την ανάπτυξή τους. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος προέρχεται και πάλι από την όξινη βροχή αλλά σ' αυτή την περίπτωση σημαντική είναι και η συνεισφορά από τους ρύπους που υπάρχουν στον αέρα. Μία από τις άμεσες συνέπειες της όξινης βροχής είναι οι επιπτώσεις σε λίμνες και τα υδάτινα οικοσυστήματα. Υπάρχουν πολλές διαδρομές μέσω των οποίων όξινες χημικές ουσίες μπορούν να εισέλθουν στις λίμνες. Οι δύο βασικές είναι οι υγρές όξινες εναποθέσεις και οι ξηρές όξινες εναποθέσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω. Όταν στις λίμνες πέφτουν υγρά σωματίδια όπως βροχή, χιόνι, χιονόνερο, χαλάζι, δροσιά ή ομίχλη αυτά περιέχουν τα διαλυμένα όξινα συστατικά, τα οποία προκύπτουν από τις αντιδράσεις με την υγρασία του διοξειδίου του θείου των οξειδίων του αζώτου και των άλλων αερίων, όπως περιγράψαμε παραπάνω. Επιπλέον, οι λίμνες και οι υδάτινοι αποδέκτες δέχονται όλα τα επιφανειακά νερά αποστράγγισης του εδάφους μετά από βροχή ή χιονόπτωση. Καθώς τα νερά της βροχής αποστραγγίζουν, πλένουν την επιφάνεια του εδάφους και μεταφέρουν στη λίμνη μέταλλα, μερικά από οποία μπορεί να είναι και τοξικά, διάφορα θρεπτικά συστατικά αλλά και όξινες αποθέσεις. Ένας άλλος επιβλαβής τρόπος με τον οποίο τα οξέα μπορούν να εισέλθουν στις λίμνες είναι ο αποκαλούμενος στη βιβλιογραφία ως «ανοιξιάτικο όξινο σοκ». Όταν το χιόνι λιώνει την άνοιξη γρήγορα λόγω μιας ξαφνικής αλλαγής της θερμοκρασίας, τα οξέα οι χημικές ουσίες που περιέχονται στο χιόνι απελευθερώνονται στο έδαφος. Το λιωμένο χιόνι ρέει στα ρέματα και τα ποτάμια, και σταδιακά καταλήγει στις λίμνες. Η εισαγωγή αυτών των οξέων και των χημικών ουσιών στις λίμνες προκαλεί μια ξαφνική δραστητική αλλαγή στο pH των λιμνών εξ ου και ο όρος «ανοιξιάτικο όξινο

σοκ». Το υδάτινο οικοσύστημα δεν έχει χρόνο για να προσαρμοστεί στις αιφνίδιες αλλαγές. Επιπλέον, η άνοιξη είναι μια ιδιαίτερα ευαίσθητη περίοδος για πολλά υδρόβια είδη, δεδομένου ότι αυτή είναι η περίοδος για την αναπαραγωγή για τα αμφίβια, τα ψάρια και τα έντομα. Πολλά από τα είδη αυτά γεννούν τα αυγά τους στο νερό για να εκκολαφθούν. Η απότομη αλλαγή του pH είναι επικίνδυνη γιατί η οξύτητα μπορεί να προκαλέσει σοβαρές παραμορφώσεις στα μικρά τους ή ακόμα και να τα εξολοθρεύσει. Πολλά από τα είδη αυτά περνούν ένα σημαντικό μέρος του πρώτου κύκλου της ζωής τους στο νερό. Επίσης το θειικό οξύ μπορεί να επηρεάσει τα ψάρια στις λίμνες με δύο τρόπους είτε άμεσα, είτε έμμεσα. Το θειικό οξύ (H_2SO_4) παρεμβαίνει άμεσα στην ικανότητα των ψαριών να προσλαμβάνουν το οξυγόνο, το αλάτι και τα θρεπτικά συστατικά που απαιτούνται για να μείνουν ζωντανά. Για τα ψάρια του γλυκού νερού, η διατήρηση της κατάλληλης όσμωσης είναι το κλειδί στην επιβίωσή τους. Η ρύθμιση της όσμωσης είναι η διαδικασία με την οποία εξασφαλίζεται η λεπτή ισορροπία των αλάτων και μετάλλων στους ιστούς τους.

Μόρια οξέος συγκεντρώνονται στη βλέννα βραγχίων και αυτό εμποδίζει τα ψάρια να απορροφούν το οξυγόνο. Εάν η συγκέντρωση της βλέννας σε θειικό οξύ αυξάνει, τα ψάρια ασφυκτιούν και μπορεί να νεκρωθούν από ασφυξία. Επιπλέον, το χαμηλό pH θα επηρεάζει την ισορροπία των αλάτων στους ιστούς των ψαριών. Το επίπεδο των αλάτων, όπως του ασβεστίου δεν μπορεί να διατηρηθεί σε μερικά ψάρια λόγω της μεταβολής του pH. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κακή αναπαραγωγή. Τα αυγά που παράγονται μπορεί να καταστραφούν αφού είναι είτε πολύ εύθραυστα ή πολύ αδύναμα. Μειωμένα επίπεδα Ca^{+2} επίσης μπορεί να οδηγήσουν σε αδύναμη σπονδυλική στήλη και παραμορφώσεις. Για παράδειγμα, στις караβίδες πρέπει το Ca^{+2} να διατηρηθεί στο αιτούμενο επίπεδο για να σχηματιστεί υγιής εξωτερικός σκελετός. Χαμηλά επίπεδα Ca^{+2} θα σήμαινε σχηματισμό ασθενούς από άποψη αντοχής εξωτερικού σκελετού. Τα νιτρικά άλατα επηρεάζουν την ανάπτυξη των ψαριών. Τα αζωτούχα λιπάσματα ξεπλένονται από το έδαφος και μεταφέρονται στις λίμνες και τα άλλα υδάτινα οικοσυστήματα. Το άζωτο ευνοεί την ανάπτυξη των φυκιών, τα οποία λογικά θα σήμαινε αύξηση της παραγωγής οξυγόνου, με αποτέλεσμα να ωφελούνται τα ψάρια. Ωστόσο, λόγω των αυξημένων θανάτων στον πληθυσμό των ψαριών, λόγω της όξινης βροχής, η διαδικασία αποσύνθεσης των φυκιών καταναλώνει πολύ διαλυμένο οξυγόνο, με αποτέλεσμα να μένει λιγότερο διαθέσιμο για τα επιζώντα ψάρια.

Η όξινη βροχή με το θειικό οξύ που περιέχει απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες μετάλλων από τα εδάφη πολλά από τα οποία ανήκουν στη κατηγορία των βαρέων μετάλλων. pH. Για παράδειγμα, το αλουμίνιο (Al^{+3}) είναι ακίνδυνο ως μέρος μιας χημικής ουσίας με σύνθετη δομή (πχ σύμπλοκα άλατα). Η όξινη βροχή προκαλεί διάσπαση της χημικής ένωσης και απελευθέρωση των ιόντων αλουμινίου (Al^{+3}) τα οποία με τα νερά της βροχής σταδιακά καταλήγουν στις λίμνες όπου λόγω της τοξικότητας του γίνεται θανατηφόρο για την υγεία των ψαριών. Τα ιόντα (Al^{+3}) προκαλούν εγκαύματα στα βράγχια των ψαριών και συσσωρεύεται στα όργανά τους, προκαλώντας μεγάλη ζημιά. Έτσι, αν και πολλά ψάρια μπορεί να είναι σε θέση να ανεχτούν ένα pH περίπου 5,9, αυτό το επίπεδο οξύτητας είναι αρκετά υψηλό ώστε να

απελευθερώσει (Al^{+3}) από τα εδάφη για να σκοτώσουν τα ψάρια. Αυτή η επίδραση αυξάνεται περισσότερο με το «ανοιξιάτικο όξινο σοκ».

Πίνακας 4. Η επίδραση του επιπέδου pH των λιμνών στα έμβια που μπορεί να αναπτυχθούν (Κρεββαθιανάκη 2012).

Συνοπτικά οι επιδράσεις του pH στην υδρόβια ζωή

pH	Επίδραση
3.5-3.0	<ul style="list-style-type: none"> • Τοξικό στα περισσότερα ψάρια. • Μερικά φυτά και ασπόνδυλα μπορούν να επιβιώσουν όπως υδρόβια έντομα και σολομοειδή όπως η πέστροφα, το λευκό ψάρι, ο σολομός και η αθερίνα.
4.0-3.5	<ul style="list-style-type: none"> • Θανατηφόρο στα σολομοειδή
4.0-4.5	<ul style="list-style-type: none"> • Θανατηφόρο σε σολομοειδή, τίγγα (ψάρια), σπάρους, τσιρόνι ή ασπρόψαρο και στο κοινό καβούρι. • Όλα τα αποθέματα ψαριών εξαφανίζονται επειδή το έμβρυο αποτυγχάνει να ωριμάσει σε αυτό το επίπεδο.
5.0-4.5	<ul style="list-style-type: none"> • Επιβλαβές σε αυγά σολομοειδών ψαριών, γόνου ψαριών, και στο κοινό καβούρι • Η λίμνη συχνά θεωρείται νεκρή και «υγρή έρημος». • Το περιβάλλον αυτό είναι ανίκανο να υποστηρίξει κάποια μορφή ζωής.
6.0-5.0	<ul style="list-style-type: none"> • Κρίσιμο επίπεδο pH, όταν η οικολογία της λίμνης αλλάζει σημαντικά. • Ο αριθμός και η ποικιλία των ειδών αρχίζει να αλλάζει. • Σολωμός, τσιρόνι ή ασπρόψαρο, φοξίνος (ψάρι γλυκού νερού), αρχίζουν να γίνονται λιγότερο ποικίλα. • Λιγότερη ποικιλομορφία στα άλγη, υδρόβια έντομα, προνύμφες εντόμων • Υπάρχει σημαντική μείωση του σολομοειδούς αλιεύματος. • Συνήθως υπάρχει • Οι μύκητες και τα βακτήρια τα οποία είναι σημαντικά για την αποσύνθεσή της • οργανικής ουσίας δεν είναι ανεκτικά κι έτσι η οργανική ουσία εποικοδομείτε πιο σιγά και πολύτιμα θρεπτικά συστατικά παγιδεύονται στον πυθμένα και δεν • απελευθερώνονται πίσω στο οικοσύστημα. • Τα περισσότερα πράσινα άλγη και δίτομα (πυριτικό φυτοπλαγκτόν) τα οποία υπάρχουν εξαφανίζονται. Η μείωση των πράσινων φυτών επιτρέπει στο φώς να διεισδύσει περταίρω κι έτσι οι έξυπνες λίμνες μοιάζουν κρυστάλλινα καθαρές και είναι μπλε. • Σαλιγκάρια και φυτοπλαγκτόν εξαφανίζονται.
9.0-6.5	<ul style="list-style-type: none"> • Επιβλαβές στα περισσότερα ψάρια
9.5-9.0	<ul style="list-style-type: none"> • Επιβλαβές στα σολομοειδή, επιβλαβές στην πέρκα εάν αντέξει.
10.0-9.5	<ul style="list-style-type: none"> • Αργά θανατηφόρο στα σολομοειδή
11.0-10.5	<ul style="list-style-type: none"> • Θανατηφόρο στα σολομοειδή, καβούρια, τίγγα, χρυσόψαρο και λούτσο.

11.5-11.0

• Θανατηφόρο σε όλα τα ψάρια

Σε μια μελέτη που έγινε σε 233 λίμνες οι επιστήμονες παρακολούθησαν τη μεταβολή του pH λόγω επίδραση της όξινης βροχής. Η μελέτη ξεκίνησε το 1976 και δείχνει ότι όσο το όσο το pH μειώνεται με τα χρόνια μια σειρά ψαριών και οργανισμών που ζουν στις λίμνες είτε εξαφανίζονται ή μεταλλάσσονται. Επίσης παρατήρησαν και περιπτώσεις καρκινοποίησης σε πολλά είδη. Αυτό αποδίδεται στα προβλήματα αναπαραγωγής λόγω της οξύτητας της λίμνης που προκλήθηκε από τις όξινες κατακρημνίσεις. Σε μία λίμνη με pH 5.6 η ανάπτυξη μικροοργανισμών παρεμποδίστηκε και ορισμένα είδη πέθαναν. Στη συνέχεια και μεγαλύτερα ψάρια πέθαναν από το ίδιο πρόβλημα. Τέλος, το 1983, το pH της λίμνης έγινε 5 και τα επιζώντα ψάρια ήταν ελάχιστα λόγω παρεμπόδισης της αναπαραγωγής. Αυτή η περιπτώσιολογική μελέτη δείχνει εμφανώς τη σημαντική επίδραση της όξινης βροχής στις λίμνες και στα υδάτινα οικοσυστήματα (Κρεββαθιανάκη 2012). Στον Πίνακα 4 που συνοψίζεται η επίδραση του επιπέδου των τιμών του pH μιας λίμνης στα έμβια που μπορεί να αναπτυχθούν εντός αυτής.

Οι επιπτώσεις της όξινης βροχής στα καλλιεργούμενα εδάφη μπορεί να αμβλυνθούν από χρήση λιπασμάτων και άλλων μεθόδων βελτίωσης τους. Οι καλλιέργειες τροφίμων δεν πλήττονται συνήθως σοβαρά επειδή τα λιπάσματα αντικαθιστούν τις θρεπτικές ουσίες που έχουν εκπλυθεί λόγω όξινης βροχής. Οι γεωργοί μπορούν επίσης να προσθέτουν ασβεστόλιθο στο έδαφος. Ο ασβεστόλιθος είναι ένα βασικό υλικό που αυξάνει την ικανότητα του εδάφους να λειτουργεί ως ασπίδα κατά της οξύτητας. Οι όξινες εναποθέσεις μειώνουν άμεσα την απόδοση στα τεύτλα τα ραδίκια, τα καρότα και τα μπρόκολα. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι η όξινη βροχή καταστρέφει τη προστατευτική κηρώδη επικάλυψη των φύλλων και επιτρέπει στα οξέα να διαχέονται στο εσωτερικό του φυτού. Η διαδικασία αυτή διακόπτει την εξάτμιση του νερού και την ανταλλαγή αερίων, έτσι ώστε το φυτό δεν μπορεί πλέον να αναπνεύσει. Αυτό επηρεάζει την αφομοίωση των θρεπτικών συστατικών, την ανάπτυξη των φυτών και τις αποδόσεις των καλλιεργειών. Τα προβλήματα που προκαλούνται από την όξινη βροχή σε όλη την Ευρώπη και τη Βόρεια Αμερική κατά τα τελευταία 100 χρόνια έγιναν τόσο σοβαρά ώστε, το 1985, οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες συμφώνησαν να μειώσουν τις εκπομπές τους σε θείο κατά τουλάχιστον 30% μέχρι το 1993. Η μείωση της όξινης βροχής ήταν σημαντική όμως περιέργως, τα δέντρα και τα φυτά των καλλιεργειών στη βόρεια Ευρώπη εξακολούθουν να εμφανίζουν σημαντικά προβλήματα και σε πολλές περιοχές να εμφανίζουν συμπτώματα νέκρωσης και οι αποδόσεις των καλλιεργειών δεν έχουν αυξηθεί ενώ έχουν εμφανιστεί κρούσματα αρκετών νέων ασθενειών των φυτών. Υπάρχουν ενδείξεις ότι οι καλλιέργειες από πολλά φυτά, εμφανίζουν χαμηλότερες αποδόσεις, παρά τη μειωμένη εναπόθεση θείου από την ατμόσφαιρα. Σε ορισμένες περιοχές οι αποδόσεις των καλλιεργειών είναι ελαφρώς καλύτερες. Στις περιοχές αυτές φαίνεται να υπάρχει ένα υψηλότερο επίπεδο του θείου στο έδαφος. Το συμπέρασμα είναι ότι, σε πολλές περιοχές, οι καλλιέργειες υποφέρουν από έλλειψη θείου. Πριν από τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, οι αγρότες που χρησιμοποιούσαν κυρίως λιπάσματα περιείχαν, επίσης, μικρές ποσότητες θείου. Από τη δεκαετία του

1950 οι αγρότες χρησιμοποιούν λιπάσματα με βάση το νιτρικό αμμώνιο και όχι το θειικό αμμώνιο. Η μείωση αυτή της περιεκτικότητας σε θείο που περιείχαν τα λιπάσματα αντισταθμίζεται από την αύξηση του θείου στην ατμόσφαιρα, που προκαλείται από την αυξημένη καύση των ορυκτών καυσίμων. Σήμερα, με το συνδυασμό των χαμηλότερων επιπέδων του θείου στην ατμόσφαιρα και με λίγο ή καθόλου θείο στα λιπάσματα οι καλλιέργειες παρουσιάζουν σημάδια στρες. Φαίνεται ότι αυτά τα καλλιεργούμενα φυτά χρειάζονται πραγματικά μικρές ποσότητες θείου. Με το πέρασμα των χρόνων, οι επιστήμονες, δασολόγοι, και άλλοι παρατήρησαν μια επιβράδυνση στην ανάπτυξη ορισμένων δασών. Τα φύλλα και οι βελόνες μαυρίζουν και πέφτουν αντί να είναι πράσινα και υγιή. Σε ακραίες περιπτώσεις, μεμονωμένα δέντρα ή ολόκληρες περιοχές του δάσους, νεκρώνονται χωρίς εμφανή λόγο. Μετά από πολλή ανάλυση, οι ερευνητές γνωρίζουν τώρα ότι η όξινη βροχή προκαλεί επιβράδυνση της ανάπτυξης, τραυματισμό ή νέκρωση των δασών. Φυσικά, η όξινη βροχή δεν είναι η μόνη αιτία για την επιβράδυνση της ανάπτυξης των δασών. Άλλοι παράγοντες που συμβάλλουν στη συνολική υποβάθμιση των δασών είναι οι αέριοι ρύποι, οι ασθένειες, η ξηρασία και οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι επιπτώσεις της όξινης βροχής στα δέντρα συνδυάζεται με όλους τους παραπάνω παράγοντες. Μετά από πολλά χρόνια συλλογής πληροφοριών σχετικά με τη χημεία και τη βιολογία των δασών, οι ερευνητές αρχίζουν να κατανοούν πώς λειτουργεί η όξινη βροχή στο έδαφος του δάσους, τα δέντρα και τα άλλα φυτά. Μια ανοιξιάτικη βροχή στο δάσος πλένει τα φύλλα και πέφτει μέσα από τα δέντρα στο έδαφος του δάσους. Μέρος του νερού ρέει πάνω από το έδαφος και καταλήγει σε ρυάκια, ποτάμια, λίμνες ενώ το υπόλοιπο απορροφάται και ενυδατώνει το έδαφος. Το έδαφος μπορεί να εξουδετερώσει μερικά ή ολικά την οξύτητα των όμβριων νερών. Η ικανότητα αυτή ονομάζεται ρυθμιστική ικανότητα, και χωρίς αυτή, το έδαφος γίνεται πιο όξινο. Οι διαφορές στη ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους είναι ένας σημαντικός λόγος για τον οποίο ορισμένες περιοχές που δέχονται όξινη βροχή δείχνουν μεγάλη ζημιά, ενώ άλλες περιοχές που δέχονται περίπου το ίδιο ποσό της όξινης βροχής δεν φαίνεται να βλάπτονται καθόλου. Η ικανότητα των δασικών εδαφών να ρυθμίζουν την οξύτητα εξαρτάται από το πάχος και τη σύσταση τους. Η όξινη βροχή συνήθως δεν βλάπτει τα δέντρα άμεσα. Αντί αυτού, είναι πιο πιθανό να αποδυναμώσει τα δέντρα καταστρέφοντας τα φύλλα τους, περιορίζοντας τα θρεπτικά συστατικά που έχουν στη διάθεσή τους, ή να τα εκθέτει σε τοξικές ουσίες που απελευθερώνονται αργά από το έδαφος. Αρκετά συχνά ο τραυματισμός ή η νέκρωση των δέντρων είναι ένα από αυτά τα αποτελέσματα της όξινης βροχής σε συνδυασμό με μία ή περισσότερες πρόσθετες απειλές. Οι επιστήμονες γνωρίζουν ότι όξινο νερό διαλύει τα θρεπτικά συστατικά και χρήσιμα μέταλλα στο έδαφος και στη συνέχεια αυτά απομακρύνονται με έκπλυση από το έδαφος των δένδρων και των άλλων φυτών. Συνεπώς τα εδάφη των δασών γίνονται πτωχότερα σε θρεπτικά συστατικά γεγονός που επιβραδύνει την ανάπτυξη των δένδρων και των φυτών. Παράλληλα η όξινη βροχή προκαλεί την απελευθέρωση ουσιών στο χώμα που είναι τοξικές για τα δέντρα και τα φυτά, όπως το αλουμίνιο. Χημικές αναλύσεις σε πυρήνες ξύλου για δένδρα 100 και 200 ετών έδειξαν ότι η περιεκτικότητα σε αλουμίνιο σήμερα σε σχέση με το 1950 είναι τρεις φορές μεγαλύτερη. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι ο συνδυασμός της

απώλειας των θρεπτικών συστατικών του εδάφους με την αύξηση των τοξικών μετάλλων όπως το αλουμίνιο αποτελεί ικανοποιητική εξήγηση της βλαπτικής δράσης της όξινης βροχής στα δέντρα. Ωστόσο, τα δέντρα μπορεί να καταστραφούν από την όξινη βροχή, ακόμη και αν το έδαφος είναι καλά ρυθμισμένο. Τα δάση σε ορεινές περιοχές συχνά εκτίθενται σε μεγαλύτερες ποσότητες οξέων σε σχέση με άλλα δάση, επειδή περιβάλλονται από όξινα σύννεφα και ομίχλη που είναι πιο όξινα από τις βροχοπτώσεις. Το pH στα σταγονίδια των νεφών και της ομίχλης μπορεί να είναι κατά μέσο όρο 3.6, το οποίο είναι πολύ χαμηλότερο από το τελικό pH της βροχής που είναι 4.2. Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι όταν τα φύλλα και οι βελόνες που υγραίνονται συχνά από όξινη ομίχλη, χάνουν απαραίτητα θρεπτικά. Η απώλεια αυτή των θρεπτικών συστατικών από το φύλλωμά κάνει τα δέντρα πιο ευαίσθητα στις βλάβες από άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες (Σχήμα 10). Μερικές από τις πιο δραματικές συνέπειες για τα δάση έχουν παρατηρηθεί στην Ευρώπη. Το 1983, μια έρευνα στη Δυτική Γερμανία έδειξε ότι το 34% του συνόλου των δασών της χώρας έχει καταστραφεί από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Αυτό περιλάμβανε περίπου το μισό από το περίφημο Μαύρο Δάσος. Η Ελβετία έχει καταγράψει ζημιές στο 14% των δένδρων του δάσους της. Στις Ηνωμένες Πολιτείες τα δάση που έχουν επηρεαστεί περισσότερο από την όξινη βροχή είναι αυτά που περιέχουν δένδρα ερυθρελάτης. Η ερυθρελάτη είναι ευαίσθητη σε χαμηλό pH και συγκεντρώσεις αλουμινίου (Κρεββαθιανάκη 2012).



Σχήμα 10. Κλαδιά από ένα δέντρο στο Μέλανα Δρυμό της Γερμανίας δείχνουν την απώλεια της βελόνας και κιτρινισμένα κλαδιά που προκαλούνται από όξινη βροχή (<http://www.britannica.com/EBchecked/media/69717/Branches-from-a-tree-in-Germanys-Black-Forest-show-needle>).

9.4. Ορατότητα.

Όπως είναι γνωστό η αιθαλομίχλη μειώνει την ορατότητα εξαιτίας των τεράστιων ποσοτήτων καπνού που συσσωρεύονται σε χαμηλό ύψος πάνω από τις εστίες ρύπανσης ειδικότερα τις κρύες ημέρες, χωρίς ανέμους και με αυξημένη υγρασία.

9.5. Ανθρώπινη υγεία

Καθημερινά, ο μέσος ενήλικας αναπνέει πάνω από 15m³ αέρα, οι ρύποι στην ατμόσφαιρα, αν και συχνά είναι αόρατοι, μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, στο ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα, εξαρτώνται από τον τύπο και την ανάμειξη των ρύπων, τη συγκέντρωσή τους, τη χρονική διάρκεια έκθεσης στον ρύπο, την ποσότητα ρύπου που εισπνέετε και την ποσότητα που διεισδύει στους πνεύμονές. Τα ορατά συμπτώματα στην υγεία των πνευμόνων αμέσως μετά από έκθεση σε υψηλά επίπεδα ρύπανσης περιλαμβάνουν ερεθισμό των αεραγωγών, δύσπνοια και αυξημένη πιθανότητα για κρίση άσθματος. Η παρατεταμένη έκθεση σε ατμοσφαιρικούς ρύπους έχει αποδειχτεί ότι αυξάνει την εμφάνιση πνευμονικών νοσημάτων (π.χ. καρκίνος), και θανάτων από αυτά. Η ατμοσφαιρική ρύπανση απειλεί άτομα που πάσχουν ήδη από πνευμονικές παθήσεις. Ωστόσο, οι ηλικιωμένοι, τα παιδιά και τα αναπτυσσόμενα βρέφη κινδυνεύουν εξίσου να υποστούν επιβλαβείς συνέπειες από έκθεση στη ρύπανση. Αν κάποιος πάσχει από χρόνια αναπνευστική πάθηση ή είναι ηλικιωμένος, τότε είναι περισσότερο ευάλωτος στις βλαβερές συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως πρόωρος θάνατος από πνευμονική ή καρδιακή πάθηση. Αν κάποιος έχει ευαίσθητους αεραγωγούς, η έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να πυροδοτήσει κρίσεις άσθματος και να προκαλέσει συριγμό, βήχα και αναπνευστικό ερεθισμό. Τα υγιή άτομα που εργάζονται ή ασκούνται στο ύπαιθρο είναι επίσης ευάλωτα στις επιβλαβείς συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, ιδίως κατά τις υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος στην επιφάνεια του εδάφους (Γεωργιάδης 2007). Στον άνθρωπο η επίδραση του μονοξειδίου του άνθρακα γίνεται εμφανής όταν οι συγκεντρώσεις του στην ατμόσφαιρα υπερβούν κάποια όρια. Το μονοξείδιο του άνθρακα με την αναπνοή εισέρχεται μέσω του αναπνευστικού συστήματος και ενώνεται με την αιμοσφαιρίνη του αίματος σχηματίζοντας την χημική ένωση ανθροκυλαιμοσφαιρίνη, η οποία παρεμποδίζει την ικανότητα της αιμοσφαιρίνης για μεταφορά του οξυγόνου στους ιστούς του σώματος, με αποτέλεσμα να προκαλείται δηλητηρίαση του οργανισμού με διάφορα συμπτώματα, όπως αυτά φαίνονται στον πίνακα (Παλιατσός 2005β). Όταν μειώνεται η συγκέντρωση του οξυγόνου στο αίμα αυξάνεται ταυτόχρονα ο όγκος εισπνεόμενου αέρα με αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού αναπνοής (λαχάνιασμα) και του αριθμού των παλμών της καρδιάς (ταχυπαλμία) (Γορανίτης 2007). Γενικά η έκθεση σε μικρές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα, ενώ σε υγιή άτομα δεν προκαλείται τίποτα περισσότερα από έναν απλό πονοκέφαλο, αλλά είναι ιδιαίτερα επιβαρυντική στην υγεία όσων πάσχουν από στεφανιαία νοσήματα (Παλιατσός 2005α).

Πίνακας 5 Συσχέτιση της συγκέντρωσης του CO στον αναπνεόμενο αέρα σε χώρο παραμονής, με τα εμφανιζόμενα στα άτομα συμπτώματα (Παλιατσός 2005α).

CO (ppm)	ΕΜΦΑΝΙΖΟΜΕΝΑ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΣΕ ΑΤΟΜΑ
<10	Πρώτα συμπτώματα στη συμπεριφορά
10-30	Προσβολή του κεντρικού νευρικού συστήματος διαταραχές στην όραση και τις κινήσεις
31-60	Καρδιακές και πνευματικές διαταραχές
61-3000	Πονοκέφαλος κόπωση, κόμα, αδυναμία αναπνοής, θάνατος

Το ανώτερο αναπνευστικό σύστημα κατακρατεί τα μεγαλύτερα σωματίδια από τον εισπνεόμενο αέρα. Οι τρίχες στην ρινική κοιλότητα αποτελούν την πρώτη γραμμή άμυνας. Τα σωματίδια που θα καταφέρουν να περάσουν την πρώτη "γραμμή" άμυνας θα συγκρατηθούν από την δεύτερη γραμμή που είναι η βλέννα και καλύπτει την ρινική κοιλότητα και την τραχεία. Οι δύο αυτές «γραμμές» άμυνας είναι αποτελεσματικές στη συγκράτηση των μεγάλων σωματιδίων που στηρίζεται στο φαινόμενο της πρόσκρουσης. Τα σωματίδια αυτά λόγω της μεγάλης μάζας τους έχουν μικρότερη ταχύτητα απ' ότι ο εισπνεόμενος αέρας και παγιδεύονται από τις τρίχες και τη βλέννα των δαιδαλόμορφων αναπνευστικών αγωγών καθώς προσκρούουν στα τοιχώματα της. Πρακτικά όλα τα σωματίδια που έχουν διάμετρο πάνω από 5 μικρά κατακρατούνται μ' αυτόν τον τρόπο πριν εγκαταλείψουν την τραχεία. Ορισμένα σωματίδια παγιδεύονται από μικρές λεπτές βλεφαρίδες που καλύπτουν τα τοιχώματα του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος των βρόγχων και των βρογχιόλων. Η συνεχής κυματοειδής κίνηση των βλεφαρίδων έχει σημαντική επίδραση στην κινητικότητα της βλέννας, που όπως αναφέρθηκε συγκρατεί τα σωματίδια και στη συνέχεια αποβάλλεται ή καταπίνεται. Τα μικρότερα σωματίδια με διάμετρο κόκκου κάτω των 3 μικρών «δραπετεύουν» από τους αμυντικούς αυτούς μηχανισμούς και εισέρχονται στον πνεύμονα, όπου λόγω βαρύτητας καθιζάνουν στα κατώτερα τμήματα (Γεωργιάδης 2007). Τα αιωρούμενα σωματίδια εναποτίθενται κυρίως στις κυψελίδες των πνευμόνων και με την πάροδο του χρόνου επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία των ανθρώπων. Η συνεχής έκθεση στα αιωρούμενα σωματίδια συμβάλλει στη δημιουργία χρόνιων αναπνευστικών παθήσεων και μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο πρόωρου θανάτου. Διάφορες μελέτες συνδέουν τα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων με τις αυξημένες εισαγωγές στα νοσοκομεία και ειδικότερα με τον αριθμό των επισκέψεων στα Τμήματα Επειγόντων Περιστατικών (ΤΕΠ). Τα παιδιά, τα άτομα που πάσχουν από άσθμα ή έχουν καρδιολογικά προβλήματα και οι ηλικιωμένοι είναι οι ομάδες υψηλού κινδύνου, ιδιαίτερα ευαίσθητοι στην έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα (ΚΕ.ΕΛ.Π.ΝΟ 2012).

Γενικά όσο πιο μικρά είναι τα αιωρούμενα σωματίδια τόσο πιο επικίνδυνα είναι, ενώ η επικινδυνότητα τους εξαρτάται επίσης από τη χημική τους σύσταση. Οι πληθυσμοί

που διαβιούν για πολλά έτη σε περιοχές επιβαρυνμένες με υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα εμφανίζουν διάφορα προβλήματα υγείας, όπως αναπνευστικά προβλήματα και χρόνια βρογχίτιδα, ακόμη και πρόωρο θάνατο. Οι βραχυπρόθεσμες εκθέσεις μπορεί να προκαλέσουν ευαισθησία στα αερομεταφερόμενα αλλεργιογόνα και άλλα ερεθιστικά σωματίδια, και μπορεί να εξασθενίσουν το ανοσοποιητικό σύστημα (Γεωργιάδης 2007). Οι άμεσες επιδράσεις μπορούν να εμφανίσουν ακόμα και μετά από λίγα λεπτά έως και λίγες ώρες από την έκθεση του πληθυσμού στους ρύπους $PM_{2.5}$ που μπου να διαπερνούν το πνευμονικό επιθηλιακό ιστό με αποτέλεσμα να εισέρχονται στο κυκλοφορικό σύστημα του οργανισμού. Η δράση τους συνεχίζεται και στο νευρικό σύστημα των πνευμόνων όπου προκαλούν δευτερογενείς αντιδράσεις, όπως ερεθισμούς και οξειδωτικό στρες, με αποδέκτες τους ίδιους τους πνεύμονες. Πιθανή εξέλιξη είναι η σταθεροποίηση μιας κατάστασης τοπικού και συστηματικού ερεθισμού των πνευμόνων και με τελική κατάληξη την ρήξη της καρδιαγγειακής πλάκας και την θρόμβωση. Μια πιο άμεση επίπτωση της εισροής ρύπων $PM_{2.5}$ στο κυκλοφορικό σύστημα είναι η αλλοίωση της σύστασης του αίματος που κάτω από κατάλληλες συνθήκες οδηγεί σε αστάθεια και ρήξη της αθηρωματικής πλάκας και στην συνέχεια σε θρόμβωση. Μια άλλη άμεση επίπτωση της εισροής ρύπων $PM_{2.5}$ στο κυκλοφορικό σύστημα είναι αυτή της αλλοίωσης του αυτόνομου τόνου της καρδιάς με αποτέλεσμα την έναρξη καρδιαγγειακής αρρυθμίας. Έτσι εξηγείται η εμφάνιση φαινομένων όπως οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου ή στηθάγχη, μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα (Γορανίτης 2007). Στις κατοικημένες περιοχές τα οξειδωτικά της φωτοχημικής ρύπανσης ελαττώνουν την ορατότητα προκαλούν ερεθισμό των ματιών και δάκρυα, αυξάνουν τις ασθματικές προσβολές μειώνουν την απόδοση των αθλητών και σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις καθίστανται επικίνδυνα για την υγεία των ανθρώπων. Ο σημαντικότερος αντιπρόσωπος των φωτοχημικών οξειδωτικών είναι το όζον και έχει μελετηθεί η επίδραση του στον άνθρωπο. Συγκεντρώσεις όζοντος στον αέρα μέχρι 0.3 ppm προκαλούν ενοχλήσεις στην μύτη και στο φάρυγγα. Συγκεντρώσεις από 1 έως 30 ppm, για 2 ώρες προκαλούν έντονη κόπωση και έλλειψη συντονισμού στις κινήσεις. Όταν όμως η συγκέντρωση φτάσει τα 90 ppm για το ίδιο χρόνο παραμονής, προκαλείται πνευμονικό οίδημα και θάνατος (Παλιατσός 2005α). Υπάρχουν μελέτες που καταδεικνύουν διαφορές μεταξύ των ανθρώπων που ζουν στην ύπαιθρο και αυτών που ζουν στις πόλεις στον βλεννογόνο της ρινικής κοιλότητας σε επίπεδο ιστού, κυττάρου αλλά και DNA, που σημαίνει ότι η έκθεση σε ρύπους αφήνει αποτυπώματα στον άνθρωπο. Το γεγονός ότι δεν υπάρχουν πάντα ορατά συμπτώματα σε όσους εκτίθενται στα αιωρούμενα σωματίδια, δεν σημαίνει ότι δεν έχουν υποστεί βλάβες. Κίνδυνος ελλοχεύει για την κυοφορούσα γυναίκα, μιας και στο έμβρυο προκαλούνται βλάβες που δεν φαίνονται άμεσα από την επίδραση των ρύπων. Συνδέονται δε με συγγενείς ανωμαλίες που φαίνονται στο βάθος του χρόνου. Εκτός από τα αιωρούμενα σωματίδια, συνήθως υπάρχουν κι άλλοι ρύποι στην ατμόσφαιρα όπως τα οξείδια του αζώτου, το οξείδιο του θείου, το όζον, αλλά και οι διοξίνες. Πρόσφατα συνδέεται η συγγενής ανωμαλία του λαγώχειλου με την έκθεση σε διοξίνες (<http://www.physics.ntua.gr/~papayannis/Articles%20for%20tamex/PMs-TSI.pdf>). Το όζον στερεί στους ιστούς από οξυγόνο παρεμποδίζοντας την σωστή

μεταφορά του σε αυτούς και που δείχνει να αυξάνει αντίστοιχα με την σωματική άσκηση του ατόμου έχει ορισμένες φορές άμεσες επιπτώσεις στο μεταβολισμό των χημικών ουσιών του εγκεφάλου οι οποίες είναι υπεύθυνες της μετάδοσης σημάτων από το ένα νευρικό κύτταρο στο άλλο (<http://www.cyna.org/19ms/ctnt/synodos%204b/03.pdf>). Το όζον σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να είναι ερεθιστικό για το αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας βήχα, αίσθημα ξηρότητας στο λαιμό και πόνο στο στήθος, φλεγμονή στους πνεύμονες και αύξηση της πιθανότητας λοιμώξεων. Τα μέτρια επίπεδα όζοντος στην ατμόσφαιρα μπορεί να είναι ερεθιστικά για τα μάτια, τη μύτη, το λαιμό, και τους πνεύμονες. Τα παιδιά είναι περισσότερο ευάλωτα στην έκθεση στο όζον, ιδιαίτερα εκείνα με ιστορικό άσθματος. Άτομα που πάσχουν από άσθμα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην τοξικότητα του όζοντος, η οποία αποφράσσει τις αναπνευστικές οδούς. Οι πληθυσμιακές μελέτες που αφορούν στις μακροπρόθεσμες εκθέσεις ακόμη και σε χαμηλά επίπεδα όζοντος στην ατμόσφαιρα δείχνουν ότι το όζον επηρεάζει τη λειτουργία των πνευμόνων, ενώ η χρόνια έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος μπορεί να προκαλέσει μόνιμη δομική ζημιά στους πνεύμονες (ΚΕ.ΕΛ.Π.ΝΟ 2012).

Από τα οξειδία του αζώτου, πειραματικά έχει αποδεχθεί ότι το NO₂ είναι 4 φορές πιο τοξικό από το NO. Θάνατοι ανθρώπων από NO δεν έχουν αναφερθεί, αλλά υπάρχει πάντοτε ο κίνδυνος οξειδωσης του σε NO₂. Το NO₂ που είναι τοξικό αέριο, προσβάλλει τους πνεύμονες και προκαλεί πνευμονικό οίδημα. Όταν η συγκέντρωσή του υπερβαίνει τα 100 ppm για χρονικό διάστημα που κυμαίνεται από λίγα λεπτά μέχρι μία ώρα προκαλεί έντονο ερεθισμό στους πνεύμονες που διαρκεί 6-8 εβδομάδες. Η έκθεση όμως του ανθρώπου σε συγκεντρώσεις του NO₂ της τάξης των 150-200 ppm προκαλεί συνήθως θάνατο (Παλιατσός 2005α). Τα οξειδία του αζώτου αντιδρούν εύκολα με τις κοινές οργανικές χημικές ουσίες και το όζον, για να διαμορφώσουν μια ευρεία ποικιλία τοξικών προϊόντων. Η υπερβολική έκθεση στα οξειδία του αζώτου μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο αίμα, στο ήπαρ, τους πνεύμονες και τον σπλήνα. Επίσης, δρουν αθροιστικά με το διοξειδίου του θείου, το οποίο ενισχύει τις ανεπιθύμητες επιπτώσεις των οξειδίων του αζώτου. Τα οξειδία του αζώτου αντιδρούν με την αμμωνία, την υγρασία, και άλλες ενώσεις για να δημιουργήσουν το νιτρικό οξύ και άλλα σχετικά σωματίδια. Οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία περιλαμβάνουν δύσπνοια, αναπνευστικά προβλήματα ή επιδείνωση παθήσεων όπως εμφύσημα και βρογχίτιδα, αλλά και καρδιακών προβλημάτων. Αέριοι ρυπαντές με αρκετή διαλυτική ικανότητα όπως το διοξείδιο του θείου (SO₂) απορροφώνται από την υγρή στοιβάδα του άνω αναπνευστικού τμήματος και δεν προχωρούν προς τα κατώτερα τμήματα των πνευμόνων. Για το λόγο αυτό η ερεθιστική δράση του διοξειδίου του θείου (SO₂) είναι μάλλον τοπική, εκεί όπου υπάρχουν χαμηλές συγκεντρώσεις όπως υπάρχουν και στον περιβάλλοντα αέρα (Γεωργιάδης 2007). Η μακροχρόνια έκθεση στο διοξείδιο του θείου συνδέεται με πληθώρα αναπνευστικών προβλημάτων, τη μείωση της ανταπόκρισης των πνευμόνων σε πιθανές λοιμώξεις και την επιδείνωση καρδιαγγειακών παθήσεων. Άτομα με καρδιαγγειακές και χρόνιες πνευμονολογικές παθήσεις (όπως η βρογχίτιδα ή το εμφύσημα), άτομα που πάσχουν από άσθμα, καθώς και τα μικρά παιδιά και οι ηλικιωμένοι είναι ιδιαίτερα ευπαθή στην έκθεση σε αυξημένα επίπεδα διοξειδίου

θείου. Η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε ψηλές συγκεντρώσεις του διοξειδίου του θείου μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό στα μάτια και τη μύτη, βρογχόσπασμο ή πνευμονικό οίδημα σε μεγάλες συγκεντρώσεις. (ΚΕ.ΕΛ.Π.ΝΟ 2012). Μεγάλες συγκεντρώσεις του ρύπου στην ατμόσφαιρα παραλύουν και διαβρώνουν διάφορα όργανα ενώ μικρότερες συγκεντρώσεις προξενούν μακροχρόνια φαινόμενα σε κύτταρα πυρηνικών οξέων με την πιθανότητα εμφάνισης μακροπρόθεσμα καρκίνου οι συνέπειες της έκθεσης είναι βαρύτερες και εντονότερες όταν δρουν συνεργατικά με υψηλά ποσοστά αιωρούμενων σωματιδίων όπως αυξάνει τον αριθμό των πρόωρων τοκετών αυξάνει το ποσοστά βρεφικής θνησιμότητας εμπλέκεται στην εμφάνιση παιδικού καρκίνου λόγω αλλοίωσης στο DNA των κυττάρων των εμβρύων και των παιδιών (<http://www.cyna.org/19ms/ctnt/synodos%204b/03.pdf>). Το μονοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με άλλους ρύπους με αποτέλεσμα τη δημιουργία όζοντος στο επίπεδο εδάφους, το οποίο μπορεί να βλάψει την ανθρώπινη υγεία. Το μονοξείδιο του άνθρακα μειώνει την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο σε βασικούς ιστούς του οργανισμού, επιδρώντας κυρίως στο καρδιαγγειακό και νευρικό σύστημα. Η έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα προκαλεί ζαλάδες, πονοκέφαλο και αίσθημα κόπωσης. Υγιή άτομα εκτεθειμένα σε ψηλά επίπεδα, μπορεί να υποστούν προσωρινή μείωση της πνευματικής τους διαύγειας καθώς και της όρασης τους (ΚΕ.ΕΛ.Π.ΝΟ 2012). Η επίδραση της συγκέντρωσης του SO₂ στον άνθρωπο φαίνεται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Επιδράσεις του διοξειδίου του θείου στην υγεία των ανθρώπων (Βασιλικιώτης 1981, Παλιατσός 2005α).

SO ₂ (ppm)	ΕΜΦΑΝΙΖΟΜΕΝΑ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ ΣΕ ΑΤΟΜΑ
3-5	Αντιληπτή οσμή
8-12	Ερεθισμός του φάρυγγα
20	Ερεθισμός οφθαλμών βήχας
50-100	Μέγιστη διάρκεια παραμονής 30΄
400-500	Επικίνδυνη έστω και βραχεία έκθεση

Οι σημαντικότερες επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εμφανίζονται στην υγεία των ανθρώπων και ιδιαίτερα σε συγκεκριμένες ευπαθείς ομάδες, σε ανθρώπους μεγάλης ηλικίας με καρδιολογικά και αναπνευστικά προβλήματα, σε βρέφη, παιδιά και σε αθλητές που καταπονούν το σώμα τους. Ο βαθμός της ρύπανσης συνδέεται στατιστικά με την αύξηση της θνησιμότητας, προκαλούνται χρόνιες φανερές βλάβες, σταδιακά αυξανόμενες αλλά και κρυφές βλάβες, που φαίνονται σε βάθος χρόνου, επιβαρύνουν το ανοσοποιητικό σύστημα και δημιουργούνται οι προϋποθέσεις να εμφανιστούν σε νεότερες ηλικίες εμφράγματα, αναπνευστικά προβλήματα και καρκίνοι. Στατιστικά του μολυσμένου ατμοσφαιρικού αέρα εισπνεόμενα μπορούν να προκαλέσουν οξειδωτικό στρες και φλεγμονή στους πνεύμονες και να ενεργοποιήσουν βιολογικούς μηχανισμούς στον οργανισμό ικανούς να υποκινήσουν ένα καρδιαγγειακό επεισόδιο. Υπάρχουν κάποιοι δυνητικοί βιολογικοί μηχανισμοί που είναι υπεύθυνοι για την σύνδεση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με παθήσεις της καρδιάς όπως η εμφάνιση κρουσμάτων στεφανιαίων συνδρόμων, αυτοί συμβάλουν

είτε άμεσα στο καρδιαγγειακό σύστημα μέσα από την κυκλοφορία στο αίμα, είτε έμμεσα ως αποτέλεσμα μιας συστηματικής οξειδωτικής πίεσης στον πνεύμονα. Οι βιολογικοί μηχανισμοί αυτοί διευκολύνουν σταδιακά ή άμεσα την εμφάνιση δυσμενών καταστάσεων στο καρδιαγγειακό σύστημα του ανθρώπου, καθώς προκαλούν μεταβολή στο ιξώδες του αίματος, μεταβολές στο μηχανισμό πήξης του αίματος (θρόμβωση), αγγειακή δυσλειτουργία, καρδιακές αρρυθμίες, ανάπτυξη ή πρόοδο αθηροσκλήρυνσης, αστάθεια αθηρωματικής πλάκας, αύξηση αρτηριακής πίεσης και καρδιακής συχνότητας με πιθανή συνέπεια την πρόκληση οξέως στεφανιαίου συνδρόμου (Γορανίτης 2007, <http://www.thessalonikiheartinstitute.gr/index.jsp?CMCCCode=22&extLang=>).

Εξαιτίας της μακροχρόνιας έκθεσης ρύπων της ατμόσφαιρας κάθε χρόνο σημειώνονται 60000 θάνατοι στις μεγάλες πόλεις της Ευρώπης και 3000000 σε παγκόσμια κλίμακα (από την έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για το περιβάλλον). Ιδιαίτερη επίπτωση παρουσιάζεται στις παιδικές ηλικίες για δύο λόγους α) τα παιδιά παρουσιάζουν αυξημένη μεταβολική δραστηριότητα και β) το νευρικό, το αναπνευστικό και το αναπαραγωγικό σύστημα των παιδιών, δεν είναι πλήρως αναπτυγμένα. Πιο συγκεκριμένα και σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το περιβάλλον και την υγεία, στην Ευρώπη

- ένα στα επτά παιδιά προσβάλλεται από άσθμα
- το άσθμα προσβάλλει περισσότερο τα παιδιά της δυτικής Ευρώπης συγκριτικά με εκείνα της Ανατολικής Ευρώπης (δεκαπλάσια επίπτωση)
- άσθμα, αλλεργίες και άλλα αναπνευστικά νοσήματα αυξάνουν ολοένα και περισσότερο και αποτελούν ένα από τα κυριότερα αίτια εισαγωγής στα νοσοκομεία.

Επίσης οι διάφοροι ρύποι του περιβάλλοντος ευθύνονται πολλές φορές για αποβολές εμβρύων, συγγενείς διαμαρτίες, σωματικές και διανοητικές αναπηρίες και διαταραχές της αναπαραγωγικής ικανότητας των ανθρώπων (http://www.pneumonologist.gr/article.php?article_id=51&lang=gr).

Τα κυριότερα προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος στην υγεία του εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και οι σχετιζόμενοι με αυτά ρύποι δίνονται στην Οδηγία 96/92/ΕΚ 1996 και φαίνονται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7. τα κυριότερα προβλήματα της ανθρώπινης υγείας εξ'αιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Οδηγία 96/92/ΕΚ1996).

Ασθένειες	Σχετιζόμενοι Ρύποι
Καρκίνος του αναπνευστικού συστήματος Καρκίνος του πεπτικού συστήματος	Διοξείδιο του θείου, θειικά άλατα Αιωρούμενα σωματίδια Αμιάντος, νικέλιο, βηρύλλιο, χρώμιο και γενικά τοξικές ουσίες Γενική ατμοσφαιρική ρύπανση
Ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος που αυξάνουν την νοσηρότητα και τη θνησιμότητα	Αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του θείου, διοξείδιο του αζώτου, καπνός, καυσαέρια αυτοκινήτων
Βρογχίτιδα	Αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του θείου, διοξείδιο του αζώτου, καπνός, καυσαέρια αυτοκινήτων
Πνευμονία	Διοξείδιο του θείου, καπνός, θειικά άλατα, πτώση αιθάλης
Φυματίωση	Διοξείδιο του θείου, αιωρούμενα σωματίδια
Εμφύσημα	Γενική ατμοσφαιρική ρύπανση, οξείδια του αζώτου
Καρδιαγγειακή νοσηρότητα και θνησιμότητα	Γενική ατμοσφαιρική ρύπανση, διοξείδιο του θείου, θειικά άλατα, αιωρούμενα σωματίδια

9.6. Οξίνη βροχή

Το νερό της βροχής είναι φυσικά όξινο λόγω της διάλυσης σε αυτό του διοξειδίου του άνθρακα που υπάρχει στην ατμόσφαιρα. Έτσι, απουσία αερίων ρύπων, η βροχή θα έπρεπε να έχει μια τιμή pH γύρω στο 5.6. Ωστόσο, από την αρχή της βιομηχανικής επανάστασης, τα επίπεδα του pH της βροχής έχουν σημειώσει σημαντική πτώση (μείωση της τιμής του pH αντιστοιχεί σε αύξηση της οξύτητας του νερού - για μεταβολή του pH κατά μία μονάδα σημειώνεται δεκαπλάσια μεταβολή στην οξύτητα). Υπεύθυνες για την αύξηση της οξύτητας είναι κυρίως οι εκπομπές διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου που προέρχονται από τη χρήση των ορυκτών καυσίμων στη βιομηχανία και τις μεταφορές. Τα εκπεμπόμενα αέρια διαλύονται στην υγρασία της ατμόσφαιρας ή στα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, σχηματίζοντας τα αντίστοιχα οξέα (θειικό και νιτρικό οξύ), με αποτέλεσμα να αυξάνουν την οξύτητά τους. Υψηλές συγκεντρώσεις όξινης απόθεσης μπορούν να καταστρέψουν τα χερσαία και τα υδάτινα οικοσυστήματα αλλά και να προκαλέσουν σημαντικές φθορές στα υλικά (Ζάνης 2008).

10 ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ

Αρχικά, η προστασία του περιβάλλοντος δε συνιστούσε αντικείμενο πολιτικής ή στόχο των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων δεδομένου ότι από την ίδρυση της η αποστολή της Κοινότητας (1957) εστιάζονταν στην ανάπτυξη οικονομικών δραστηριοτήτων και στη δημιουργία και λειτουργία της Ενιαίας Αγοράς, αδιαφορώντας πλήρως για τις κοινωνικές παραμέτρους της ανάπτυξης. Ένας από τους πρώτους βασικούς στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης ήταν να «προάγει την αρμονική και ισόρροπη ανάπτυξη των οικονομικών δραστηριοτήτων στο σύνολο της Κοινότητας». Η ανάπτυξη πρέπει να είναι «σταθερή, διαρκής, μη πληθωριστική και σεβόμενη το περιβάλλον» και να οδηγεί στην δημιουργία μίας κοινής αγοράς. Κατά συνέπεια η προτεραιότητα δόθηκε στην οικονομική ανάπτυξη και μεγέθυνση χωρίς να γίνεται αναφορά σε αυτοτελή περιβαλλοντική πολιτική η οποία τη δεδομένη χρονική στιγμή (δεκαετία '60) μάλλον αποτελούσε εμπόδιο. Στη δεκαετία του '70 η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης και των πολιτικών φορέων σε παγκόσμιο επίπεδο για τη ραγδαία υποβάθμιση του περιβάλλοντος οδηγούν σε μία αντίστοιχη προβληματική και σε Κοινοτικό επίπεδο. Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα για πρώτη φορά εκδήλωσε την πρόθεση να ασχοληθεί με την προστασία του περιβάλλοντος τον Οκτώβριο του 1972 στη διάσκεψη κορυφής που συγκλήθηκε στο Παρίσι. Στη συγκεκριμένη διάσκεψη οι αρχηγοί κρατών και κυβερνήσεων αναγνώρισαν ότι στο πλαίσιο της οικονομικής ανάπτυξης και βελτίωσης της ποιότητας ζωής θα έπρεπε να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο περιβάλλον. Στο πλαίσιο της συνόδου λήφθηκε απόφαση για ανάπτυξη μίας Κοινοτικής πολιτικής για το περιβάλλον. Συγκεκριμένα, δόθηκε η εντολή στα Κοινοτικά όργανα να επεξεργαστούν προτάσεις για την περιβαλλοντική πολιτική της Κοινότητας και να λάβουν τα απαραίτητα μέτρα προς αυτή την κατεύθυνση. Αυτή η αναγνώριση της σημασίας που έχει το περιβάλλον για τη βιωσιμότητα της Κοινότητας αποτέλεσε το έναυσμα για την υλοποίηση του πρώτου προγράμματος δράσης για το περιβάλλον, το οποίο ήταν το πρώτο κείμενο που καθόρισε το πλαίσιο της κοινοτικής πολιτικής για το περιβάλλον. Στη συνέχεια ακολούθησαν και άλλα μεσοπρόθεσμα προγράμματα που είχαν ως αποτέλεσμα τη έγκριση μίας σειράς οδηγιών. Η Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη (Ε.Ε.Π) αποτέλεσε την τυπική νομική βάση του αυξανόμενου όγκου της περιβαλλοντικής νομοθεσίας. Η ουσιαστική συνεισφορά της Ε.Ε.Π στον τομέα προστασίας του περιβάλλοντος είναι η προσθήκη των άρθρων 130Π, 130Ρ ΚΑΙ 130Σ με τον τίτλο «Περιβάλλον» στη συνθήκη ΕΟΚ μέσω των οποίων το περιβάλλον αποκτά αυτοτελή νομική κατοχύρωση. Με βάση αυτά τα άρθρα αναγνωρίστηκε ρητά η αρμοδιότητα της Κοινότητας στον τομέα του περιβάλλοντος και ορίστηκαν οι επιδιωκόμενοι ειδικοί στόχοι. Σε διεθνές επίπεδο δύο νομικά κείμενα θεωρούνται σταθμοί στην ιστορία του Διεθνούς Δίκαιου Περιβάλλοντος από την άποψη ότι προσφέρουν ένα σημαντικό αριθμό αρχών σε παγκόσμιο επίπεδο για το περιβάλλον, με στόχο τη μελλοντική τους πρακτική εφαρμογή. Πρόκειται για τη διακήρυξη της Στοκχόλμης το 1972 και τη διακήρυξη του Ρίο το 1992. Οι δύο αυτές συνδιασκέψεις υπό την αιγίδα του ΟΗΕ αποτέλεσαν

τις μεγαλύτερες προσπάθειες διερεύνησης των παραμέτρων που οδηγούν στην περιβαλλοντική υποβάθμιση του πλανήτη και της υιοθέτησης συγκεκριμένων μέτρων για τη διαχείριση και προστασία του περιβάλλοντος. Το ζήτημα της προστασίας του περιβάλλοντος αντιμετωπίζεται μέσω των διατάξεων της κοινοτικής νομοθεσίας. Οι τομείς στους οποίους η περιβαλλοντική νομοθεσία αναφέρεται και οι οποίοι, άμεσα ή έμμεσα, αφορούν στο περιβάλλον, είναι η προστασία της φύσης και της βιοποικιλότητας, η προστασία του περιβάλλοντος, η υγεία σε σχέση με το περιβάλλον, οι επικίνδυνες ουσίες, οι ραδιενεργές ουσίες, η διαχείριση αποβλήτων και πόρων και η ατμόσφαιρα. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία καθορίζει τους στόχους που πρέπει να επιτύχουν τα κράτη μέλη, τα οποία είναι ελεύθερα να επιλέξουν τα μέσα που θα χρησιμοποιήσουν για το σκοπό αυτό. Η Οδηγία μπορεί να απευθύνεται σε ένα, σε περισσότερα από ένα ή σε όλα τα κράτη μέλη. Για να έχουν αποτελέσματα για τους πολίτες οι αρχές μιας Οδηγίας, πρέπει ο εθνικός νομοθέτης να θεσπίσει μια νομοθετική πράξη μεταφοράς στο εσωτερικό δίκαιο, με την οποία η εθνική νομοθεσία θα μπορεί να προσαρμοστεί στους στόχους της οδηγίας. Οι Οδηγίες προβλέπουν προθεσμία για τη μεταφορά τους στο εθνικό δίκαιο, ενώ τα κράτη μέλη έχουν στη διάθεσή τους ένα περιθώριο που τους επιτρέπει να λάβουν υπόψη τις εθνικές τους ιδιαιτερότητες. Η μεταφορά πρέπει να ολοκληρωθεί εντός της προθεσμίας που καθορίζει η εκάστοτε Οδηγία. Οι Οδηγίες χρησιμοποιούνται για την εναρμόνιση των εθνικών νομοθεσιών και, ειδικότερα, για την υλοποίηση της ενιαίας αγοράς (http://ec.europa.eu/eu_law/directives/directives_el.htm, http://www.ekdd.gr/ekdda/files/ergasies_esdd/12/3/358.pdf)

11 ΝΟΜΟΣ ΑΡΚΑΔΙΑΣ

11.1. ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Το έντονο ανάγλυφο του Νομού Αρκαδίας είχε σαν αποτέλεσμα μεταξύ άλλων τη δημιουργία μεγάλου αριθμού οικισμών με μικρό αριθμό κατοίκων. Σύμφωνα με την απογραφή του 2010 ο νομός έχει 132052 κατοίκους, 22 δήμους και 1 κοινότητα. Οι δήμοι αυτοί αποτελούνται από οικισμούς με κατά μέσο όρο 100 κατοίκους ο καθένας. Η Τρίπολη, πρωτεύουσα του νομού, έχει 28976 κατοίκους, η δεύτερη πόλη σε πληθυσμό είναι η Μεγαλόπολη με 5135 κάτοικους, ενώ υπάρχουν ακόμη πέντε (5) μεγάλοι οικισμοί με πληθυσμό από 1000-3200 κατοίκους. Η κοντινότερη πόλη στον Ατμό-Ηλεκτρικό Σταθμό είναι η Μεγαλόπολη, 6km περίπου νοτιοανατολικά αυτού, με πληθυσμό 5135 κατοίκους. Μικρότεροι οικισμοί, βρίσκονται εκατέρωθεν αυτού με πλησιέστερη την Θωκνία σε απόσταση 0.7km ανατολικά και πληθυσμό περίπου 50 κατοίκων. Ο Νομός αντιμετωπίζει το οξύ πρόβλημα της δημογραφικής αλλοίωσης του πληθυσμού και της συνεχιζόμενης μείωσης του. Κατά τις δύο δεκαετίες, 1951-1961 και 1961-1971, παρατηρείται μεγάλη μείωση πληθυσμού η οποία οφείλεται κυρίως στην εξωτερική μετανάστευση και στη μετακίνηση προς τα αστικά κέντρα σε εθνικό επίπεδο. Κατά τις επόμενες δεκαετίες η μείωση του πληθυσμού του Ν. Αρκαδίας κυμαίνεται σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf). Γενικότερα, οι παράμετροι που επηρέασαν τις μετακινήσεις του πληθυσμού ήταν:

- το άγονο και ορεινό έδαφος,
- το έντονο γεωμορφολογικό ανάγλυφο της περιοχής σε σχέση με το οδικό δίκτυο,
- οι άσχημες καιρικές συνθήκες της περιοχής και
- η συγκέντρωση των δραστηριοτήτων στη Μεγαλόπολη λόγω της έναρξης λειτουργίας των λιγνιτωρυχείων.

Όσον αφορά την ηλικιακή διάρθρωση του πληθυσμού, παρατηρείται διαχρονική μείωση των παραγωγικών ηλικιών και των παιδιών 0-14, με αυξανόμενη την αναλογία των γερόντων. Η πληθυσμιακή εξέλιξη του Δήμου Μεγαλόπολης την περίοδο 1961-2001 παρουσιάζει μια σημαντική μείωση στον πληθυσμό των περισσότερων Δημοτικών Διαμερισμάτων με εξαίρεση, αυτό της Μεγαλόπολης, το οποίο εμφανίζει σημαντική αύξηση η οποία οφείλεται σε μετακίνηση πληθυσμού από τους γύρω οικισμούς προς την πόλη της Μεγαλόπολης. Κατά τη δεκαετία 1961-1971 παρουσιάζεται το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης στο δήμο Μεγαλόπολης λόγω μετανάστευσης του πληθυσμού προς τα αστικό κέντρα, εικόνα που παρατηρείται άλλωστε στις περισσότερες περιοχές της χώρας. Μετά τους σεισμούς του 1965-66, λόγω των καταστροφών που σημειώθηκαν, έγινε μετακίνηση πληθυσμού από τους γύρω οικισμούς προς αυτήν με αποτέλεσμα την αύξηση του πληθυσμού της. Κατά τη δεκαετία 1971-1981 ο πληθυσμός της Μεγαλόπολης αυξήθηκε κατά 34.1% δηλαδή συνεχίστηκε το κύμα της μετακίνησης από τη γύρω περιοχή. Πιθανή είναι επίσης η μετακίνηση και από άλλες περιοχές της χώρας, λόγω του ότι η αύξηση αυτή παρουσιάζει αντιστοιχία με την αύξηση των απασχολούμενων στη ΔΕΗ Α.Ε. όπως αναλύεται παρακάτω. Έτσι, η εγκατάσταση της ΔΕΗ Α.Ε. στην περιοχή γύρω στο 1970, φαίνεται να ευνοεί την συγκράτηση του πληθυσμού λόγω δημιουργίας νέων θέσεων εργασίας σε διάφορους τομείς. Έτσι ολόκληρος ο δήμος Μεγαλόπολης εμφανίζει αύξηση πληθυσμού αυτή τη δεκαετία, παρόλο που στα περισσότερα δημοτικά διαμερίσματα εμφανίζεται μείωση πληθυσμού, που οφείλεται στην εγκατάλειψη των αγροτικών εκμεταλλεύσεων. Υπάρχουν, ωστόσο και κάποια δημοτικά διαμερίσματα, με σημαντική αύξηση του πληθυσμού όπως οι Άνω Καρυές και Ίσωμα Καρυών. Κατά την δεκαετία 1991-2001 παρατηρείται μείωση του πληθυσμού, η οποία στο σύνολο της είναι μικρή. Τα περισσότερα δημοτικά διαμερίσματα έχουν πληθυσμό κάτω των 400 κατοίκων, που σημαίνει ότι μικρές ουσιαστικά μετακινήσεις πληθυσμού προκαλούν μεγάλες διακυμάνσεις στα ποσοστά, ενώ αρκετοί οικισμοί εγκαταλείπονται σταδιακά και παρουσιάζεται μετακίνηση πληθυσμού λόγω αναγκαστικής μετακίνησης οικισμών όπως είναι η Μαραθούσα και το Ψαθί, που οφείλεται στην απαλλοτρίωση τους για εκμετάλλευση υποκειμένων λιγνιτοφόρων στρωμάτων. Ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού αυτού μετακινήθηκε στην Μεγαλόπολη. Συμπερασματικά, συνάγεται ότι η περιοχή του Δήμου Μεγαλόπολης είχε από το 1961 τάσεις σοβαρής μείωσης του πληθυσμού των μικρότερων οικισμών, κυρίως λόγω της εγκατάλειψης των αγροτικών εκμεταλλεύσεων και κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων, που εκδηλώθηκε με μετακίνηση πληθυσμού προς τη Μεγαλόπολη για αναζήτηση αποδοτικότερης εργασίας και καλύτερων συνθηκών ζωής. Σε ορισμένο βαθμό, στη δεκαετία 1971-

1981 και σε μικρότερο βαθμό τη δεκαετία 1981-1991, οι προσλήψεις στη ΔΕΗ Α.Ε. λειτούργησαν ανασχετικά στο ρεύμα της μετανάστευσης, που χωρίς αυτές θα ήταν αρκετά εντονότερο. Η μέση πληθυσμιακή πυκνότητα που παρουσιάζει η περιοχή μελέτης είναι 45 κάτοικοι/κμ² που βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τη μέση πυκνότητα των αγροτικών κοινοτήτων της χώρας (50 κάτοικοι/κμ²) και σημαντικά χαμηλότερη από το μέσο όρο της χώρας (80 κάτοικοι/κμ²). Στους δε οικισμούς η πυκνότητα είναι σημαντικά χαμηλότερη και κυμαίνεται στο 8-30 κάτοικοι/κμ². Η πόλη της Μεγαλόπολης παρουσιάζει ωστόσο αρκετά υψηλότερη πυκνότητα (290 κάτοικοι/κμ²), με αποτέλεσμα να ανεβάζει το μέσο όρο της περιοχής μελέτης. Η ποσοστιαία διάρθρωση της απασχόλησης στον Ν. Αρκαδίας για το 1991 αντιστοιχεί σε 36% στον πρωτογενή τομέα, 20% στον δευτερογενή τομέα και 44% στον τριτογενή τομέα (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Οι κάτοικοι της επαρχίας Μεγαλόπολης μέχρι το 1970 ασχολούνταν κυρίως με την κτηνοτροφία και τη γεωργία. Με την εγκατάσταση των Μονάδων παραγωγής ενέργειας της ΔΕΗ Α.Ε., καθώς και την ανάπτυξη του οικονομικού κλάδου και των μικροβιοτεχνιών, εμφανίζεται μια σταδιακή μείωση των κτηνοτροφικών και γεωργικών δραστηριοτήτων με παράλληλη αύξηση των δραστηριοτήτων του δευτερογενούς και τριτογενούς τομέα της οικονομίας. Σε επίπεδο Νομού, η τάση εγκατάλειψης των καλλιεργειών, το χαμηλό εισόδημα που αποφέρει ο πρωτογενής τομέας και η έλλειψη θέσεων εργασίας κυρίως στον δευτερογενή αλλά και τον τριτογενή τομέα, ευνοούν την μετανάστευση πληθυσμού προς άλλες περιοχές της χώρας και εντείνουν το δημογραφικό πρόβλημα ολόκληρου του Ν. Αρκαδίας (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Η επαρχία Μεγαλόπολης ήταν μέχρι το 1970 κυρίως γεωργική και κτηνοτροφική με κατεξοχήν προβλήματα τον μικρό κλήρο, τη χαμηλή απόδοση των γεωργικών εδαφών, τον οικονομικό μαρασμό και την μείωση του πληθυσμού ιδιαίτερα μετά τους σεισμούς του 1965-1966. Οι κοινότητες της ευρύτερης περιοχής λιγνιτικής εξόρυξης, πριν τη λιγνιτική εκμετάλλευση, αποτελούσαν την παραγωγικότερη γεωργική γη λόγω της πεδινότητας των εδαφών και κυρίως λόγω της γειννίας με τον Αλφειό και τους παραποτάμους του. Σημαντικότερος τομέας στην οικονομία της περιοχής, πριν την εγκατάσταση των λιγνιτωρυχείων, ήταν ο πρωτογενής τομέας με κύρια προϊόντα τις ελιές, τις πατάτες, τα σιτηρά (σιτάρι, κριθάρι, καλαμπόκι, βρώμη) τα κτηνοτροφικά φυτά (βίκος, σανά, μηδική), τα όσπρια, τα κάστανα, τα καρύδια, τα βύσσινα, τα μήλα, τα αχλάδια, το κρασί και λίγα κηπευτικά (ντομάτες, κρεμμύδια, λάχανα, φασολάκια). Σήμερα η γεωργική παραγωγή μειώνεται σταδιακά λόγω εγκατάλειψης των ημιορεινών καλλιεργειών και εγκατάστασης των λιγνιτωρυχείων. Ιδιαίτερα κοντά στα ορυχεία, από τις εκτάσεις που έχουν απαλλοτριωθεί (Μαραθούσα και Θωκνία) οι καλλιέργειες είναι μικρές. Οι συνθήκες γεωργικής παραγωγής χαρακτηρίζονται από μικρό μέγεθος γεωργικών εκμεταλλεύσεων και πολυτεμαχισμό, που συνδυάζεται με κατατμητικό καθεστώς μεταβίβασης της γεωργικής γης, φτωχά εδάφη ιδίως στις ορεινές και μειονεκτικές περιοχές, μικρές δυνατότητες άρδευσης και ανεπαρκή υποδομή εμπορίας γεωργικών προϊόντων. Συνεπώς η εκμετάλλευση του λιγνίτη από τη ΔΕΗ Α.Ε. μείωσε την καλλιέργεια γης και απορρόφησε μεγάλο μέρος του ενεργού πληθυσμού που απέμεινε, του οποίου η

εισοδηματική κατάσταση βελτιώθηκε σημαντικά με αποτέλεσμα να μειωθεί κατά ένα μεγάλο ποσοστό η γεωργική δραστηριότητα. Ο Ν. Αρκαδίας έχει έντονη κτηνοτροφική δραστηριότητα. Η ύπαρξη μεγάλης έκτασης βοσκοτόπων (45% της συνολικής έκτασης του νομού), οι εδαφικές και κλιματολογικές συνθήκες, το ανάγλυφο του εδάφους και η φυτοκάλυψη των βοσκοτόπων, προσφέρονται για την ανάπτυξη της κτηνοτροφίας και ιδιαίτερα μικρών ζώων (αιγοπρόβατα), ενώ από τα μέσα του 1960 άρχισε να αναπτύσσεται η συστηματική πτηνοτροφία. Στην περιοχή της Μεγαλόπολης εκτρέφονται αίγες και πρόβατα, ενώ υπάρχουν μονάδες οργανωμένης χοιροτροφίας και πτηνοτροφίας στο Κατσιμπαλι, τη Μεγαλόπολη και αλλού. Η συμμετοχή του τομέα κατά 40% στη συνολική ακαθάριστη αξία γεωργικής παραγωγής συμβάλλει κατά ένα μεγάλο ποσοστό στη διαμόρφωση του γεωργικού εισοδήματος (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Στην κτηνοτροφία οι ανασταλτικοί παράγοντες είναι πολλοί:

- Ο μη σαφής διαχωρισμός μεταξύ κτηνοτροφικής και δασικής έκτασης, με συνέπεια τη συνεχή διαμάχη κτηνοτρόφων και δασαρχείου.
- Το θέμα των εγκαταλελειμμένων εκτάσεων που δασώνονται.
- Οι δρόμοι προσπέλασης προς τους βοσκότοπους, καθώς και οι αγροτικοί δρόμοι για τη μετακίνηση των κτηνοτροφικών προϊόντων είναι σε πολλά μέρη προβληματικοί έως ανύπαρκτοι.
- Η περιοχή λόγω μετανάστευσης στερείται πολύτιμων εργατικών χεριών.

Η κτηνοτροφία βρίσκεται σε πτώση, ενώ υπάρχουν κοινοτικές εκτάσεις που χαρακτηρίζονται βοσκότοποι και παραμένουν ανεκμετάλλευτοι. Αύξηση παρουσιάζει η απόδοση της παραγωγής από την εκτροφή πτηνών. Ο Ν. Αρκαδίας είναι ένας από τους πλέον δασοκαλυμμένους νομούς της χώρας. Η κύρια δασική περιοχή βρίσκεται στο κέντρο του νομού και είναι το "σύμπλεγμα Μαινάλου". Η περιοχή αυτή υλοτομείται και η ξυλεία που παράγεται είναι κυρίως ελάτης-δρυός. Ο δευτερογενής τομέας κατέχει πολύ σημαντικό ρόλο στην οικονομική ανάπτυξη του νομού. Από το σύνολο του εργατικού δυναμικού το 15.5% απασχολείται στο δευτερογενή τομέα. Ο Δευτερογενής Τομέας κυριαρχείται από την παρουσία των λιγνιτωρυχείων της ΔΕΗ ΑΕ, των Μονάδων παραγωγής ενέργειας της ΔΕΗ Α.Ε. τον Υδροηλεκτρικό Σταθμό του Λάδωνα. Οι υπόλοιπες μεταποιητικές μονάδες που είναι περιορισμένων κεφαλαίων, είναι χωροθετημένες κυρίως στη Βιομηχανική περιοχή (ΒΙ.ΠΕ) της Τρίπολης, σε μία έκταση 1620 στρεμμάτων περίπου, και αφορούν βιομηχανίες επεξεργασίας και τυποποίησης ειδών διατροφής, μονάδες επιπλοποιίας, καθώς και αρκετές μονάδες επισκευής μεταφορικών μέσων. Τέλος στο νομό Αρκαδίας υπάρχουν διάσπαρτες μικρές μεταποιητικές μονάδες γεωργό- κτηνοτροφικών προϊόντων, κυρίως ελαιουργεία και τυροκομεία, που εξυπηρετούν την τοπική παραγωγή. Στην περιοχή της Μεγαλόπολης οι περισσότερες μονάδες είναι ελαιοτριβεία, αλλά υπάρχουν και κάποιες μικρές βιοτεχνικές μονάδες-εργαστήρια ξυλείας και κουφωμάτων (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

11.2. ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑ

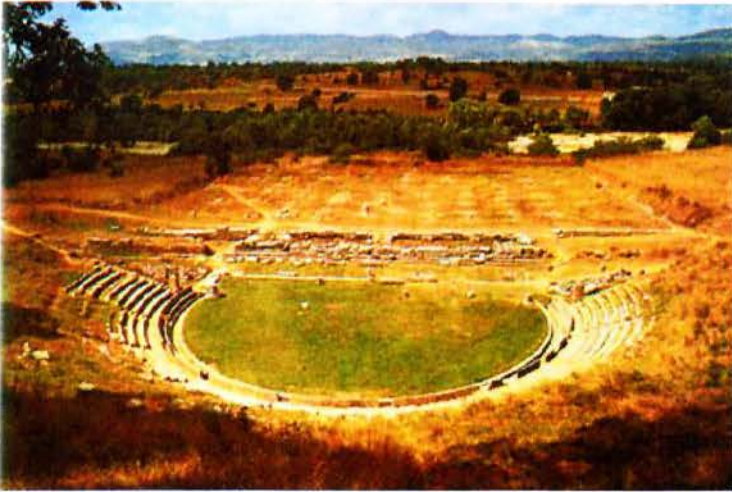
11.2.1. Αρχαιολογικοί χώροι

Η Μεγαλόπολη είναι χτισμένη στο κέντρο περίπου της ομώνυμης επαρχίας του νομού Αρκαδίας, στο νότια της αρχαίας πόλης. Βρίσκεται στο κέντρο του οροπεδίου της Μεγαλόπολης, σε μέσο υψόμετρο 420m μεταξύ των ποταμών Αλφειού και Ελισσώνα. Στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν σημαντικοί αρχαιολογικοί χώροι όπως αυτοί της Μεγαλόπολης με το αρχαίο Θέατρο και της αρχαίας πόλης της Λυκόσουρας.

Ο αρχαιολογικός χώρος της αρχαίας Μεγάλης Πόλης βρίσκεται 3km έξω από την σημερινή πόλη της Μεγαλόπολης, κοντά στο δρόμο Μεγαλόπολης-Καρύταινας, και 35km από την Τρίπολη (Σχήμα 11). Κοντά κυλά ο ποταμός Ελισσών που εκβάλλει στον Αλφειό. Ο αρχαιολογικός χώρος περιλαμβάνει το μεγαλύτερο αρχαίο ελληνικό θέατρο, το Θερσίλειο Βουλευτήριο και λείψανα της αρχαίας Αγοράς στην οποία περιέχονται το Ιερό του Διός και του Σωτήρος, η Φιλίππειος Στοά (Σχήμα 12) και η Στοά Μυρόπολις. Κεντρικό μνημείο είναι το Αρχαίο Θέατρο, το οποίο αποτελεί μεγάλη μαρτυρία της κραταιάς Αρκαδικής Ομοσπονδίας και της πανίσχυρης Μεγάλης Πόλεως, της νεώτερης πόλης της αρχαίας Αρκαδίας, που γνώρισε αίγλη και μεγαλείο, αλλά χάθηκε μέσα σε δύο αιώνες. Το θέατρο ήταν το μεγαλύτερο και αρχαιότερο θέατρο της αρχαίας Ελλάδας. Κατασκευάστηκε από τον Αργεΐτη Πολύκλειτο λίγο μετά το 370π.Χ. Το κοίλο είχε διάμετρο 145m., ενώ η ορχήστρα του 30m περίπου. Θεωρείται ότι το κοίλο περιελάμβανε δύο διαζώματα, με 20 σειρές εδωλίων στα δύο κατώτερα μέρη του και 17 στο ανώτερο μέρος. Υπολογίζεται πως η χωρητικότητα του ήταν 18200 θεατές περίπου, είχε σχεδιαστεί τόσο μεγάλο για να εξυπηρετεί τις συγκεντρώσεις των αντιπροσώπων των συνοικισμένων στην Μεγαλόπολη 40 αρκαδικών πόλεων καθώς και όλων των Αρκάδων, που ήθελαν να παρευρεθούν σε αυτές. Για τις θεατρικές παραστάσεις είχε κατασκευασθεί κινητή ξύλινη σκηνή πάνω σε τροχούς, η οποία συρόταν στη σκηνοθήκη, όπου και φυλασσόταν.

Αργότερα έγινε το προσκηνίο με διαστάσεις 31m*7m. Την περίοδο της ακμής της Μεγάλης Πόλεως, όταν δηλαδή αυτή αποτέλεσε τον ομφαλό των Αρκάδων, το θέατρο έφθασε στην πλήρη ανάπτυξή του. Τότε κατασκευάστηκε και η λίθινη προεδρία. Το 1890 αποκαλύφθηκαν από τις ανασκαφές του Βρετανικού Ινστιτούτου (1890-1891), η ορχήστρα, το προσκηνίο, μέρος της προεδρίας, οι χαμηλότερες λίθινες κερκίδες, τα επιβλητικά αναλήμματα των παρόδων και τα θεμέλια της σκηνοθήκης. Σήμερα στο χώρο του Θερσουλίου νεώτερες ανασκαφές είναι σε εξέλιξη. Συνέχεια του θεάτρου, στη βόρεια πλευρά είναι το Θερσίλειο Βουλευτήριο της Αρκαδικής Ομοσπονδίας (Κοινού των Αρκάδων) και η Αρχαία Αγορά. Οι ανασκαφές έχουν αποκαλύψει υπολείμματά τους. Το Θερσίλιο στηριζόταν σε μαρμαρίνους στύλους και χωρούσε 6000 άτομα καθιστά και 10000 όρθια. Υπολογίζεται επίσης ότι το τείχος της αρχαίας πόλης είχε μήκος 8850m. Μετά από πολλά χρόνια αδράνειας της πολιτείας για την υποστήλωση και συντήρηση του θεάτρου - μάλιστα μέρος του κοίλου του υπέστη κατολίσθηση πριν από μερικά χρόνια και είναι ήδη σε εξέλιξη αναστηλωτικές

εργασίες στον χώρο της εισόδου του (<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/archsites/xwroi/thmeg.htm>).

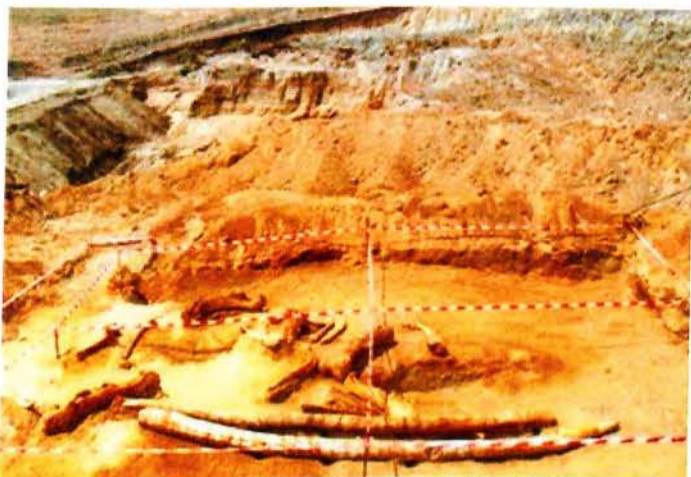


Σχήμα 11. Το αρχαίο θέατρο της Μεγαλόπολης (<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/archsites/xwroi/thmeg.htm>).

Η ευρύτερη περιοχή Μεγαλόπολης διαθέτει επίσης, αξιόλογα μνημεία της μεσαιωνικής περιόδου. Κοντά στα Τρόπαια βρίσκεται το ονομαστό κάστρο της Άκοβας. Πλησιέστερο στη Μεγαλόπολη υπάρχει το μεσαιωνικό κάστρο της Καρύταινας που σώζεται σε καλή κατάσταση και κοντά στη Στεμνίτσα τρεις ιστορικές μονές (Αιμύλων, Φιλοσόφου, Ιωάννη Προδρόμου) (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).



Σχήμα 12. Η Φιλίππειος Στοά (<http://www.skai.gr/news/environment/article/148335/aytoanaflegetai-o-lignitis-ston-ais-megalopolis/>).



Σχήμα 13. Χαυλιόδοντες της παλαιοανθρωπολογικής περιόδου βρέθηκαν στη Μεγαλόπολη (<http://www.econews.gr/2011/09/08/xavliodontes-megalopoli/>).

Το Σεπτέμβριο του 2011 ανακοινώθηκε ότι δύο χαυλιόδοντες, μήκους περίπου δυόμιση μέτρων, βρέθηκαν στο Ίσιωμα της Μεγαλόπολης, κατά τη διάρκεια των εργασιών της ΔΕΗ (Σχήμα 13). Οι χαυλιόδοντες δεν προκάλεσαν έκπληξη στους αρχαιολόγους της ΛΘ' Εφορείας Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων που επέβλεπαν τις εργασίες, καθώς και στο παρελθόν είχαν βρεθεί στην περιοχή παλαιοανθρωπολογικά ευρήματα. Τα σημαντικά ευρήματα μεταφέρθηκαν στο αρχαιολογικό μουσείο Μεγαλόπολης και ορισμένα από αυτά στο αρχαιολογικό μουσείο Τρίπολης (<http://www.econews.gr/2011/09/08/xavliodontes-megalopoli/>).

11.3. ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η διαμόρφωση των οικοσυστημάτων μιας περιοχής είναι αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης πολλών παραγόντων, όπως το κλίμα, η γεωλογία και η εδαφολογία της περιοχής, η γλωρίδα, η πανίδα και φυσικά η ανθρώπινη επίδραση. Στην συγκεκριμένη περιοχή μελέτης, η ανθρώπινη επίδραση και η έντονη παρουσία βιομηχανικών δραστηριοτήτων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη διαμόρφωση και την εξέλιξη των σημαντικών οικοσυστημάτων, που συναντάμε στην ευρύτερη έκταση του Νομού και συνδέονται άμεσα με τους σημαντικούς ποταμούς, που διαρρέουν την περιοχή.



Σχήμα 14. Ο χάρτης της Πελοποννήσου (http://www.hotelsline.gr/root/newhotel/mx/m_peloponnisos.asp).

Ο Ν. Αρκαδίας, στον οποίο εντάσσεται ο ΑΗΣ Μεγαλόπολης, βρίσκεται στο κέντρο της Πελοποννήσου έχει έκταση 4419km² και συνορεύει:

- Β. με το Νομό Αχαΐας,
- ΒΑ. με το Νομό Κορινθίας,
- Α. με το Νομό Αργολίδας,
- Ν. με το Νομό Λακωνίας,
- ΝΔ. με το Νομό Μεσσηνίας και
- Δ. με το Νομό Ηλείας.

Βρέχεται από τον κόλπο της Αργολίδας και κατανέμεται ως εξής:

- Πεδινή 8.82%,
- Ημιορεινή 28.62% και
- Ορεινή 62.56%.

Πρωτεύουσα του νομού είναι η Τρίπολη και οι σημαντικότερες πόλεις είναι η Μεγαλόπολη (5135 κατ.), το Λεωνίδιο (3249 κατ.), το Άστρος (2674 κατ.), το Λεβίδι (1219 κατ.) και η Τυρός (1211 κατ.). Επίσης σε άνθηση βρίσκονται τα τελευταία χρόνια, λόγω αυξημένης τουριστικής κίνησης, πολλά παραδοσιακά χωριά και κωμοπόλεις της περιοχής.

Τα εδάφη της ευρύτερης περιοχής είναι στην πλειοψηφία τους ελαφρώς όξινα, πτωχά σε ανθρακικό ασβέστιο και σε οργανική ουσία. Από πλευράς μηχανικής σύστασης, τα εδάφη χαρακτηρίζονται ως πηλο-αμμώδη και ειδικότερα στις περιοχές αποθέσεως αγόνων, τα εδάφη χαρακτηρίζονται πηλώδη ως αργίλλο-πηλώδη με όξινη αντίδραση έως ουδέτερη, ενώ οι περιεκτικότητες σε θρεπτικά στοιχεία είναι από

ελάχιστες έως αρκετές, γι' αυτό και η παραγωγικότητα των εδαφών στη λεκάνη της Μεγαλόπολης δεν χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα υψηλή.

Ο πιο σημαντικός ποταμός του Ν. Αρκαδίας είναι ο Αλφειός, πηγάζει από τον ορεινό όγκο, που βρίσκεται ΝΔ του οροπεδίου της Τρίπολης, διασχίζει τη Λεκάνη της Μεγαλόπολης, διερχόμενος ΝΔ της ομώνυμης πόλης και διέρχεται μέσα από την περιοχή των δραστηριοτήτων της ΔΕΗ Α.Ε., με μήκος περίπου 110km., διαρρέει τους Ν. Αρκαδίας και Ηλείας, δέχεται τα νερά πολλών ρεμάτων και χειμάρρων του λεκανοπεδίου, με κυριότερους τον Ξερίλα, τη Κουτιφαρίνα, τον Ζαργάκι, το Κεφαλόβρυσσο, τον Ζαγκλακόρεμα, τον Καστρίτης, τον Ελισσώνας, τον Λιγατάρης, τον Λαγκαδάς κ.λπ. Γενικά είναι ο αποδέκτης όλων των επιφανειακών νερών της λεκάνης της Μεγαλόπολης. Από αυτήν εξέρχεται από τα ΒΔ, πλησίον της Καρύταινας, μέσα από στενή χαράδρα και στη συνέχεια ακολουθεί ΒΔ κατεύθυνση στο όριο των Ν. Αρκαδίας και Ηλείας, μέχρι τον οικισμό της Τρυπητής. Στο τμήμα αυτό ο Αλφειός δέχεται τα νερά σημαντικών παραποτάμων, όπως του Λούσιου, του Ερύμανθου και του Λάδωνα. Είναι ο μεγαλύτερος της Πελοποννήσου, έχει γενική κατεύθυνση ροής από ΝΑ προς ΒΔ με μέση κλίση 0.37% και εκβάλλει στο Ιόνιο Πέλαγος. Η συνολική λεκάνη απορροής του έχει έκταση 3600km² (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Ο Λούσιος πηγάζει από την ορεινή Γορτυνία στην περιοχή της Δημητσάνας, ενώ ο Ερύμανθος από την ορεινή περιοχή του Ν. Αχαΐας και κατέρχεται ανατολικά του Αφροδίσιου όρους, ακολουθώντας τα όρια των Ν. Ηλείας-Αρκαδίας. Τέλος, ο Λάδωνας πηγάζει από τα ορεινά της επαρχίας Καλαβρύτων, ακολουθεί ΝΔ κατεύθυνση, νότια του Αφροδίσιου όρους, όπου υπάρχει ο ΑΗΣ της ΔΕΗ Α.Ε., και στη συνέχεια οδεύει σχεδόν παράλληλα προς τον Ερύμανθο μέχρι τη συμβολή του με τον Αλφειό. Μετά τη συμβολή αυτή, ο Αλφειός ακολουθεί δυτική κατεύθυνση εντός της πεδιάδας του Ν. Ηλείας, διερχόμενος σε μικρή απόσταση από την Αρχαία Ολυμπία και νότια του Πύργου για να εκβάλει στον Κυπαρισσιακό κόλπο (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Παρά τις πολλές βροχοπτώσεις η βλάστηση του Ν. Αρκαδίας είναι ιδιαίτερα φτωχή και αυτό επειδή τις μεγαλύτερες βροχοπτώσεις δέχονται οι περιοχές με τα μεγαλύτερα υψόμετρα και τα φτωχά εδάφη και μάλιστα κατά τη χειμερινή περίοδο, όταν οι χαμηλές θερμοκρασίες (μέχρι και -12°C) δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη πλούσιας βλάστησης. Γενικότερα, οι εδαφικές και κλιματικές συνθήκες στην Αρκαδία διαμορφώνουν περιορισμένη βλάστηση, ενώ τα μαλακά και λεπτόκοκκα εδάφη παρασύρονται εύκολα από τη βροχή και τους χειμάρρους. Επίσης υπάρχουν πολλά πετρώματα που επιτρέπουν τις κατολισθήσεις και πλήθος μεσαίων και μικρών σεισμικών εστιών. Τα εδάφη των κορυφών των βουνών και των υψηλότερων κλίσεων δέχονται το λιγότερο βρόχινο νερό και βρίσκονται σε μια συνεχή διαδικασία απογύμνωσης και διάβρωσης, με δασικές συστάδες μικρού βαθμού συγκόμωσης και χαμηλής ανάπτυξης. Η βλάστηση των επικλινών εδαφών της Αρκαδίας υστερεί σε ανάπτυξη επειδή το έδαφος είναι λεπτόγαιο, ελαφρύ, ευδιάβρωτο, με εύκολη την έκπλυσή του από τη βροχή. Στα πεδινά τμήματα της λεκάνης, το έδαφος εμπλουτίζεται συνεχώς από τα προϊόντα της διάβρωσης, με περισσότερο βρόχινο νερό, κολλοειδή χούμο και διαλυτά άλατα, γεγονός που οδηγεί

στην ανάπτυξη δένδρων και στην πυκνωση της βλάστησης. Πλέον γόνιμα είναι τα αλλουβιακά εδάφη, όπου η υπερβολική υγρασία και οι μεταβολές στη σύσταση και στον αερισμό, διαφοροποιούν την ανάπτυξη και τα είδη της βλάστησης που φύονται. Στα εδάφη αυτά αναπτύσσονται γεωργικές καλλιέργειες. Η περιοχή καλύπτεται ως επί το πλείστον από αγρούς σε εγκατάλειψη ή αγρανάπαυση με ελάχιστες καλλιέργειες, κυρίως στις παραποτάμιες και στις γύρω από τους οικισμούς περιοχές. Οι αγροτικές ιδιοκτησίες στα όρια τους προστατεύονται από δένδρα και θαμνώδη βλάστηση που συγκρατεί τα εδάφη και διευκολύνει τον εμποτισμό τους με βρόχινο νερό. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ανθρώπινη δραστηριότητα όπως κτηνοτροφία, πυρκαγιές, υλοτομία, τεχνικά έργα, λατομεία και εξορύξεις, έχει προκαλέσει υποβάθμιση των δασών στην περιοχή. Η υποβάθμιση αυτή της φυσικής βλάστησης συνεπάγεται, ανάλογα με το βαθμό εδαφικής διατάραξης, μείωση της γονιμότητας, απόπλυση συστατικών, χαραδρωτή διάβρωση του εδάφους, αναταραχή και διατάραξη στους ορίζοντες του εδάφους, δημιουργώντας συχνά άγονα εδάφη (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Η περιοχή του Νομού Αρκαδίας παρουσιάζει την τυπική δασική βλάστηση της νότιας Ελλάδας, όπου η μεσογειακή επίδραση είναι έντονη, με εξαίρεση τα ελατοδάση άβιες (Cefalonica) σε υψηλότερα υψόμετρα. Τα δάση στον νομό καλύπτουν έκταση 830.000 στρεμμάτων, δηλαδή το 18.78% του συνολικού εδάφους. Όλα τα δάση είναι δημόσια, εκτός από ένα ποσοστό 12.36%. Η περιοχή της Μεγαλόπολης εποπτεύεται από το Δασαρχείο της Τρίπολης. Οι επεμβάσεις της ΔΕΗ Α.Ε. έγιναν και γίνονται σε μια περιοχή της Αρκαδίας όπου τα δάση (κυρίως δρυός) είχαν υποβαθμιστεί τη δεκαετία του '50, λόγω της έντονης κτηνοτροφικής και υλοτομικής δραστηριότητας και είχαν ήδη μετατραπεί σε γεωργικές εκτάσεις χαμηλής παραγωγικότητας, οι οποίες χρησιμοποιούνται ως χορτολίβαδα. Μερικά μικρής έκτασης δάση Δρυός εκτείνονται ακόμη στις κοινότητες Χωρεμίου, Τριποτάμου, Θωκνίας, Ίσαρη, Λυκοσούρας και Χρονών και συνεχίζονται στο Ν. Μεσσηνίας. Εκατέρωθεν της κοίτης του ποταμού Αλφειού, σε βραχώδεις εκτάσεις και σε γόνιμα εδάφη σε υψόμετρα μέχρι 600-800m, στα ανατολικά, δυτικά και χαμηλά όρια του νομού συναντάμε θάμνους αείφυλλων-πλατύφυλλων. Πρόκειται για τη ζώνη των αείφυλλων-πλατύφυλλων Lauretum, η οποία διακρίνεται στο κατώτερο υψομετρικά Lauretum και στο ανώτερο. Στο κατώτερο Lauretum επικρατεί η "μεσογειακή διάπλαση της αριάς" όπου συναντάμε το πουρνάρι σε δενδρώδη μορφή, την δρυ, την ξυλοκερασιά, το πεύκο, την κουκουναριά, το φυλλίκι, την αγριελιά, την κουμαριά, τη δάφνη, τη λυγαριά θάμνο, τη θυμαριά κ.λπ. (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Στο ανώτερο Lauretum επικρατεί το πουρνάρι (δρυς) συναντάμε επιπλέον τον γαύρο, τη φτελιά, τον κέδρο, την ιτιά, το δενδρώδες ρείκι, την κρανιά, την κουτσουπιά, την αφάνα, την ασφάκα, το σπάρτο, το σπαράγγι κ.λπ. Θάμνους επίσης συναντάμε και σε περιοχές όπου κατά περιόδους υποβαθμίζονται δάση δρυός και ελάτης.

Μετά τα 600m και μέχρι τα 1300m υψόμετρο συναντώνται δάση με ευρεία εξάπλωση στην περιοχή που εμφανίζονται με δύο όψεις, ως:

- δασοσκεπείς εκτάσεις και

- μερικώς δασοσκεπείς αποτέλεσμα κυρίως ανθρωπογενών επιδράσεων.

Στα διάκενα μεταξύ των συστάδων επικρατεί θαμνώδης ή χορτολιβαδική βλάστηση. Το επικρατέστερο είδος είναι η πλατύφυλλος δρυς αλλά μπορούμε να συναντήσουμε και άλλα είδη Δρυός όπως την άμισχο, την ήμερη και την χνοώδης, αλλά και καστανιές. Η καστανιά υποβοηθείται από τον άνθρωπο σε βάρος των δρυών και των άλλων ειδών ως το πλέον παραγωγικό δασικό είδος σε καρπό και ξύλο και χαρακτηρίζει ολόκληρη τη ζώνη εξάπλωσης (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Ανθρωπογενείς επεμβάσεις όπως υπερβολική βόσκηση, παράνομη υλοτόμηση, πυρκαγιές, τεχνικά έργα, εξορύξεις, λατομεία κλπ, έχουν προκαλέσει σημαντικό βαθμού διατάραξη στη διάπλαση των φυλλοβόλων δρυών, που έχει εκδηλωθεί με γήρανση των δασών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διατάραξη του εδάφους και έχει οδηγήσει στην απώλεια της παραγωγικότητας με την κατά τόπους εξάπλωση της φτέρης, δημιουργώντας απέραντες εκτάσεις με φτέρη, που είναι το τελευταίο στάδιο υποβάθμισης του δασικού εδάφους αυτής της διάπλασης. Η διάπλαση της υβριδογενούς ελάτης της ζώνης του abietum, στην οποία παρευρίσκονται και άλλα δασικά είδη, καταλαμβάνει τον αμέσως ανώτερο όροφο της προηγούμενης ζώνης του Castanetum (διάπλαση των φυλλοβόλων δρυών). Η ζώνη καταλαμβάνει σημαντική έκταση υψομετρικά (1000-1700m), σπάνια όμως υπερβαίνει τα 1500m. Τα δάση ελάτης της Αρκαδίας που φύονται στα όρη Μαινάλου, Πάρνωνα και Ταΰγετου είναι αξιόλογα και καταλαμβάνουν το 40% περίπου των δασικών εκτάσεων του νομού. Σήμερα έχει επέλθει ισορροπία κλίματος-εδάφους-βλάστησης με αποτέλεσμα την ανάπτυξη της ελάτης. Στην περιοχή μελέτης και στη ζώνη αυτή σπανίζει η ποικιλότητα τύπων βλάστησης, όπως παρατηρούνται στις προηγούμενες ζώνες. Είδη τα οποία βρίσκονται σε μίξη κατά θέσεις είναι η μαύρη πεύκη ή όπως ονομάζεται τοπικά ελατόπευκο, ο γαύρος, οι σφένδαμοι καθώς και οι δρύες. Ο θαμνώδης υπόροφος αποτελείται από κέδρους και φτέρες και δάφνες, ενώ ο ποώδης υπόροφος αποτελείται από είδη όπως το γεράνιο, το σκορπιδόχορτο και την σκάρφη. Εκτός από τη δενδρώδη βλάστηση, η χλωρίδα του δάσους περιορίζεται στα κοινά είδη με πιο εντυπωσιακούς εκπροσώπους μερικά ορχεοειδή, ενώ στα λιβάδια των κορυφών συναντώνται τα είδη τουλίπας και βιολέτας (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Η ορεινή ζώνη στην ευρύτερη περιοχή μελέτης καταλαμβάνεται στα ΒΑ από το όρος Μαίναλο και στα ΒΔ από το Λυκαίο όρος. Ο ορεινός όγκος του Μαινάλου (1.980m μέγιστο υψόμετρο) καταλαμβάνει το κέντρο της Πελοποννήσου και το μεγαλύτερο τμήμα του Νομού Αρκαδίας, κύρια τη δυτική πλευρά της. Εκτείνεται από το οροπέδιο της Τρίπολης μέχρι τον ποταμό Λούσιο στα δυτικά και από τη Μεγαλόπολη μέχρι την λίμνη του Λάδωνα βόρεια, σε μια έκταση περίπου 1.500.000 στρεμμάτων. Η αμιγώς ορεινή του ζώνη ξεπερνάει τα 700.000 στρέμματα και το καθιστά ένα από τα πλέον εκτεταμένα ορεινά συγκροτήματα της Ελλάδος. Οι συνεχείς εναλλαγές δεκάδων κορυφών και χαραδρών με εκατοντάδες ορεινούς λειμώνες και οροπέδια, δίνουν ένα εντυπωσιακό ανάγλυφο. Το γεγονός μάλιστα ότι τα περισσότερα από τα υψίπεδα του παρουσιάζουν αρνητική κλίση καθιστά το Μαίναλο μοναδικό γεωμορφολογικό σχηματισμό σε ολόκληρη την Ελλάδα. Το

φυσικό ανάγλυφο συμπληρώνεται από πολλές πηγές και υδάτινες ροές, ιδιαίτερα στο δυτικό τμήμα του λόγω στεγανότητας των πετρωμάτων, όπου σχηματίζεται μία πλούσια βιομάζα και ένας από τους μεγαλύτερους υπόγειους υδροφόρους της Πελοποννήσου. Το ιδιαίτερης σημασίας δάσος της Ελάτης εκτείνεται στο 65% περίπου της ορεινής ζώνης και μαζί με συστάδες δρυών, πρίνων, πεύκης, κέδρων και κάθε μορφής βλάστηση, αποτελεί το υπόβαθρο μιας πλούσιας μυκοχλωρίδας. Η χλωρίδα συμπληρώνεται από μεγάλη ποικιλία θάμνων, ποωδών φυτών και λουλουδιών στα οροπέδια και στις κορυφές, που ιδιαίτερα την άνοιξη δίνουν πανέμορφους χλοοτάπητες με σπάνιες φυσικές συνθέσεις. Στο όρος Μαίναλο αναλυτικότερα μπορεί κανείς να συναντήσει μια τεράστια ποικιλία βλάστησης. Ανάλογα με το υψόμετρο απαντώνται διαφορετικά είδη και υποείδη συνθέτοντας εξαιρετικά τοπία και ένα μοναδικό οικοσύστημα που διατηρεί ακόμα τις ισοροπίες του. Στο Μαίναλο μπορεί κανείς να συναντήσει Αλπικές, γυμνές κορυφές, πυκνά δάση ελάτης, θάμνους με κουμαριές, κέδρους και πουρνάρια, πηγές, ποτάμια, φαράγγια και σπήλαια καθώς επίσης και μέρη ιστορικής σημασίας και αρχαιολογικής αξίας. Η χλωρίδα του Μαινάλου αριθμεί πάνω από 570 είδη, πολλά από τα οποία είναι ενδημικά είτε της περιοχής είτε γενικά της Πελοποννήσου και της Ελλάδας, γεγονός που έχει κινήσει το ενδιαφέρον των τοπικών αρχών αλλά και της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Εκτιμάται ότι πολλά από τα σπάνια αγριολούλουδα του Μαινάλου κινδυνεύουν όχι από κάποια άλλη φυσική μεταβολή αλλά από τους επισκέπτες που τα συλλέγουν επειδή δεν αναγνωρίζουν την αξία τους. Το Μαίναλο φιλοξενεί στις πλαγιές και τις κορυφές του μια αξιόλογη πανίδα. Το βασικό πέτρωμα του Μαινάλου είναι ο ασβεστόλιθος Τριπόλεως. Το κλίμα ευνοεί ιδιαίτερα τη βλάστηση, καθώς το βουνό ανήκει στην υγρότερη και ψυχρότερη ζώνη της Πελοποννήσου. Τα έλατα καταλαμβάνουν όλες τις πλαγιές ανάμεσα στα 800m και 1.750m και τείνουν να κατέβουν χαμηλότερα. Κατά τους δασολόγους εκτιμάται ότι η επέκταση του ανθεκτικού στη σκιά αυτού δέντρου περιόρισε σημαντικά ή εξαφάνισε τα μεγάλα δάση Δρυός της Αρκαδίας (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Το Λύκαιο όρος σε αντίθεση με το Μαίναλο ανήκει στις ιδιαίτερα ξηρές περιοχές της Αρκαδίας με έντονη κάθετη καρστικοποίηση (ο καρστ ή καρστικοποίηση αφορά τους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς (ασβεστόλιθο, μάρμαρο). Με την επίδραση κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας και τον σχηματισμό ανθρακικού οξέως σε συνδυασμό με το νερό, ο ασβεστόλιθος αποσθρώνεται χημικά διεδρώνοντας τις ασυνέχειες και σχηματίζοντας κενά (έγκοιλα), δολίνες. Γνωστοί καρστικοί σχηματισμοί είναι τα σπήλαια με σταλακτίτες και σταλαγμίτες. Τα καρστικά πετρώματα είναι έντονα υδατοπερατά (σε αντίθεση με τα σχιστολιθικά που είναι αδιαπέραστα), τα δε καρστικά τοπία είναι αδρά (σε αντίθεση με τα σχιστολιθικά τα οποία είναι πολυσχιδή), λίγα επιφανειακά νερά και κατά συνέπεια φτωχή βλάστηση. Διαθέτει όμως εντυπωσιακές ορεινές λίμνες που αδειάζουν από καταβόθρες και σχηματίζουν ποτάμια (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Ο Αλφειός στη διαδρομή του χαρακτηρίζεται από δύο (2) ζώνες με βάση την ταχύτητα ροής:

- Ζώνη υψηλής ροής: Χαρακτηρίζεται από ρηχά νερά με υψηλές ταχύτητες ροής τέτοιες ώστε να διατηρούν καθαρό τον πυθμένα διατηρώντας έτσι ένα σταθερό υπόβαθρο.
- Ζώνη χαμηλής ροής: Πρόκειται για βαθύτερα νερά όπου η ταχύτητα του ποταμού είναι σημαντικά μειωμένη με αποτέλεσμα τα φερτά υλικά να καθιζάνουν στον πυθμένα.

Στη ζώνη υψηλής ροής δεν υπάρχει βλάστηση ενώ στη ζώνη χαμηλής ροής υπάρχει υδροχαρής βλάστηση (καλάμια και βούρλα). Επίσης στις περιοχές εκείνες, όπου κατά τις βροχοπτώσεις και τις πλημμύρες δημιουργούνται παροδικά έλη, καθώς και στις περιοχές που δημιουργούνται κοιλότητες στάσιμων νερών και στις νησίδες εδάφους, που αναπτύσσονται στις περιοχές αυτές, ευνοείται η ανάπτυξη καλαμιών. Η παραποτάμια βλάστηση του Αλφειού, είναι σχεδόν αποκλειστικά χερσαία και αποτελεί ένα συνονθύλευμα διαπλάσεων των αείφυλλων-σκληρόφυλλων και φυλλοβόλων δρυών καθώς και φρύγανων που καλύπτουν τα διάσπαρτα διάκενα της εγκαταλελειμμένης γεωργικής γης. Τα είδη της βλάστησης, που συνυπάρχουν στην αναφερόμενη διάπλαση είναι τα φρύγανα, η αφάνα ξύλο-αφάνα, η ασφάκα και το μοσχάγκαθο. Στις περιοχές αυτές είναι εμφανής η ανθρώπινη επέμβαση όπως υλοτομία, πυρκαγιές, και υπερβολική βόσκηση. Στις όχθες του Αλφειού (σε ήρεμη ροή) καθώς και στα ρέματα, που συμβάλλουν με αυτόν συνήθως αναπτύσσεται μια αρκετά πυκνή παραποτάμια βλάστηση με επικρατέστερο είδος τον πλάτανο, στον οποίο περιεπίσσεται ο κισσός. Οι συστάδες των πλατάνων αραιώνουν κατά περιοχές και τη θέση τους καταλαμβάνουν τα υδροχαρή είδη της ιτιάς (οι οποίες απαντώνται σε θαμνώδη μορφή εξαιτίας ανθρωπογενών επεμβάσεων), η λυγαριά, η λεύκη, η αγράμπελη, ο βάτος και άλλα, ενώ η παραποτάμια δασική ζώνη περιλαμβάνει επίσης δρύες. Στις όχθες του Αλφειού και στις παρόχθιες ζώνες χαμηλής ροής φύονται και αναπτύσσονται διάφορα είδη όπως το λειμώνιο τριφύλλι, η γαλατσίδα, το κυκλάμινο, ο άγριος δυόσμος το λευκό τριφύλλι, το άγριο κριθάρι, η μελική, το σπαθόχορτο, το βούρλο, και διάφορα καλαμοειδή (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Από τις πηγές των ποταμών στα ορεινά, μέχρι την εκβολή του ποταμού Αλφειού στη θάλασσα συναντάται κυρίως η μακκία βλάστηση, η οποία αποτελείται κυρίως από ψηλούς, αείφυλλους, σκληρόφυλλους θάμνους και μικρόσωμα δέντρα. Η μακκία βλάστηση θεωρείται, από πολλούς σύγχρονους οικολόγους, ως στάδιο προοδευτικής υποβάθμισης του μεσογειακού δάσους (δάση σκληρόφυλλης δρυός), από τον άνθρωπο και τα φυτοφάγα (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Η σημερινή άγρια πανίδα, κυρίως της ομοταξίας των θηλαστικών, έχει κατά πολύ ελαττωθεί, ενώ αντίθετα αυξήθηκε γενικά ο αριθμός των κατοικίδιων ζώων καθώς και των εντόμων και τρωκτικών, που αποτελούν παράσιτα του ανθρώπου, των ζώων και των καλλιεργειών (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Η διώρυγα της Κορίνθου διέκοψε τη φυσική ανάμιξη των πληθυσμών των μεγάλων θηλαστικών της Πελοποννήσου με τους αντίστοιχους της υπόλοιπης Ελλάδας. Έτσι το άγριο κυνήγι και ο πόλεμος εξόντωσαν από τη δεκαετία του '50 τα μεγάλα

θηλαστικά. Τα τελευταία χρόνια έχει παρουσιαστεί ραγδαία μείωση στον πληθυσμό των θηραμάτων, όπως επίσης στους λαγούς και στις πέρδικες καθώς και στα σαρκοφάγα όπως τα τσακάλια, οι νυφίτσες, και τα κουνάβια με εξαίρεση την αλεπού, είδος με μεγάλη προσαρμοστικότητα που υπάρχει σε αφθονία. Σημειώνεται όμως, ότι μεγάλη ανάπτυξη παρουσιάζει και ο πληθυσμός των αγριόχοιρων κατόπιν πρωτοβουλίας των τοπικών κυνηγετικών συλλόγων. Επιπλέον στην περιοχή απαντάται ο τσαλαπετεινός, η χαλκοκουρούνα, το κερκινέζι, καθώς και λεπιδόπτερα έντομα όπως οι πεταλούδες. Οι κοινωνίες του Αλφειού στις ζώνες υψηλής και χαμηλής ροής, καθώς και στους παραποτάμους αποτελούνται από ασπόνδυλα. Στον Αλφειό συναντώνται ανάδρομα και τοπικά ανάδρομα είδη ψαριών. Ανάδρομα χαρακτηρίζονται τα είδη τα οποία για λόγους αναπαραγωγής ή διερεύνησης καλύτερων συνθηκών διαβίωσης κατευθύνονται προς τα εσωτερικά νερά μιας περιοχής αντίθετα προς το ρεύμα των ποταμών. Τα είδη αυτά διακρίνονται στα κυρίως ανάδρομα, τα οποία ξεκινούν από τη θάλασσα και ανεβαίνουν στα εσωτερικά νερά και τα τοπικά ανάδρομα, τα οποία πραγματοποιούν εσωτερικές μετακινήσεις στα ποτάμια από τις εκβολές μέχρι τις πηγές. Αυτά τα είδη της πανίδας, που αποικίζουν τα οικοσυστήματα των τρεχούμενων νερών, χαρακτηρίζονται από το υδροδυναμικό τους σχήμα, ή το πεπιεσμένο σώμα, από τους ιδιαίτερους μηχανισμούς επικόλλησης και από το θετικό τους ρεοτακτισμό (κολυμπούν αντίθετα στο ρεύμα και παραμένουν κοντά στην επιφάνεια των νερών). Η ιχθυοπανίδα του Αλφειού είναι η χαρακτηριστική των τρεχούμενων νερών στις περιοχές της νότιας Ευρώπης, αλλά φτωχή λόγω των ιδιομορφιών του ποταμού (έντονες αυξομειώσεις παροχής, πλημμυρικές παροχές κ.ά. Στις παραποτάμιες δασικές διαπλάσεις παρατηρούνται διάφορα ενδημικά ωδικά πτηνά όπως ο δρυομυγοχάφτης, το ψευταηδόνι καθώς επίσης και οι δρυοκολάπτες. Πολλά είδη θηλαστικών αντιμετωπίζουν προβλήματα επιβίωσης όπως για παράδειγμα οι κάστορες που υπήρχαν στον Αλφειό πριν από 100 χρόνια. Σημαντική απειλή για τα θηλαστικά είναι η καταστροφή των βιοτόπων που ζουν παρόλα αυτά σήμερα μπορούμε να συναντήσουμε νυφίτσες, νυκτερίδες, ασβούς, και αλεπούδες. Τα αμφίβια και ερπετά της ευρύτερης περιοχής είναι αντιπροσωπευτικά των παραποτάμιων ζωνών της Πελοποννήσου. Είδη που συναντώνται είναι η σαλαμάνδρα, ο φρύνος, ο βάτραχος, η χελώνα και διάφορα είδη σαύρας (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Λόγω του έντονου ανάγλυφου και του αποκλεισμού από τις θαλάσσιες επιρροές, το κλίμα της Αρκαδίας χαρακτηρίζεται ως ένας τύπος ορεινού κλίματος μέσα στο πλαίσιο του ηπειρωτικού μεσογειακού, δηλαδή εύκρατο με ξηρό θέρος και μέση θερμοκρασία αέρος θερμότερου μήνα μεγαλύτερη από 22°C. Έτσι αν και τα παράλια της Πελοποννήσου εντάσσονται στις θερμότερες ζώνες της χώρας, στην αρκαδική ενδοχώρα οι θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλότερες. Στην περιοχή σημειώνονται σχετικά μεγάλες εποχιακές και ημερήσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Η ελάχιστη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί την περίοδο 1995-2005 είναι -11,9°C κατά τον μήνα Φεβρουάριο και η μέγιστη 41,1°C κατά τον μήνα Ιούλιο. Ο χειμώνας εμφανίζεται σχετικά τραχύς ενώ στη θερμή περίοδο του έτους η θερμοκρασία ανεβαίνει σε υψηλά επίπεδα. Παρατηρούνται συχνά επίσης παγετοί κατά τους

χειμερινούς μήνες, αλλά και κατά τους μήνες της άνοιξης γεγονός που αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την ανάπτυξη πολλών καλλιεργειών και κυρίως δένδρων και κηπευτικών. Ο επικρατέστερος άνεμος στην περιοχή είναι ο βορειοδυτικός με συχνότητα εμφάνισης 12.3% και ταχύτητα μεταξύ 0.4-10m/s και κυρίως 0.4-4m/s. Ο άνεμος αυτός εμφανίζεται κυρίως την άνοιξη και το καλοκαίρι. Ο δεύτερος επικρατέστερος είναι ο ανατολικός και νοτιοανατολικός άνεμος, που εμφανίζεται κυρίως το χειμώνα. Σημειώνεται ότι η ταχύτητα των ανέμων είναι συνήθως 0.4-4m/s με συχνότητα περίπου 80%. Οι τιμές όμως δεν ξεπερνούν σε καμιά περίπτωση τα 3 έως 5 Beaufort, ενώ γενικά κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα, κυρίως 1 έως 2 Beaufort. Τα ποσοστά της άπνοιας κυμαίνονται από 19.2% την άνοιξη έως 26.3% το φθινόπωρο. Γενικά, ο κύριος όγκος των βροχοπτώσεων περιορίζεται στο ψυχρό εξάμηνο Οκτωβρίου-Μαρτίου, ενώ κατά τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο-Αύγουστο επικρατεί σχεδόν ανομβρία. Ο κύριος όγκος των βροχών έρχεται στη Λεκάνη με τους δυτικούς ανέμους (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

12. ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΕΗ Α.Ε.

12.1. ΛΙΓΝΙΤΗΣ

Η Ελλάδα διαθέτει σημαντικά κοιτάσματα φτωχών στερεών καυσίμων, όπως είναι ο λιγνίτης και η τύρφη. Η μέχρι σήμερα εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων έχει συμβάλει καθοριστικά στην ενεργειακή ανάπτυξη της χώρας, αφού ποσοστό της τάξεως του 60% της συνολικά παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτεται από το λιγνίτη, καθιστώντας έτσι το λιγνίτη εθνικό καύσιμο πρωταρχικής σημασίας. Ο λιγνίτης για τον Ελλαδικό χώρο είναι η πιο ανταγωνιστική πηγή ενέργειας λόγω των μεγάλων και οικονομικά εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων του (Αθανασόπουλος 2011).

Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), τα βεβαιωμένα γεωλογικά αποθέματα λιγνίτη στην Ελλάδα ανέρχονται σε 6.7 δις τόνους, εκ των οποίων οι 3.3 δις τόννοι εκτιμώνται ως εκμεταλλεύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα εναπομείναντα εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα λιγνίτη στην Ελλάδα είναι στη λεκάνη Πτολεμαΐδας-Αμύνταιου, λεκάνη Φλώρινας, λεκάνη Μεγαλόπολης, Δράμα και Ελασσόνα. Ο Ελληνικός λιγνίτης χαρακτηρίζεται ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκεται από την θερμογόνο ικανότητα, το υψηλό ποσοστό υγρασίας και την περιεκτικότητα σε θείο (Αθανασόπουλος 2011).

Τα πλεονεκτήματα του λιγνίτη είναι:

- Οικονομικότητα: Είναι γεγονός ότι το μέσο κόστος της παραγόμενης λιγνιτικής kWh είναι μικρότερο από το αντίστοιχο κόστος kWh όλων των άλλων καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο), καθιστώντας έτσι το λιγνίτη άκρως ανταγωνιστικό καύσιμο.
- Ασφάλεια ανεφοδιασμού: Στον Ελλαδικό χώρο υπάρχουν αρκετά αξιόλογα εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα των οποίων η εξόρυξη είναι επιφανειακή, άρα σχετικά εύκολη και οικονομική. Αυτό το γεγονός αποδίδει μεγάλη

οικονομική και πολιτική σημασία στον ελληνικό λιγνίτη και προσφέρει μια ενεργειακή ασφάλεια στην χώρα. Οι τιμές του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, παρουσιάζουν μεγάλη αστάθεια, χωρίς να μπορούν να προβλεφτούν. Διακρίνονται από συνεχείς ανοδικές τάσεις αφού τα μεγαλύτερα αποθέματά τους βρίσκονται συγκεντρωμένα σε χώρες που βρίσκονται με συνεχείς κοινωνικές και πολιτικές αναταραχές ακόμα και σε εμπόλεμη κατάσταση. Έτσι επηρεάζεται η τιμή τους χρόνο με τον χρόνο και αποτελεί απρόβλεπτο παράγοντα δυσκολεύοντας με αυτόν τον τρόπο τον οικονομικό σχεδιασμό κάθε χώρας, που εξαρτάται ενεργειακά από τα καύσιμα αυτά. Η εισαγωγή πετρελαίου ή φυσικού αερίου προϋποθέτει διαρροή μεγάλων συναλλαγματικών αποθεμάτων, αποδυναμώνοντας έτσι την εθνική οικονομία.

- **Εξοικονόμηση συναλλάγματος:** η χρήση του λιγνίτη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υποκαθιστά εισαγόμενα καύσιμα ή ηλεκτρική ενέργεια αξίας περίπου 1150 εκ. ευρώ/έτος. Το μέγεθος αυτό καθιστά προφανή την σημασία του λιγνίτη στην ανάπτυξη της εθνικής οικονομίας, αφού εξοικονομούνται τεράστια ποσά συναλλάγματος.
- **Εγχώριο προϊόν:** Το γεγονός ότι ο λιγνίτης αποτελεί εγχώριο προϊόν είναι εξαιρετικής σημασίας, όχι μόνο για την ασφάλεια ενεργειακού εφοδιασμού της χώρας, αλλά και για την ανάπτυξη των περιοχών γύρω από τις οποίες λαμβάνει χώρα η λιγνιτική δραστηριότητα (ορυχεία και θερμοηλεκτρικές μονάδες). Σύμφωνα με απολογιστικά οικονομικά στοιχεία, στις τοπικές κοινωνίες, γύρω από τις οποίες αναπτύσσεται η λιγνιτική δραστηριότητα αποδίδονται από τη ΔΕΗ, σε ετήσια βάση 380 εκ. ευρώ με τη μορφή μισθών, έργων και τοπικών προμηθειών. Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι στις περιοχές που λαμβάνει χώρα η λιγνιτική δραστηριότητα έχουν δημιουργηθεί θέσεις εργασίας και απασχόλησης, ενισχύοντας με τον τρόπο αυτό την περιφερειακή ανάπτυξη.
- **Ανάπτυξη βιομηχανικών περιοχών:** Ήδη από το 1997 θεσπίστηκε με νόμο το τέλος ανάπτυξης βιομηχανικών περιοχών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνιτικούς σταθμούς. Τα σημαντικά ποσά που διατίθενται από τη ΔΕΗ εφόσον αξιοποιηθούν για αναπτυξιακούς σκοπούς, αναμένεται να προωθήσουν περαιτέρω την ανάπτυξη των περιοχών στις οποίες λειτουργούν ορυχεία και λιγνιτικές μονάδες. Σε ετήσια βάση το ποσοστό αυτό ανέρχεται σε 12 εκ. ευρώ.
- **Τηλεθέρμανση:** Στην περιοχή της Πτολεμαΐδας τα λιγνιτωρυχεία και ατμοηλεκτρικοί σταθμοί διασφαλίζουν τη δυνατότητα συμπαραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού. Σε αξιόλογο ποσοστό, η θέρμανση της Πτολεμαΐδας και της Κοζάνης πραγματοποιείται με ζεστό νερό το οποίο εξασφαλίζεται από τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς της περιοχής. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η παροχή φθηνής οικιακής θέρμανσης στους κατοίκους των περιοχών. Η τηλεθέρμανση αποτελεί για τα ελληνικά

δεδομένα μία νέα πρωτοποριακή εφαρμογή που ξεκίνησε από την Πτολεμαΐδα με τη συνεργασία της ΔΕΗ (Αθανασόπουλος 2011).

Στην χώρα μας μέχρι το 1938 η εξόρυξη του λιγνίτη περιοριζόταν κυρίως σε τοπικό επίπεδο, από τους κατοίκους οι οποίοι χρησιμοποιούσαν το λιγνίτη, ως υποκατάστατο του ξύλου, για τις ανάγκες της οικιακής θέρμανσης. Αρκετά αργότερα, περί το 1950, άρχισε η γεωλογική εξερεύνηση του ελλαδικού χώρου με σκοπό την ανεύρεση κοιτασμάτων λιγνίτη. Συγκεκριμένα η πρώτη σοβαρή προσπάθεια για την εκμετάλλευση λιγνιτικών κοιτασμάτων στη χώρα μας άρχισε στο Αλιβέρι (Εύβοια) το 1873. Μια πλημμύρα το 1897 κατέστρεψε όλες τις επιφανειακές και υπόγειες εγκαταστάσεις εξόρυξης. Η εκμετάλλευση ξανάρχισε μετά τον πρώτο Παγκόσμιο πόλεμο. Το 1922 η ετήσια παραγωγή έφθασε τους 23000 τόνους και διατηρήθηκε μέχρι το 1927. Το επόμενο έτος η εκμετάλλευση σταμάτησε για οικονομικούς λόγους (Κούβελα 2009).



Σχήμα 15. Μεγαλόπολη. Εναλλαγές στρωμάτων λιγνίτη με μάργες και αργίλους, τα λεγόμενα «στείρα», αδρανή υλικά τα οποία παρεμβάλλονται ανάμεσα στα λιγνιτικά στρώματα (<http://www.tovima.gr/science/article/?aid=397941>).

Μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο η ανάγκη εξηλεκτρισμού της χώρας οδήγησε στην απόφαση κατασκευής ατμοηλεκτρικού σταθμού στο Αλιβέρι, που θα λειτουργούσε αποκλειστικά με λιγνίτη. Το 1951 η ΔΕΗ αναλαμβάνει την υπόγεια εκμετάλλευση των ορυχείων στο Αλιβέρι, και κατορθώνει να αυξήσει την ετήσια παραγωγή λιγνίτη σε 750 χιλιάδες τόνους και να τροφοδοτήσει μονάδες ισχύος 280MW. Η εξερεύνηση του ελλαδικού χώρου για εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα λιγνίτη εντείνεται τα επόμενα χρόνια και τα αποτελέσματα της αποδεικνύονται άκρως θετικά. Το 1955 συστάθηκε η εταιρία Λιγνιτωρυχεία Πτολεμαΐδας (ΛΙΠΤΟΛ), που είχε ως αντικείμενο την εξόρυξη και παραγωγή λιγνίτη από τα πλούσια κοιτάσματα στη λεκάνη της Πτολεμαΐδας (επιφανειακό λιγνιτωρυχείο) καθώς και τη χρησιμοποίησή του για την παραγωγή λιπασμάτων και ηλεκτρικής

ενέργειας. Το 1959 το 90% των μετοχών της ΛΙΠΤΟΛ περιήλθαν στη ΔΕΗ και το 1975 συγχωνεύθηκε η ΛΙΠΤΟΛ με τη ΔΕΗ. Η παραγωγή λιγνίτη που ήταν το 1959 1.3 εκ. τόνους, αυξήθηκε το 1975 σε 11.7 εκ. τόνους, το 1985 σε 27.3 εκ. τόνους και το 2004 σε 53.7 εκατομμύρια τόνους (συμπεριλαμβανομένου και του ορυχείου στη Φλώρινα) (Κούβελα 2009).

Η αλματώδης πρόοδος που πραγματοποιήθηκε στην εξόρυξη του λιγνίτη τα τελευταία 40 χρόνια ήταν ο ακρογωνιαίος λίθος για την ενεργειακή ανάπτυξη της χώρας και την δημιουργία ατμοηλεκτρικών μονάδων βάσης, οι οποίες καλύπτουν σήμερα πάνω από το 70% της συνολικής παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. Σήμερα η ΔΕΗ κατέχει σχεδόν αποκλειστικά δικαιώματα της εκμετάλλευσης του λιγνίτη και παράγει συνολικά περίπου 70 εκ. τόνους λιγνίτη σε ετήσια βάση. Η εντυπωσιακή ανάπτυξη των λιγνιτωρυχείων της ΔΕΗ επιτρέπει στη χώρα μας να κατέχει τη δεύτερη θέση στην παραγωγή λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση, την πέμπτη θέση στην Ευρώπη και την έκτη στον κόσμο. Τα εκμεταλλεύσιμα λιγνιτικά κοιτάσματα της χώρας μας (Δυτικής Μακεδονίας και Μεγαλόπολης) ανήκουν στην κατηγορία των φτωχών στερεών καυσίμων. Η ποιότητα του λιγνίτη παρουσιάζει διαφοροποιήσεις όχι μόνο από ορυχείο σε ορυχείο, αλλά και μεταξύ στρωμάτων του ίδιου ορυχείου (Σχήμα 15). Η θερμογόνος ικανότητα των ελληνικών λιγνιτών κυμαίνεται μεταξύ 4390-5440kJ/kg κοιτάσματα της Μεγαλόπολης, μεταξύ 7.536-9630kJ/kg στα κοιτάσματα της Φλώρινας, μεταξύ 5440-5860kJ/kg στα κοιτάσματα της Πτολεμαΐδας (Κυρίου Πεδίου, Νοτίου Πεδίου και Καρδιάς) και μεταξύ 4390-5440kJ/kg στα κοιτάσματα του Αμυνταίου. Χαρακτηριστικό του ελληνικού λιγνίτη αποτελεί επίσης το υψηλό ποσοστό υγρασίας (περίπου 55%) και τέφρας (περίπου 15-30%). Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι ο λιγνίτης των κοιτασμάτων της Δυτικής Μακεδονίας περιέχει χαμηλά ποσοστά θείου και υψηλά ποσοστά οξειδίων του ασβεστίου, με αποτέλεσμα να ευνοείται η φυσική αποθείωση. Σε αντίθεση ο λιγνίτης της Μεγαλόπολης παρουσιάζει υψηλά επίπεδα θείου, με αποτέλεσμα αυξημένες εκπομπές SO₂ που κατέστησαν απαραίτητη την λειτουργία μονάδας Αποθείωσης (FGD). Ωστόσο στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα τελευταία χρόνια έχει επιτευχθεί σημαντική βελτίωση στην ποιότητα των ελληνικών λιγνιτών. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην προσπάθεια ανάμιξης λιγνιτών διαφορετικών χαρακτηριστικών, που πραγματοποιήθηκε κυρίως από τα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ. Η βελτίωση στα χαρακτηριστικά του λιγνίτη είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμογόνου ικανότητας του καυσίμου, η οποία μεταφράζεται ως αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και του βαθμού απόδοσης των ατμοηλεκτρικών μονάδων (Κούβελα 2009).

Τα στερεά καύσιμα, ως εκ τούτου και ο λιγνίτης, κατά την καύση τους παρουσιάζουν εκπομπές ιπτάμενης τέφρας, SO₂ και NO_x. Οι παράγοντες που επηρεάζουν αυτές τις εκπομπές είναι η σύσταση του καυσίμου, η θερμοκρασία της καύσης, η διάταξη των καυστήρων εντός της εστίας κ.λπ. Για την προστασία λοιπόν του περιβάλλοντος, την αντιμετώπιση των επερχόμενων κλιματικών αλλαγών και την αιεφόρο ανάπτυξη η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει λάβει σειρά περιοριστικών μέτρων, ενώ η υιοθέτηση των αποφάσεων της διάσκεψης του Κιότο (1997), για περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου και ειδικά του CO₂, αυξάνει τους περιοριστικούς παράγοντες στη

χρήση των στερεών καυσίμων και θέτει νέες τάσεις στην παγκόσμια αγορά ενέργειας. Όσον αφορά την Ελλάδα πρωτεύοντα ρόλο στην εκπομπή ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου διαδραματίζει ο τομέας της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οποίος κατέχει ποσοστό 50% των συνολικών εκπομπών CO₂ σε εθνικό επίπεδο για το έτος 2000 (Κούβελα 2009).

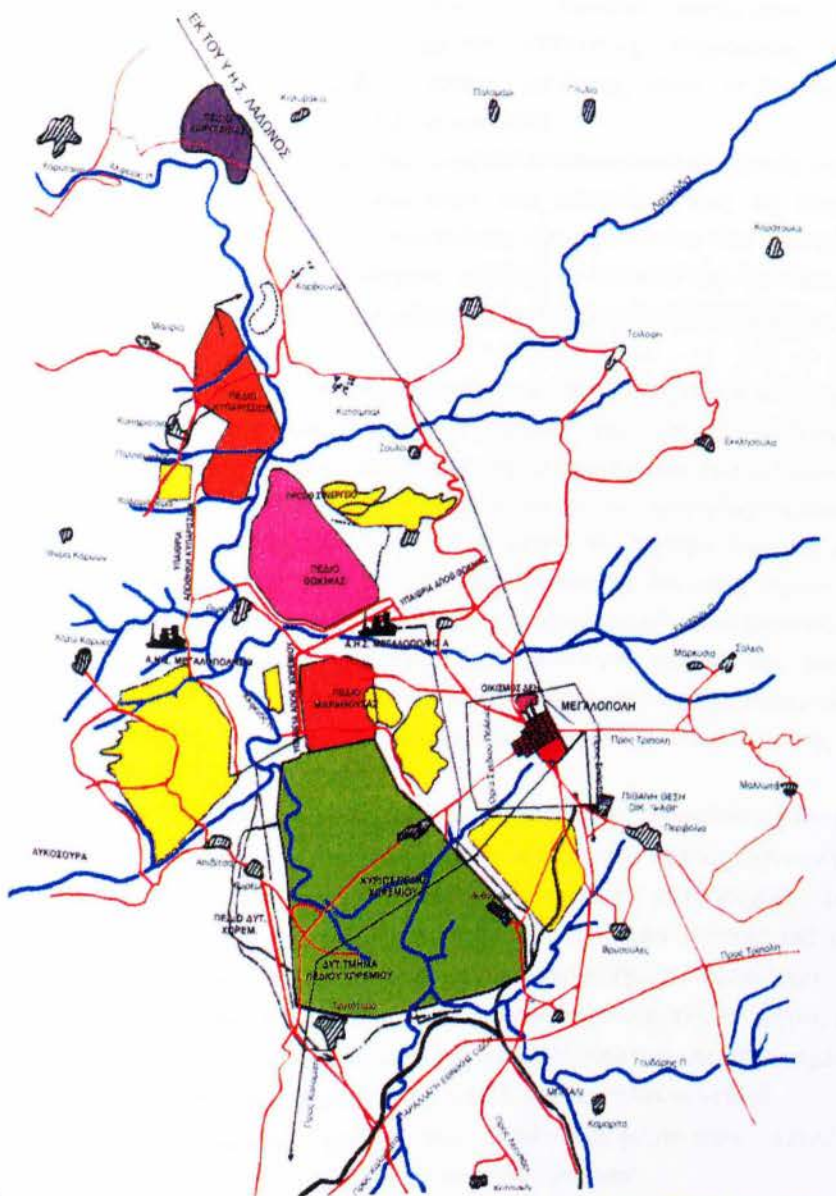
Συγκεκριμένα, το πρωτόκολλο προβλέπει για την Ευρωπαϊκή Ένωση μείωση των συνολικών εκπομπών έξι αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 2008 -2012 κατά 8%, σε σχέση με τις εκπομπές του 1990 που θεωρείται έτος βάσης. Ωστόσο, ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων ανάμεσα στα κράτη-μέλη παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις ανάλογα με την πρόβλεψη για αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος και της ζήτησης. Όπως φαίνεται, στην Ελλάδα έχει επιτραπεί η αύξηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου έως 25% μέχρι το 2012 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Η μη τήρηση των στόχων θα έχει συνέπειες για τη χώρα μας, αφού σε μια τέτοια περίπτωση προβλέπονται αυστηρά οικονομικά πρόστιμα. Αναφορικά με τις εκπομπές SO₂, NO_x και σωματιδίων ιπτάμενης τέφρας, οι οποίες οφείλονται στην καύση του λιγνίτη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι ελληνικές λιγνιτικές μονάδες τηρούν τις προδιαγραφές της ευρωπαϊκής κοινοτικής οδηγίας (LCPD Large COMBUSTION Directive, 86/609/EEC). Για την μείωση των εκπομπών SO₂, οι οποίες εμφανίζονται αυξημένες στην περιοχή της Μεγαλόπολης, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας του τοπικού λιγνίτη σε θείο, οι περισσότερες υφιστάμενες λιγνιτικές μονάδες καθώς και όλες οι καινούριες, έχουν υιοθετήσει μονάδες αποθείωσης με στόχο τη μείωση των εκπομπών SO₂ έως και 95%. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο λιγνίτης της Δυτικής Μακεδονίας εμφανίζει υψηλά ποσοστά ασβεστούχων ενώσεων, με αποτέλεσμα να ενισχύεται η φυσική αποθείωση. Όσον αφορά τις εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων τέφρας, η χρήση ηλεκτροστατικών φίλτρων υψηλού βαθμού απόδοσης, στις περισσότερες ελληνικές λιγνιτικές μονάδες συμβάλλει θεαματικά στην μείωση των εκπομπών ιπτάμενων σωματιδίων (Κούβελα 2009).

12.2. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΑΡΚΟ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ

Στην περιοχή της Μεγαλόπολης η ΔΕΗ σήμερα λειτουργεί δύο ατμοηλεκτρικούς σταθμούς (ΑΗΣ) με την επωνυμία «ΑΗΣ Μεγαλόπολης».

Ο ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α' (Σχήμα 16) είναι ένας λιγνιτικός Σταθμός Παραγωγής Ηλεκτρικής ενέργειας, εγκατεστημένος βορειοδυτικά της Πόλης Μεγαλόπολη και σε απόσταση 3km από το κέντρο, με εγκατεστημένη μεικτή ισχύ 850MW και αποτελείται από τρεις λιγνιτικές μονάδες:

- Μονάδα I με ηλεκτρική παραγόμενη μεικτή ισχύ 125MW που ήταν σε λειτουργία από το 1969 έως το 2010 οπότε τέθηκε οριστικά εκτός λειτουργίας.
- Μονάδα II με ηλεκτρική παραγόμενη μεικτή ισχύ 125MW, που ήταν σε λειτουργία από το 1971 έως το 2011 οπότε τέθηκε εκτός λειτουργίας.
- Μονάδα III με ηλεκτρική παραγόμενη μεικτή ισχύ 330MW, που είναι σε λειτουργία από το 1975.



Σχήμα 16. Το λιγνιτικό κέντρο Μεγαλόπολης (<http://www.dei.gr/Default.aspx?id=900&nt=18&lang>).

Ο ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β' (Σχήμα 16) είναι ένας σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, βρίσκεται περίπου 3.6km δυτικότερα του πρώτου με εγκατεστημένη μεικτή ισχύ 300MW στην παρούσα φάση και μελλοντικά μεικτή ισχύ 1133MW. Συγκεκριμένα αποτελείται από τις εξής Μονάδες:

- Τη λιγνιτική Μονάδα IV με ηλεκτρική παραγόμενη μεικτή ισχύ 300MW που είναι σε λειτουργία από το 1991.
- Την υπό ανέγερση Μονάδα V συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, με ηλεκτρική παραγόμενη μεικτή ισχύ 833MW.

Η υπό ανέγερση Μονάδα V είναι μονάδα συνδυασμένου κύκλου με καύσιμο φυσικό αέριο, καθαρής ισχύος 811MW. Η Μονάδα αποτελείται από δύο (2) αεριοτροβίλους, δύο (2) λέβητες ανάκτησης θερμότητας και έναν (1) ατμοστρόβιλο. Ο εγγυημένος βαθμός απόδοσης είναι 56.9% και η εμπορική λειτουργία αναμένεται τον Απρίλιο του 2014.

Η κατασκευή της νέας Μονάδας συμβάλλει αποφασιστικά αφενός στην έλευση του φυσικού αερίου στην Πελοπόννησο και ειδικότερα έως τη Μεγαλόπολη και αφετέρου στην ενίσχυση της ευστάθειας και αξιοπιστίας του Νοτίου Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας μέσω της κατασκευής Δικτύου 400kV στην Πελοπόννησο (<http://www.ethnos.gr/entheta.asp?catid=23514&subid=2&pubid=63789548>).

Όλες οι άλλες Μονάδες χρησιμοποιούν ως κύριο καύσιμο τοπικό λιγνίτη, ο οποίος χαρακτηρίζεται από υψηλό ποσοστό υγρασίας και τέφρας και ιδιαίτερα χαμηλή θερμογόνο δύναμη. Επίσης, πετρέλαιο ντήζελ χρησιμοποιείται ως καύσιμο έναυσης των Μονάδων καθώς και για τη συντήρηση της φλόγας στο φλογοθάλαμο, όταν αυτό απαιτείται. Η Μονάδα III έχει τη δυνατότητα να παρέχει θερμική ενέργεια στο δίκτυο τηλεθέρμανσης της Μεγαλόπολης, συνολικής θερμικής ισχύος 20MW_{th}. Οι Μονάδες λειτουργούν όλο το 24ωρο σε συνθήκες μεταβλητού φορτίου ανάλογα με τη ζήτηση. Η συνολική μεικτή ετήσια ηλεκτροπαραγωγή και των τεσσάρων Μονάδων, κατά το 2006 ήταν 5164.748MW_{th} και η αντίστοιχη κατανάλωση λιγνίτη ήταν 13884.30t. Οι κύριες εγκαταστάσεις των ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α' και Β' περιλαμβάνουν:

- Συστήματα παραλαβής, πρόθραυσης και τροφοδοσίας λιγνίτη.
- Κύριες εγκαταστάσεις των Μονάδων που περιλαμβάνουν τους λέβητες ατμοποίησης, τις στροβιλογεννήτριες, τις καπνοδόχους, τους Πύργους Ψύξης, τα κυκλώματα νερού-ατμού, αέρα καύσης και καυσαερίων, καθώς και όλο τον αναγκαίο ηλεκτρομηχανικό εξοπλισμό.
- Συστήματα συλλογής και αποκομιδής ιπτάμενης και υγρής τέφρας.
- Εγκαταστάσεις παραγωγής αποσκληρωμένου και απιονισμένου νερού.
- Δεξαμενές αποθήκευσης νερού και πετρελαίου ντήζελ.
- Συστήματα κατεργασίας υγρών βιομηχανικών αποβλήτων και βιολογικού καθαρισμού αστικών λυμάτων.
- Σύστημα παραγωγής υδρογόνου για τη συμπλήρωση απωλειών από τους στάτες των γεννητριών των Μονάδων.
- Συγκρότημα αποθείωσης καυσαερίων (για τις Μονάδες IV και III).
- Βοηθητικές εγκαταστάσεις όπως μηχανουργείο, ηλεκτρολογείο, ξυλουργείο, συνεργείο οχημάτων, αποθήκες, διοικητήριο, τις εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης προσωπικού κ.λπ.

Οι Μονάδες I και II, ισχύος 125MW_e έκαστη, αποτελούν τις παλαιότερες Μονάδες του ΑΗΣ Μεγαλόπολης (έτος έναρξης 1970). Μετά τη διεξοδική εξέταση της υπολειπόμενης διάρκειας ζωής τους, των διαθέσιμων τοπικών αποθεμάτων λιγνίτη και των απαιτήσεων της κοινοτικής και εθνικής περιβαλλοντικής νομοθεσίας, οι Μονάδες αυτές εντάχθηκαν σε καθεστώς περιορισμένης λειτουργίας, σύμφωνα με

την Οδηγία 2001/80/ΕΚ (η οποία ενσωματώθηκε στην εθνική νομοθεσία με την ΚΥΑ 29457/1511/2005). Αυτό σημαίνει ότι από την 01.01.2008 έως την 31.12.2015 το αργότερο, οι Μονάδες αυτές δεν επιτρέπεται να λειτουργήσουν περισσότερο από 20.000 ώρες. Με βάση τις εκτιμήσεις των αναγκών του Συστήματος στην νότια Ελλάδα, προβλέπονταν ότι οι εν λόγω Μονάδες θα εξαντλήσουν τις επιτρεπόμενες 20000 ώρες λειτουργίας τους μέχρι το τέλος του έτους 2010 το αργότερο. Τέλος, προωθείται η κατασκευή διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος στη θέση «Μεγάλες Λάκκες», στο χώρο εξωτερικής απόθεσης του ορυχείου Χωρεμίου (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

12.3. ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Ο βασικός υπεδάφιος πόρος του Ν. Αρκαδίας είναι ο τοπικός λιγνίτης, που εξορύσσεται στην περιοχή της Μεγαλόπολης. Η εκμετάλλευση του λιγνίτη γίνεται από τη ΔΕΗ ΑΕ για τη λειτουργία των θερμοηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ενέργειας. Η εξόρυξη αυτή έχει σαν αποτέλεσμα τη μετακίνηση αρκετών οικισμών και σημαντικές αλλαγές στο περιβάλλον. Στην Πελοπόννησο, στο Ν. Αρκαδίας έχει δημιουργηθεί το Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης (Σχήμα 16). Σήμερα λειτουργούν εκεί τα Ορυχεία Χωρεμίου, Μαραθούσας και Κυπαρισσιών. Στη λεκάνη της Μεγαλόπολης η λιγνιτογένεση έγινε όπως και στη Δυτική Μακεδονία. Η ανάπτυξη πλούσιας βλάστησης έγινε σε τέλματα ή αβαθείς λίμνες στις θερμές περιόδους του Πλειστόκαινου, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα τον ασυνεχή σχηματισμό λιγνιτικών στρωμάτων, που καλυπτόταν από φερτά γαιώδη υλικά του ποταμού Αλφειού. Συνολικά δημιουργήθηκαν τρεις λιγνιτικοί ορίζοντες με ιζήματα μεταξύ τους. Στη λεκάνη διακρίνονται τρία λιγνιτικά κοιτάσματα, πιθανόν λόγω της ύπαρξης τριών ανεξάρτητων λιμνών, με διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά. Τα κοιτάσματα αυτά είναι: Χωρέμι - Μαραθούσα (ολικό βάθος 140m), Θωκνία - Κυπαρίσσια (ολικό βάθος 20-100m) και Καρύταινας (ολικό βάθος 45m). Το πάχος των λιγνιτικών στρωμάτων κυμαίνεται από λίγα εκατοστά έως 5m. Στο Λιγνιτωρυχείο υπάρχουν σήμερα 10 καδοφόροι εκσκαφείς, 6 αποθέτες αγόνων, 3 αποθέτες λιγνίτη, 43km ταινιόδρομοι (με πλάτος 1.2-1.6m) και περίπου 330 ντηξελοκίνητα μηχανήματα. Η μέση θερμογόνο δύναμη του λιγνίτη ανέρχεται σε 1.000kcal/kg. Το 2008 η παραγωγή λιγνίτη ανήλθε σε 13207 εκ. τόνους. Το Λιγνιτωρυχείο τροφοδοτεί με λιγνίτη τον ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α με εγκατεστημένη ισχύ 550MW (2 μονάδες των 125MW και 1 μονάδα 300MW) και τον ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β ισχύος 300 MW. Στο Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης απασχολούνται σήμερα περίπου 1000 άτομα (<http://www.dei.gr/Default.aspx?id=900&nt=18&lang>).

Το λιγνιτικό κοιτάσμα Μεγαλόπολης μελετήθηκε επιστημονικά για πρώτη φορά το 1957 και τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά. Το 1969 άρχισε από τη ΔΕΗ η **εκμετάλλευση του λιγνίτη στο Λιγνιτωρυχείο Θωκνίας**, το οποίο ξεκίνησε με μια ετήσια παραγωγή 4 εκ. τόνων λιγνίτη. Σήμερα το κοιτάσμα έχει εξαντληθεί, αφού απέδωσε 69 εκ. τόνους. Στην ευρύτερη περιοχή της Μεγαλόπολης βρίσκονται σε εκμετάλλευση τρία λιγνιτικά κοιτάσματα. Πρόκειται για τα λιγνιτικά κοιτάσματα Χωρεμίου, Μαραθούσας και Κυπαρισσιών, τα οποία τροφοδοτούν με ετήσια παραγωγή 10 εκ. τόνους δύο Ατμοηλεκτρικούς σταθμούς.

Το λιγνιτωρυχείο Χωρεμίου αναπτύσσεται προς τα νότια όρια της λιγνιτοφόρου λεκάνης, όπου συναντά τον ποταμό Αλφειό. Έχει 7 εγκατεστημένους εκσκαφείς με οκτώ τομές εκμετάλλευσης. Από τα αρχικά αποθέματα των 298 εκατ. τόνων λιγνίτη έχουν απομείνει 138 εκατ. τόνοι.

Το λιγνιτωρυχείο Μαραθούσας βρίσκεται στο κέντρο της λιγνιτοφόρου λεκάνης. Οι εργασίες ξεκίνησαν το 1991 και έχουν αναπτυχθεί 5 τομές εκμετάλλευσης. Το κοιτάσμα αποτελεί συνέχεια του πεδίου Χωρεμίου και τα δύο ορυχεία έχουν πλέον συνδεθεί. Η ετήσια παραγωγική δυναμικότητά του ανέρχεται σε 1.5 εκατ. τόνους λιγνίτη και τα αρχικά αποθέματα των 33 εκ. τόνων προβλέπεται να εξαντληθούν έως το τέλος του 2014.

Το λιγνιτωρυχείο Κυπαρισσίων οριοθετείται στο βόρειο τμήμα της λιγνιτοφόρου λεκάνης και οι εργασίες ξεκίνησαν το 1990. Έχουν αναπτυχθεί 2 τομές εκμετάλλευσης και όλα τα άγονα υλικά οδηγούνται πλέον σε εσωτερική απόθεση. Τα αρχικά αποθέματα των 51 εκατ. τόνων θα εξαντληθούν έως το τέλος του 2013 (<http://www.ethnos.gr/entheta.asp?catid=23514&subid=2&pubid=63789548>). Είναι η πρώτη φορά τόσο φτωχός λιγνίτης εξορύσσεται και χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το λιγνιτωρυχείο της Μεγαλόπολης ξεκίνησε με ετήσια παραγωγή 1 εκατ. τόνους και έφθασε το 2005 τους 13.5 εκατ. τόνους (<http://www.dei.gr/Default.aspx?id=896&nt=18>).

Η εκμετάλλευση του λιγνίτη γίνεται από τη ΔΕΗ Α.Ε. για την λειτουργία των θερμοηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ενέργειας, η εξόρυξη αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη μετακίνηση αρκετών οικισμών και σημαντικές αλλαγές στο περιβάλλον.

Οι δραστηριότητες της ΔΕΗ Α.Ε. στον τομέα αυτό περιλαμβάνουν: προσδιορισμό των μεθόδων εκμετάλλευσης, διαδικασία εξόρυξης, αποθήκευση λιγνίτη, αποθέσεις αγόνων, εξοπλισμό ορυχείων, και κτιριακές εγκαταστάσεις. Ειδικότερα το λιγνιτικό κέντρο Μεγαλόπολης (ΛΚΜ) περιλαμβάνει:

- Ηλεκτροκίνητο μεταλλευτικό εξοπλισμό (εκσκαφείς, ταινιόδρομοι, αποθέτες κλπ) και εξοπλισμό υποστήριξης (φορτωτές, μπουλντόζες κ.λπ.).
- Κτιριακές εγκαταστάσεις ορυχείων (κτίρια γραφείων, συνεργεία, ράμπες, δεξαμενές νερού και καυσίμων, ελαιοδιαχωριστήρες, αποθήκες, και βιολογικός καθαρισμός).
- Κεντρικές εγκαταστάσεις (κτίρια γραφείων Διοίκησης και Κεντρικών Υπηρεσιών Υποστήριξης, όπως τομέας προστασίας περιβάλλοντος και αποκατάστασης εδαφών, τομέας τοπογραφικού και απαλλοτριώσεων, ιατρείο.

Στην ευρύτερη περιοχή υπάρχει ένα ιδιωτικό λατομείο αδρανών υλικών, κοντά στα Παραδείσια. Πριν τη λειτουργία του λατομείου αυτού οι ενδιαφερόμενοι προμηθεύονταν αδρανή υλικά (κυρίως αμμοχάλικο) από τους ποταμούς Ελισσόνα και Αλφειό, ενώ θραυστό υλικό προμηθεύονταν από τα λατομεία στην Τρίπολη και στην Καλαμάτα. Παλαιότερα υπήρχε ένα λατομείο στο Λεοντάρι που σήμερα δεν λειτουργεί (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

12.4. ΕΡΓΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΩΝ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ.

• Μονάδες I και II.

Οι Μονάδες I και II είχαν ενταχθεί σε καθεστώς «περιορισμένης λειτουργίας», σύμφωνα με την Οδηγία 2001/80/ΕΚ από την 01.01.2008. Για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς των Μονάδων I-II κατά το

διάστημα λειτουργίας τους η Επιχείρηση υλοποίησε εκτεταμένες εργασίες αναβάθμισης, συντήρησης και βελτίωσης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού οι οποίες περιλάμβαναν μεταξύ άλλων και εκτεταμένες εργασίες συντήρησης και βελτίωσης των Ηλεκτροστατικών Φίλτρων λιγνίτη και τέφρας.

• **Μονάδα III**

1. Κατασκευή συστήματος αποθείωσης καυσαερίων το οποίο έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να καλύπτει τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις που ορίζουν οι παρακάτω Οδηγίες 1996/61/ΕΚ και 2001/80/ΕΚ. Το σύστημα αποθείωσης καυσαερίων έχει υλοποιηθεί με τη μέθοδο «υγρής αποθείωσης εξαναγκασμένης οξειδωσης μονού βρόγχου με χρήση ασβεστόλιθου και πύργου απορρόφησης τύπου ψεκασμού από χάλυβα υψηλής κραμάτωσης και απαγωγή καυσαερίων προς την ατμόσφαιρα μέσω του πύργου ψύξεως» και έχει σχεδιαστεί με ελάχιστο βαθμό αποθείωσης 98%.
2. Κατασκευή συστήματος κατεργασίας υγρών βιομηχανικών αποβλήτων.
3. Κατασκευή νέων ηλεκτροστατικών φίλτρων λιγνίτη.
4. Κατασκευή νέων ηλεκτροστατικών φίλτρων τέφρας.
5. Κατασκευή συστήματος μεταφοράς υγρής-ιττάμενης τέφρας με σύστημα κλειστών ταινιόδρομων.
6. Αναβάθμιση πύργου ψύξεως.

• **Μονάδα IV**

1. Εγκατάσταση συστήματος αποθείωσης καυσαερίων, το οποίο έχει σχεδιαστεί και τεθεί σε λειτουργία το 1999, (είναι η πρώτη εγκατάσταση αποθείωσης καυσαερίων στην Ελλάδα), έτσι ώστε να καλύπτει τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις των παρακάτω Οδηγιών 1996/61/ΕΚ και 2001/80/ΕΚ και έχει υλοποιηθεί με την ίδια μέθοδο που έχει υλοποιηθεί εκείνο της Μονάδας III (<http://www.ethnos.gr/entheta.asp?catid=23514&subid=2&pubid=63789548>).

12.5. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ

Οι δράσεις της Επιχείρησης για τη μείωση των εκπομπών συμβατικών ρύπων στο ενεργειακό πάρκο της Μεγαλόπολης συνεχίζονται, έτσι ώστε μέχρι το 2015 να μειωθούν και οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου στις λιγνιτικές μονάδες, συμβάλλοντας στην προσπάθεια της χώρας για την επίτευξη των στόχων που απορρέουν από διεθνείς Συμβάσεις και Πρωτόκολλα.

Η πολύχρονη εκμετάλλευση του λιγνίτη επέφερε μια σειρά επιπτώσεων στο ευρύτερο περιβάλλον, όπως:

- Δέσμευση μεγάλων εκτάσεων γης για μεγάλα χρονικά διαστήματα
- Αλλοίωση της μορφολογίας του εδάφους. Διατάραξη της χλωρίδας και πανίδας
- Μετακινήσεις οικισμών, καθώς και συγκοινωνιακού δικτύου.
- Συσσώρευση σκόνης από τις μεταφορές αγόνων υλικών και τέφρας.



Σχήμα 17. ΑΗΣ Μεγαλόπολης (<http://www.ethnos.gr/enttheta.asp?catid=23514&subid=2&pubid=63789548>).

Για τη Γενική Διεύθυνση Ορυχείων, η αντιμετώπιση των ανωτέρω, καθώς και η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών ενοχλήσεων στην ευρύτερη περιοχή, αποτελούσε πάντα θέμα πρωταρχικής σημασίας δεδομένης της οικολογικής, κοινωνικής και οικονομικής διάστασής του. Στο πλαίσιο αυτό, η ΔΕΗ διέθεσε και συνεχίζει να διαθέτει τεράστια κονδύλια για μέτρα προστασίας και αποκατάστασης του περιβάλλοντος, έργα κοινής ωφέλειας και κοινωνικής ανταπόδοσης. Για την περιβαλλοντική αποκατάσταση των εκτάσεων, που θίγονται από τη λειτουργία των Ορυχείων έχει αναπτυχθεί από την επιχείρηση μια σειρά δράσεων και πολιτικών με κύριο στόχο την διαμόρφωση ανάγλυφου που να προσιδιάζει με το αρχικό φυσικό τοπίο, προκειμένου να επιτευχθεί το μέγιστο θετικό αποτέλεσμα. Έτσι οι εκτάσεις όπου ολοκληρώνεται η εκμετάλλευση του λιγνίτη, καθώς και οι αποθέσεις αγόνων υλικών αποκαθίστανται άμεσα. Μέχρι σήμερα έχουν αποκατασταθεί ήδη 7030 στρέμματα, εκ των οποίων πάνω από 4300 έχουν αναδασωθεί. Φυτεύτηκαν πάνω από 8 εκατομμύρια δέντρα. Περίπου 2300 στρέμματα έχουν διαμορφωθεί σε γεωργικές εκτάσεις, 1700 στρέμματα σε χώρους ειδικών χρήσεων στην τοπική Αυτοδιοίκηση και 2000 στρέμματα για κατασκευή Φ/Β πάρκου.

Πέρα από τη συμβατική αποκατάσταση των εδαφών στο Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης έχουν εφαρμοστεί και τεχνικές «εναλλακτικής» αποκατάστασης όπως:

- Πάρκο αναψυχής (άσος, παιδική χαρά, γήπεδα), όπου πραγματοποιούνται εκδηλώσεις σε συνεργασία και με τον Δήμο Μεγαλόπολης.
- Τεχνητοί υδροβιότοποι με τη διαμόρφωση τεχνητών λιμνών, από τις οποίες μερικές έχουν εμπλουτισθεί με ψάρια.
- Πίστα moto cross, στην οποία πραγματοποιούνται δύο αγώνες Πανελληνίου πρωταθλήματος κάθε χρόνο και έχει φιλοξενήσει αγώνες παγκοσμίου και πανευρωπαϊκού πρωταθλήματος. Η πίστα έχει χαρακτηριστεί από διεθνούς κύρους παράγοντες του αθλήματος ως πρότυπη και έχει γίνει ευρέως γνωστή από την τηλεοπτική κάλυψη των αγώνων.

- Αεροδιάδρομος, που αποτελεί αγαπημένο χώρο συνάντησης και άσκησης των αερομοντελιστών των γύρω περιοχών.
- Εκτροφείο μικρών πτηνών και ζώων, τα οποία όταν μεγαλώσουν απελευθερώνονται από μαθητές σχολείων της περιοχής. Τις εγκαταστάσεις αυτές επισκέπτονται κάθε χρόνο δεκάδες εκπαιδευτικά ιδρύματα και σύλλογοι.

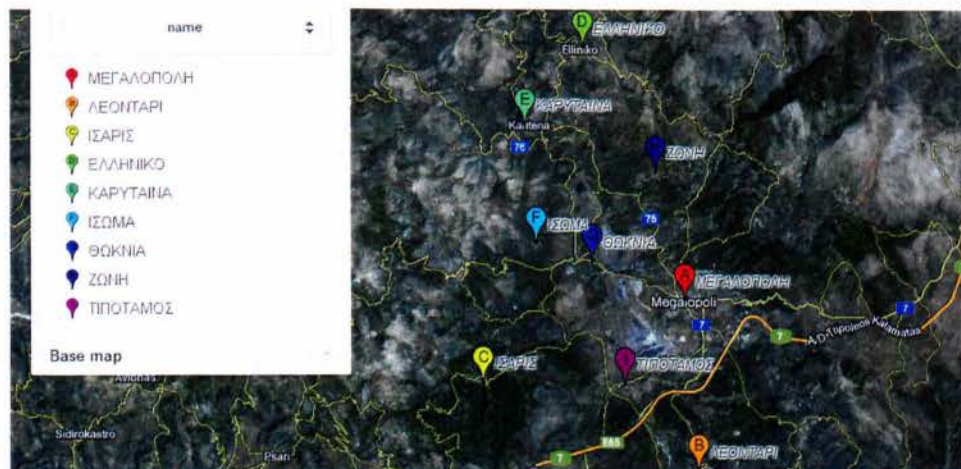
Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί η καθιέρωση του τοπικού πόρου ανάπτυξης που παρέχεται κάθε χρόνο στην περιφέρεια προκειμένου να πραγματοποιηθούν αναπτυξιακά έργα και περιβαλλοντικές επεμβάσεις (<http://www.ethnos.gr/entheta.asp?catid=23514&subid=2&pubid=63789548>).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

13. ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΥΠΩΝ ΑΗ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ

13.1. Οι εγκατεστημένοι Σταθμοί μέτρησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Μερικά λόγια για τις περιοχές που είναι εγκατεστημένοι οι Σταθμοί μέτρησης της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή του ΑΗΣ της Μεγαλόπολης



Σχήμα 1.1. Χάρτης με τις θέσεις των σταθμών καταγραφής της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή της Μεγαλόπολης (https://mapsengine.google.com/map/edit?gmp=mpp&pli=1&mid=zxsKhMO-i174.kt_cbo2p705A).

Πίνακας 2.1. Οι χρησιμοποιούμενοι σταθμοί καταγραφής της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή της Μεγαλόπολης (http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3708/3/dimitrakopoulous_lignitemine.pdf, <http://climveget1.blogspot.gr/2011/04/2011-012011.html>).

Σταθμός	Γεωγρ. Πλάτος (°)	Γεωγρ. Μήκος (°)	Υψόμετρο (m a.m.s.l)
ΛΕΟΝΤΑΡΙ	22° 23'	37° 32'	550
ΙΣΑΡΗ	22° 01'	37° 36'	810
ΚΑΡΥΤΑΙΝΑ	22° 04'	37° 48'	500
ΖΩΝΗ	22° 07'	37° 28'	510
ΑΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ	22° 08'	37° 23'	430
ΕΛΛΗΝΙΚΟ	22° 07'	37° 31'	680

13.1.1. Καρύταινα

Η Καρύταινα είναι ένα από τα πιο γραφικά και ιστορικά χωριά της Αρκαδίας, απέχει 54km από Τρίπολη και 20km από Μεγαλόπολη. Είναι μια εντυπωσιακή και επιβλητική πέτρινη πολιτεία και έχει χαρακτηριστεί διατηρητέος οικισμός. Έχει θαυμάσια δώροφα πέτρινα σπίτια, πολλά των μέσων του 19^{ου} αιώνα, παλαιές

βυζαντινές εκκλησίες, πλακόστρωτα δρομάκια και καλντερίμια. Η Καρύταινα ήκμασε κατά την περίοδο της Φραγκοκρατίας. Το Φράγκικο κάστρο της, στα νότια του χωριού, χτισμένο στην κορυφή απόκρημνου βράχου, υπήρξε ένα από τα πιο αξιόλογα φρούρια της Πελοποννήσου, τόσο κατά την περίοδο της Φραγκοκρατίας, όσο και κατά την Τουρκοκρατία και την επανάσταση του '21. Το κάστρο, χτισμένο πάνω στα ερείπια της αρχαίας πόλης Βρένθης και μιας βυζαντινής εκκλησίας, χτίστηκε στα μέσα του 13^{ου} αιώνα από το Γάλλο ηγεμόνα Γοδεφρείδο ντε Βριγιέρ και χρησίμευσε σαν έδρα του. Αποκαλούνταν μάλιστα «Τολέδο της Ελλάδος». Το 1320 την κατέλαβαν με δωροδοκία οι Παλαιολόγοι, ενώ από τα μέσα του 15^{ου} αιώνα περιήλθε στα χέρια των Τούρκων. Στα χρόνια της Τουρκοκρατίας η Καρύταινα αναδείχθηκε σε σημαντικό εμπορικό και διοικητικό κέντρο. Κατά την επανάσταση του 21 διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην περιοχή. Από τις αρχές της μάλιστα, στο κάστρο της εγκαταστάθηκε ο Θ. Κολοκοτρώνης, ο οποίος το οχύρωσε και το χρησιμοποίησε σαν ορμητήριό του.

Μισογκρεμισμένο σήμερα, το κάστρο της Καρύταινας συνεχίζει να διατηρεί τη παλιά του γοητεία. Το εξωτερικό μέρος του διατηρείται σήμερα σε αρκετά καλή κατάσταση, σε αντίθεση με το εσωτερικό του που είναι ερειπωμένο. Στην Καρύταινα σώζονται κατοικίες του 15^{ου} αιώνα ως δείγμα των σπιτιών του βυζαντινού οικισμού καθώς και εκκλησίες του 14^{ου} όπως η Ζωοδόχος Πηγή και η εκκλησία του Αγίου Νικολάου του 17^{ου} αιώνα με ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες τοιχογραφίες. Στη νότια πλευρά του λόφου, στην κορυφή, βρίσκεται η Παναγιά στο Κάστρο ή «εκκλησιά του Κολοκοτρώνη» με αξιόλογα μαρμάρινα κιονόκρανα, διακοσμημένα σύμφωνα με τη βυζαντινή παράδοση. Στην είσοδο και στην έξοδο του χωριού, υπάρχουν θολωτές πετρόκτιστες βρύσες. Κοντά στο χωριό περνά ο ποταμός Αλφειός. Εκεί, στη διασταύρωση του δρόμου από τη Μεγαλόπολη και κάτω από τη σύγχρονη γέφυρα, υπάρχει μια υπέροχη μνημειακή κατασκευή, ένα παλιό πεντάτοξο γεφύρι μήκους 50m. που παρουσιάζει φράγκικα στοιχεία, και δίπλα του μια δίκοχη μικρή βυζαντινή εκκλησία, στη δυτική πλευρά του, αφιερωμένη στη Γέννηση της Θεοτόκου. Το γεφύρι βρίσκεται στο δρόμο που συνδέει το κάστρο της Καρύταινας με τη Μεσσηνία κατά το μεσαίωνα. Χτίστηκε από τους Φράγκους τον 13^ο αιώνα.

Η Καρύταινα περιτριγυρίζεται από παρθένα φύση και άγρια ζωή. Κεντρική θέση κατέχει το εντυπωσιακό φαράγγι που δημιουργεί ο ποταμός Αλφειός, καθώς και ο ποταμός Λούσιος που συμβάλλει σ' αυτόν κοντά στο χωριό. Εντυπωσιακό είναι το παλιό πέτρινο γεφύρι του Ατσιχόλου στον Λούσιο, κοντά στο σημείο συμβολής με τον Αλφειό όπου οργανώνονται από εταιρίες εναλλακτικού τουρισμού δραστηριότητες rafting και καγιάκ που συγκεντρώνουν πολλούς λάτρεις του σπορ. Η διαδρομή για το rafting, ξεκινά από τη γέφυρα Ατσιχόλου Καρύταινας (Λούσιος) και αφού διασχίσει το καταπράσινο φαράγγι, καταλήγει στο γεφύρι του Κούκου στον Αλφειό (7km). Μια δεύτερη διαδρομή, ξεκινά από την ίδια γέφυρα και καταλήγει στο Μάτεση της Ηλείας (14km). Οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις είναι ελάχιστες, τώρα, τα πιο παλιά χωράφια πολιορκούνται ήδη στενά από πυκνή βλάστηση από πουρνάρια, σφεντάμια, φυλίκια, γαύρους και κουτσουπιές. Χαρακτηριστική νότα στην περιοχή προσδίδει ένα εντυπωσιακό είδος πουλιών, οι βραχοσομπανάκοι, μικρά πουλιά που είναι στενά συνδεδεμένα με τα βράχια. Στην περιοχή της Καρύταινας λειτουργούσαν παλαιότερα δεκατέσσερις υδρόμυλοι και μια νεροτριβή. Από τις εγκαταστάσεις αυτές σώζονται δύο με τρία κτίσματα και αυτά σε όχι καλή κατάσταση. Ελάχιστες γυναίκες στην Καρύταινα ασχολούνται ακόμα με υφαντά, εργόχειρα και άλλα είδη παραδοσιακής τέχνης. Ο σύλλογος διατηρεί στο χωριό κατάστημα, για την πώληση των ειδών του. Ο δρόμος από την Μεγαλόπολη οδηγεί στην Ανδρίτσαινα από εκεί στο αρχαίο ιερό του Επικούρειου Απόλλωνα. Κοντά στην Καρύταινα υπάρχουν άλλοι

παραδοσιακοί οικισμοί όπως το Ελληνικό και η Στεμνίτσα, αρχαιολογικοί χώροι όπως η Αρχαία Γόρτυνα, το φαράγγι του Λούσιου, και η μονή Καλαμίου (<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/karitena.htm>).

13.1.2. Θωκνία

Μικρό χωριό της επαρχίας Μεγαλόπολης, χτισμένο κοντά στην ανατολική όχθη του Αλφειού, σε υψόμετρο 360m, ανήκει στο Δήμο Μεγαλόπολης με πολύ λίγους κατοίκους. Το χωριό φέρει το όνομα της αρχαίας κόμης Θωκνίας, που τοποθετείται στην περιοχή. Αξιόλογο μνημείο είναι ο ναός του Αγίου Δημητρίου, του 17^{ου} αιώνα, στην πλατεία του χωριού. Ο ναός, αν και όχι καλά συντηρημένος, διατηρεί θαυμάσιες τοιχογραφίες με εμφανή ίχνη βεβήλωσης στα μάτια των μορφών των αγίων, που διαπράχθηκε στα χρόνια της Τουρκοκρατίας από τους Τούρκους. Κατά την περίοδο της Γερμανικής κατοχής οι Γερμανοί τον χρησιμοποίησαν σαν αποθήκη. Η Θωκνία συνδέεται οδικά με το Λύκαιο όρος και τον αρχαιολογικό του χώρο (<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/thoknia.htm>).

13.1.3. Τριπόταμος

Το Τριπόταμο (ή ο Τριπόταμος) είναι ένα μικρό χωριό κοντά στη Μεγαλόπολη, δίπλα στο δρόμο που οδηγεί στο Ίσαρι και στο Λύκειο όρος. Σήμερα αποτελεί δημοτικό διαμέρισμα του Δήμου Μεγαλόπολης, στα βόρεια του χωριού περνά ο ποταμός Αλφειός, ενώ από την περιοχή περνούν δύο μικροί παραπόταμοι, οι οποίοι και συμβάλλουν με αυτόν εξ ου και η ονομασία του χωριού. Το Τριπόταμο έχει λιγότερους από 90 μόνιμους κατοίκους που ασχολούνται με τη γεωργία και την κτηνοτροφία. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από πυκνή βλάστηση, γεγονός που οφείλεται **στα ποτάμια που τη διατρέχουν** (<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/tripotamo.htm>).

13.1.4. Ίσωμα

Μικρό χωριό χτισμένο στις πλαγιές του Λυκαίου όρους (υψόμετρο 470m.) πάνω από το λεκανοπέδιο της Μεγαλόπολης. Χαμηλότερα βρίσκεται το χωριό Κάτω Καρυές. Το χωριό χτίστηκε από τους κατοίκους των Άνω Καρυών που κατέβηκαν χαμηλότερα. Έχει λιγότερους από 50 κατοίκους (έναντι 168 κατοίκων κατά την απογραφή του έτους 1991) που ασχολούνται με την κτηνοτροφία και γεωργία. Στη περιοχή του χωριού τοποθετείται ο αρχαίος ναός του Παρρασειού Απόλλωνα. Μάλιστα το όμορφο ξωκλήσι του Ψηλού Αϊ-Γιάννη, που βρίσκεται έξω από το χωριό θεωρείται ότι έχει χτιστεί με οικοδομικά μέλη του ναού αυτού. Κοντά στο χωριό υπάρχουν λείψανα αρχαίας κόμης, μάλλον της αρχαίας Τραπεζούντας. Στο χώρο είναι σε εξέλιξη ανασκαφές. Επίσης στην περιοχή (στη θέση Γράνα του Σκούφου) έχουν βρεθεί σημαντικά απολιθώματα από τον καθηγητή Σκούφο (<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/isomakarion.htm>).

13.1.5. Ίσαρι

Το χωριό Ίσαρης (ή του Ίσαρη) είναι από τα πιο όμορφα και γραφικά χωριά της επαρχίας Μεγαλόπολης (50km από Τρίπολη). Στο χωριό φτάνει κανείς μετά από μια εκπληκτική διαδρομή μέσα σε καταπράσινο και ορεινό τοπίο με δάση δρυών και καστανιών. Σήμερα το χωριό ανήκει στο Δήμο Μεγαλόπολης. Κατά την απογραφή του 1991 απογράφησαν 285 κάτοικοι, αλλά ο μόνιμος πληθυσμός είναι κατά πολύ μικρότερος. Χτισμένο αμφιθεατρικά στην ανατολική πλαγιά του βουνού Άγιος Ηλίας (υψόμετρο 800m.), ανάμεσα σε γαλαρίες και σε γεφύρια και πάνω από δασωμένες ρεματιές, το Ίσαρη είναι από τα πιο πράσινα χωριά της Αρκαδίας Ο περίπατος στην

οργιώδη βλάστηση του λόγγου με τις Καστανιές είναι μια πραγματική μαγεία. Το χωριό προσφέρει εξαιρετική θέα προς την πεδιάδα της Μεγαλόπολης, τον Ταΰγετο και τα Μεσσηνιακά βουνά. Πριν το Ίσαρη ο δρόμος περνά από μια πανέμορφη, καταπράσινη και με πλούσια βλάστηση κοιλάδα. Στη μέση της είναι η παλιά εκκλησία του Αγίου Νικολάου (1893). Νότια από το Ίσαρη μετά από μια ωραία διαδρομή είναι το χωριό Βάστα (4km), κοντά στο οποίο, ανάμεσα σε πυκνό δάσος, βρίσκεται μια πανέμορφη ρεματιά πνιγμένη στα πλατάνια με την εκκλησία της Αγίας Θεοδώρας, που είναι κτισμένη στον κορμό ενός τεράστιου πλάτανου. Δίπλα ένα κεφαλάρι με άφθονο νερό (<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/isari.htm>).

13.1.6. Λεοντάρι

Γραφικό και ιστορικό χωριό της επαρχίας Μεγαλόπολης 12km από τη Μεγαλόπολη. Έχει 400 περίπου κατοίκους και είναι το κεφαλοχώρι της περιοχής. Το Λεοντάρι έχει αξιόλογες βυζαντινές εκκλησίες, η σημαντικότερη των οποίων είναι ο ναός των Αγίων Αποστόλων (14^{ος} αιώνας), στην κεντρική πλατεία. Η περιοχή ανήκε σε μια από τις σημαντικότερες φράγκικες βαρονίες της Πελοποννήσου. Δίπλα στο χωριό και πάνω σε λόφο υπάρχουν τα ερείπια μεσαιωνικού κάστρου χτισμένου από τους Φράγκους. Η στρατηγική του θέση ανέδειξε το Λεοντάρι την περίοδο της φραγκοκρατίας σε εμπορικό και διοικητικό κέντρο όλης της περιοχής. Μάλιστα, από το 1300 μέχρι το 1391 αποτελούσε την έδρα των δεσποτών του Μοριά. Γενικά έπαιξε σημαντικό ρόλο την περίοδο της Τουρκοκρατίας αλλά και κατά την περίοδο της. Επειδή η περιοχή του Λεονταρίου, σαν αδιανέμητη σουλτανική περιουσία αποτελούσε βοσκότοπο και χειμαδιό των ορεινών περιοχών, ονομαζόταν Λιβαδειά. Έτσι τα 40 παλικάρια από τη Λιβαδειά που αναφέρονται στο γνωστό δημοτικό τραγούδι είναι από την περιοχή αυτήν. Ο γέρος που συναντούν στο δρόμο τα παλικάρια είναι ο πατέρας του Οδυσσέα Ανδρούτσου, Γιώργος. Αυτό εξηγεί τη σχέση των 40 παλικαριών με την Τριπολιτσά. Νότια του Λεονταρίου, υπάρχουν ανάμεσα σε βράχους χτισμένα ασκητήρια. Αξίζει επίσης να περπατήσει κανείς το γραφικό δρόμο που ξεκινά από την κεντρική πλατεία και οδηγεί στο παραδοσιακό κτίριο του Δημαρχείου. Μια ενδιαφέρουσα διαδρομή προς τα νότια ακολουθεί το δρόμο προς τη Σπάρτη και οδηγεί στη Μονή Μπούρα και στη Μονή Αμπελάκη (<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/liont.htm>).

13.1.7. Ζώνη

Η Ζώνη είναι ένα μικρό χωριό του Δήμου Γόρτυνας χτισμένο σε υψόμετρο 500m, ανάμεσα στα χωριά Παλαμάρη και Κατσίμπαλη. Έχει λιγοστούς μονίμους κατοίκους, που ασχολούνται με τη γεωργία και κτηνοτροφία. Πολλά από τα σπίτια του χωριού είναι ανακαινισμένα, ενώ υπάρχουν και παραδοσιακά πετρόκτιστα κτίσματα. Στο κέντρο είναι η όμορφη πλατεία, σκεπασμένη από μεγάλα πλατάνια και το κτίριο του παλιού δημοτικού σχολείου. Λίγο πιο πέρα βρίσκεται η συμπαθητική εκκλησία του χωριού, της οποίας ο περίβολος προσφέρει υπέροχη θέα στο λεκανοπέδιο της Μεγαλόπολης και το Λύκαιο όρος (<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/zoni.htm>).

13.1.8. Ελληνικό

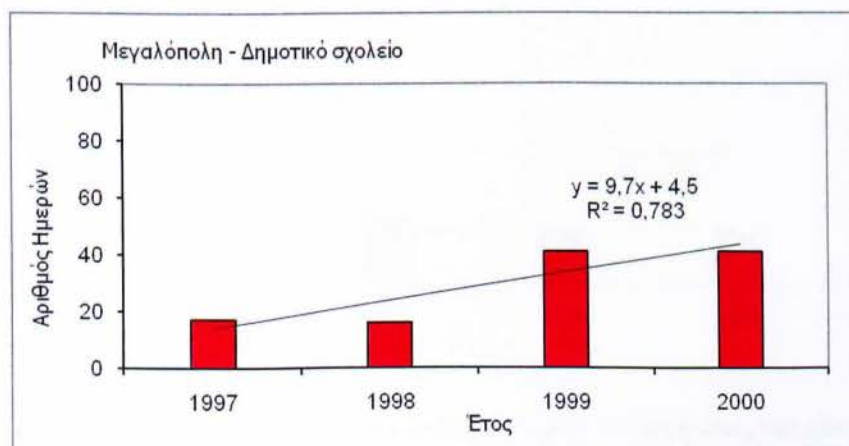
Το χωριό Ελληνικό, παλαιότερα ονομαζόμενο Μουλάτσι, χτισμένο σε ημιορεινή τοποθεσία, σε ένα καταπράσινο λόφο (υψόμετρο 712m) με θέα τον κάμπο της Μεγαλόπολης. Το χωριό έχει αντισταθεί στη μετανάστευση, κρατά 250 περίπου μονίμους κατοίκους και οι ασχολίες τους είναι η γεωργία και η κτηνοτροφία. Λόγω της γειτνίασης με το φαράγγι του Λούσιου, το χωριό προσφέρεται σαν αφετηρία για

περιηγήσεις στην ευρύτερη περιοχή του φαραγγιού. Στη θέση Ανεμόμυλος κοντά στο χωριό υπάρχουν ερείπια αρχαίου ιερού. Κοντά στο Ελληνικό λειτουργεί σχολή της ΔΕΗ, ενώ στο δρόμο για την Καρύταινα λίγο έξω από το χωριό, βρίσκεται το μοναστήρι του Νικοδήμου. Σε απόσταση 6km από το Ελληνικό βρίσκεται η Αρχαία Γόρτυνα και η αφετηρία των αναπλασμένων μονοπατιών του φαραγγιού του Λούσιου. Ο δρόμος από την Αρχαία Γόρτυνα κατευθύνεται στη Μονή Καλαμίου (4km) (<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/elliniko.htm>).

14. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

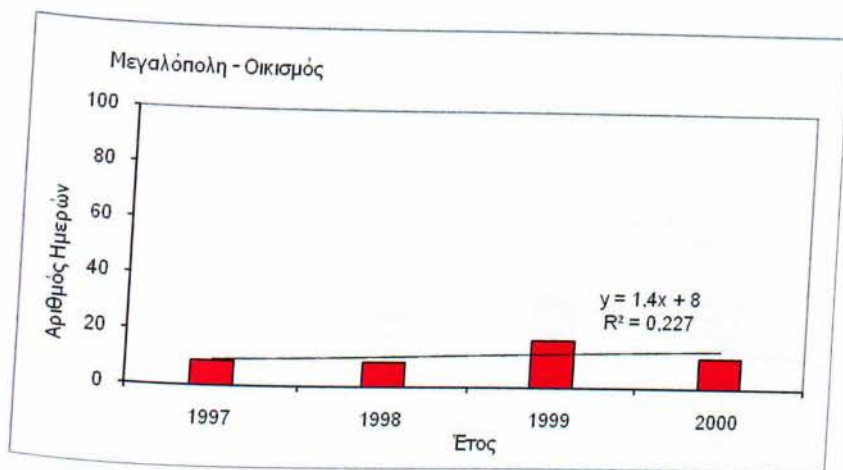
ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ – ΜΕΣΕΣ ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ

Στα Σχήματα 2.2-2.11 παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού των ημερών με υπέρβαση της θεσμοθετημένης τιμής για το διοξείδιο του θείου, με βάση την Κοινοτική Οδηγία 1999/30/ΕΚ, η οποία στη συνέχεια αντικαταστάθηκε από την Κοινοτική Οδηγία 2008/50/ΕΚ στη διάρκεια της χρονικής περιόδου συνεχούς καταγραφής του σε κάθε ένα από τους υπό μελέτη σταθμούς. Κατά την υπό μελέτη χρονική περίοδο υπάρχουν καταγραφές των ωριαίων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου για τα έτη 1997-2000 στους σταθμούς: Μεγαλόπολη-(Δημοτικό Σχολείο), Μεγαλόπολη-Οικισμός, Ζώνη, Θωκνία, Τριπόταμος, Λεοντάρι, Καρύταινα και Ίσωμα. Για τους σταθμούς Ίσαρι και Λεοντάρι υπάρχουν μετρήσεις για έτη 1997-2000 και 2003-2006 και για τον σταθμό Ελληνικό υπάρχουν μετρήσεις μόνο για τα έτη 2003-2006.



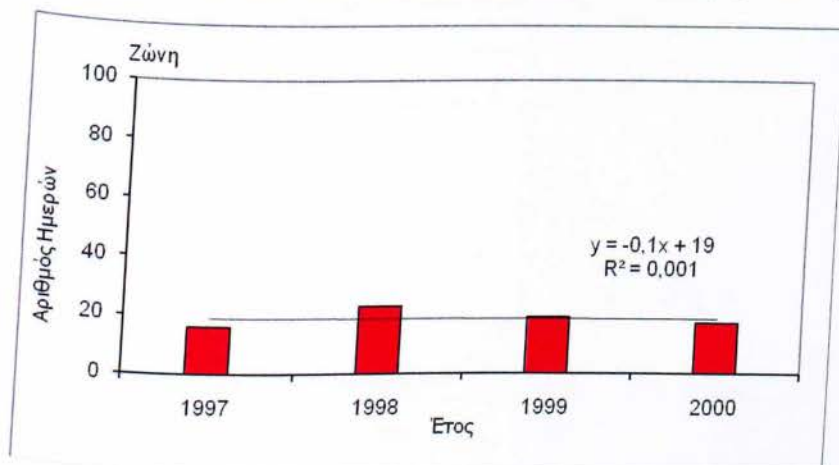
Σχήμα 2.2. Διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Μεγαλόπολη - Δημοτικό Σχολείο», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.

Στο Σχήμα 2.2 εμφανίζεται η διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της τιμής συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Μεγαλόπολη – Δημοτικό Σχολείο». Από τις καταγραφείσες μετρήσεις, διαπιστώνεται αύξηση κατά 9.7 ημέρες ανά έτος κατά την τετραετία 1997-2000.



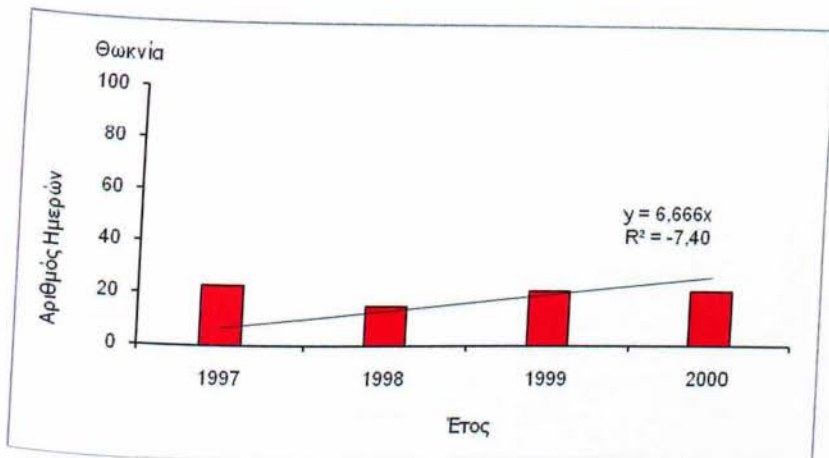
Σχήμα 2.3. Διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Μεγαλόπολη - Οικισμός», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.

Στο Σχήμα 2.3 εμφανίζεται η διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Μεγαλόπολη - Οικισμός». Ειδικότερα, κατά την τετραετία 1997-2000 διαπιστώνεται μια αύξηση κατά 1.4 ημέρες ανά έτος.



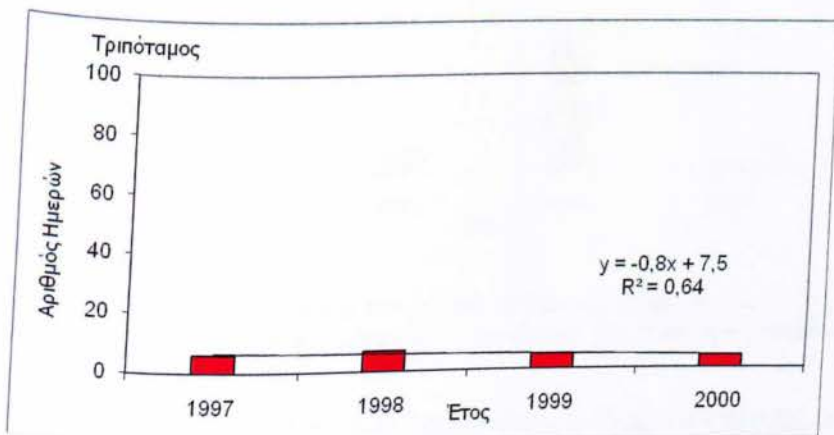
Σχήμα 2.4. Διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ζώνη», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.

Στο Σχήμα 2.4 εμφανίζεται η διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ζώνη». Από τις καταγραφείσες μετρήσεις, διαπιστώνεται μια οριακή μείωση στον αριθμό των ημερών με υπέρβαση κατά 0.1 ημέρα ανά έτος για την τετραετία 1997-2000.



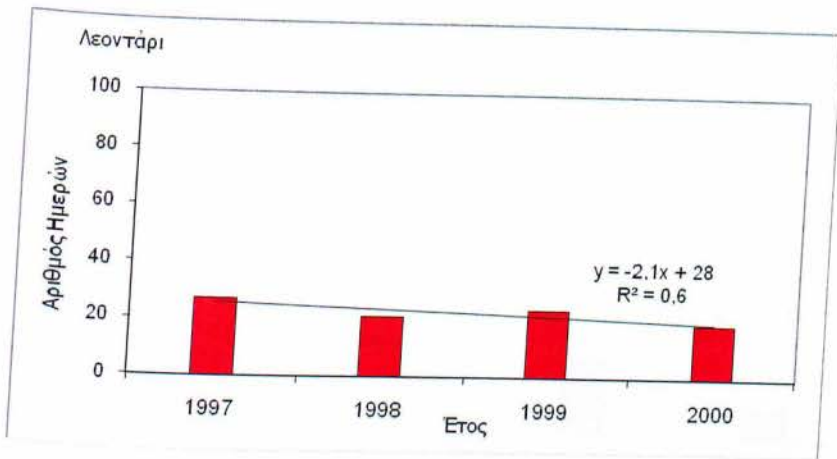
Σχήμα 2.5. Διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Θωκνία», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.

Στο Σχήμα 2.5 εμφανίζεται η διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Θωκνία». Από την επεξεργασία των καταγραφέντων δεδομένων διαπιστώνεται αύξηση στον ετήσιο ρυθμό των ημερών με υπέρβαση κατά 6 ημέρες ανά έτος από το 1997 έως το 2000.

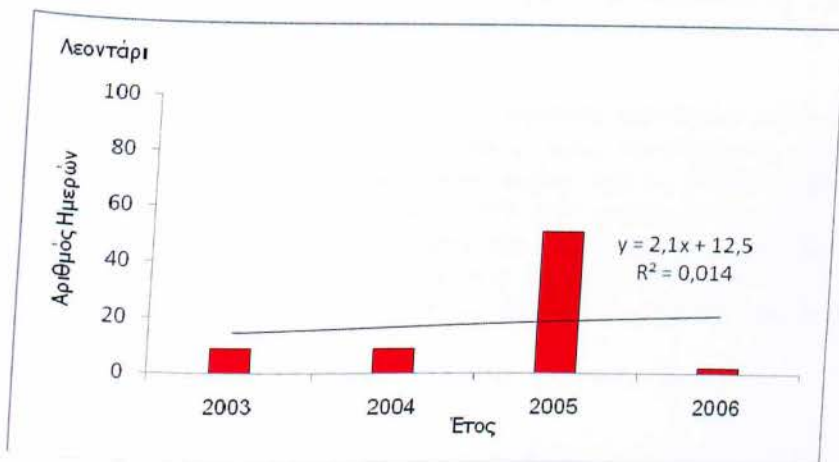


Σχήμα 2.6. Διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Τριπόταμος», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.

Στο Σχήμα 2.6 παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Τριπόταμος». Από τις καταγραφείσες μετρήσεις, διαπιστώνεται ότι κατά την τετραετία 1997–2000 σημειώθηκε μικρή μείωση της τάξης των 0.8 ημερών/έτος.



Σχήμα 2.7α. Διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Λεοντάρι», στην περίοδο 1997-2000.

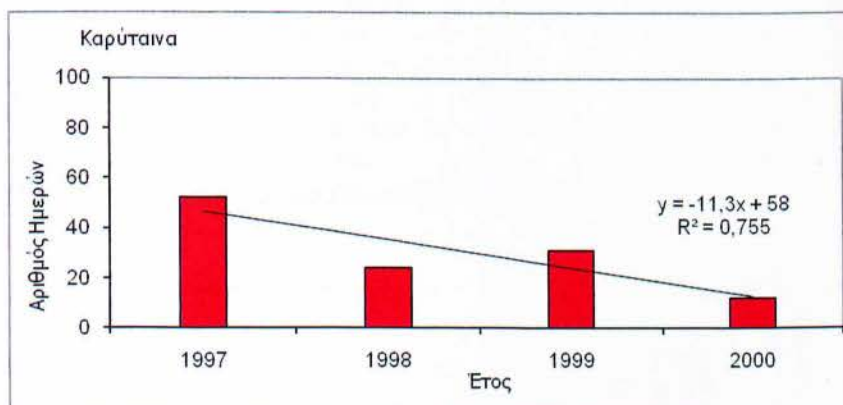


Σχήμα 2.7β. Διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Λεοντάρι», στην περίοδο 2003-2006.

Στα Σχήματα 2.7α και 2.7β παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Λεοντάρι», στη διάρκεια των περιόδων 1997-2000 και 2003-2006, αντίστοιχα. Κατά την τετραετία 1997-2000 παρατηρούμε μείωση του ετήσιου ρυθμού μεταβολής κατά 2.1 ημέρες/έτος, ενώ αντίθετα κατά την τετραετία 2003-2006 παρατηρείται αύξηση του ετήσιου ρυθμού κατά 2.1 ημέρες/έτος.

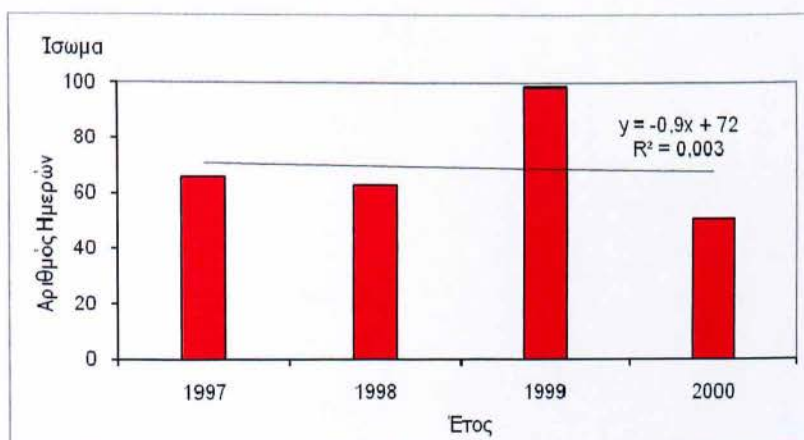
Στη διάρκεια της 2^{ης} 4-ετούς περιόδου μελέτης παρατηρείται μεγάλη αύξηση του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης το έτος 2005. Με βάση τα δεδομένα της Δ.Ε.Η, η μεγαλύτερη ημερήσια τιμή συγκέντρωσης στο έτος αυτό εμφανίζεται στις 20 Αυγούστου και είναι $279\mu\text{g}/\text{m}^3$. Συνολικά ο Ιούλιος και ο Αύγουστος του έτους 2005 εμφανίζουν αυξημένο αριθμό ημερών με υπέρβαση, 13 και 18 ημέρες αντίστοιχα. Αυτό δικαιολογείται καθώς κατά

τους καλοκαιρινούς μήνες του έτους, στην υπό μελέτη περιοχή, παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας και οι πνέοντες άνεμοι είναι ασθενείς .



Σχήμα 2.8. Διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Καρύταινα», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.

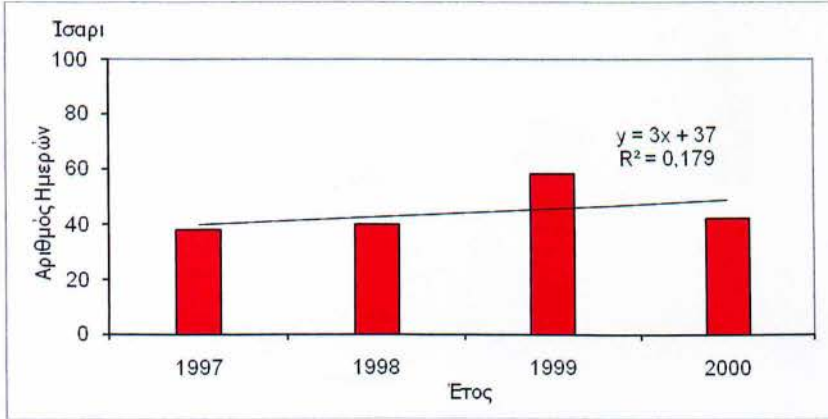
Στο Σχήμα 2.8 παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Καρύταινα». Από τις καταγραφείσες μετρήσεις διαπιστώνεται ότι κατά την τετραετία 1997-2000 υπάρχει μείωση στον αριθμό των ημερών με υπέρβαση κατά 11.3 ημέρες/έτος. Στη διάρκεια της περιόδου μελέτης η μέγιστη τιμή η οποία καταγράφηκε στις 24 Ιανουαρίου 1997, ήταν $391\mu\text{g}/\text{m}^3$. Αντίθετα η ελάχιστη τιμή της τετραετίας εμφανίσθηκε 4 φορές στις 27-29/12/2000, στις 5/3/2000 και ήταν $6\mu\text{g}/\text{m}^3$.



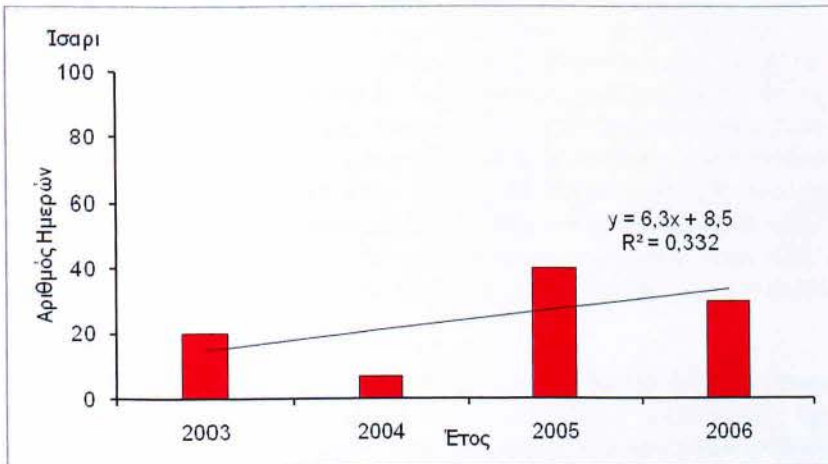
Σχήμα 2.9. Διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ισωμα», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.

Στο Σχήμα 2.9 εμφανίζεται η διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της τιμής συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ισωμα». Διαπιστώνεται ότι κατά την τετραετία 1997-2000 έχουμε οριακή μείωση στον αριθμό

ημερών με υπέρβαση κατά 0.9 ημέρες ανά έτος. Αυτό που αξίζει να σημειωθεί ότι αποδίδεται στις ημερήσιες τιμές συγκέντρωσης του έτους 1999, στη διάρκεια του οποίου καταγράφηκαν 99 ημέρες με υπέρβαση. Η μέγιστη ημερήσια τιμή συγκέντρωσης του συγκεκριμένου έτους ήταν $578\mu\text{g}/\text{m}^3$ και καταγράφηκε στις 15 Σεπτεμβρίου. Συνολικά σε όλη τη διάρκεια του έτους σημειώνονται 11 ημέρες με πολύ υψηλή συγκέντρωση δηλαδή μεγαλύτερη από $300\mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι 11 τιμές καταγράφονται από τον Μάιο μέχρι και το Σεπτέμβριο όπου παρατηρούνται αύξηση της θερμοκρασίας και ασθενείς άνεμοι στην περιοχή (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).



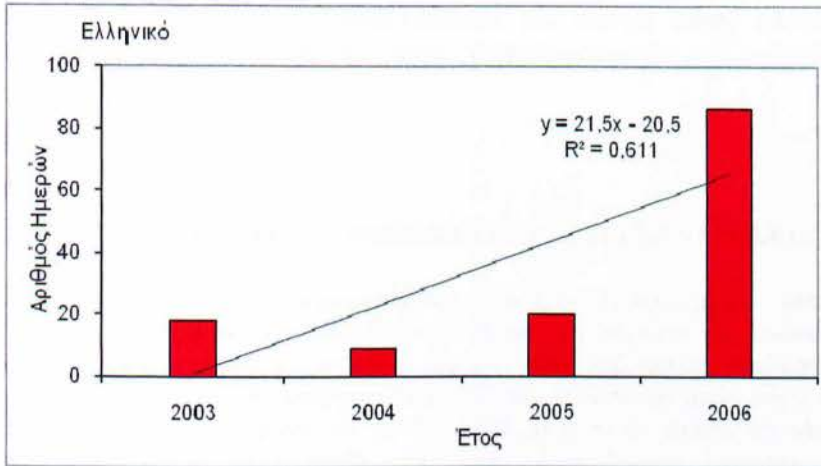
Σχήμα 2.10α. Διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ίσαρυ», κατά τα έτη 1997-2000.



Σχήμα 2.10β. Διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ίσαρυ», κατά τα έτη 2003 - 2006.

Στα Σχήματα 2.10α και 2.10β παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ίσαρυ», στη διάρκεια των περιόδων 1997-2000 και 2003-2006, αντίστοιχα. Κατά την τετραετία 1997-2000 παρατηρούμε αύξηση

του ετήσιου ρυθμού μεταβολής κατά 3 ημέρες/έτος, ενώ αντίθετα κατά την τετραετία 2003-2006 παρατηρείται μεγαλύτερη αύξηση του ετήσιου ρυθμού κατά 6.3 ημέρες/έτος.



Σχήμα 2.11. Διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ελληνικό», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.

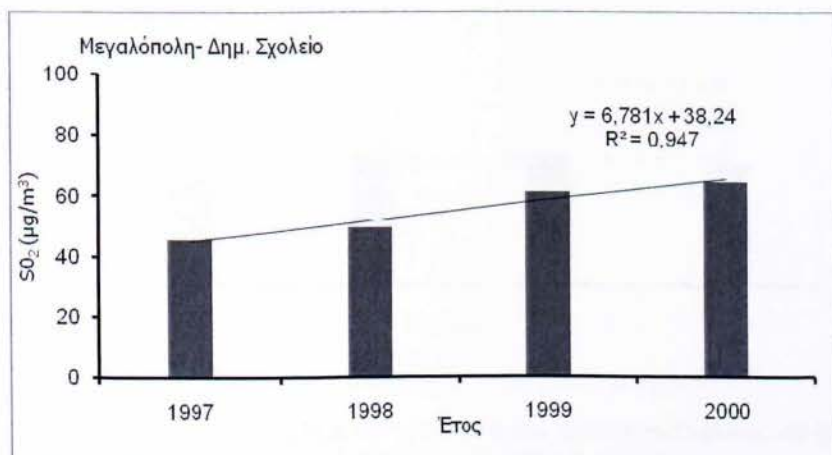
Στο Σχήμα 2.11 παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη του ετήσιου αριθμού με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125\mu\text{g}/\text{m}^3$) του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ελληνικό». Από τις καταγραφείσες μετρήσεις διαπιστώνεται ότι στη διάρκεια της 4-ετούς περιόδου 2003-2006 παρουσιάζεται μεγάλος ρυθμός αύξησης, 21,5 ημέρες/έτος, στις ημέρες με υπέρβαση της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης. Σύμφωνα με τα δεδομένα της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού ο μεγαλύτερος αριθμός υπερβάσεων εμφανίζεται κατά το έτος 2006, κατά το μήνα Μάιο με υπερβάσεις της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης κατά 22 ημέρες, έναντι των 30 μετρήσεων του συγκεκριμένου μήνα. Οι έξι από τις 22 αυτές τιμές χαρακτηρίζονται ως υψηλές και καταγράφονται μεταξύ 19 και 29 Μαΐου. Στις 6 Απριλίου 2006 εμφανίστηκε η μέγιστη καταγραφείσα τιμή που ήταν $287\mu\text{g}/\text{m}^3$. Την συγκεκριμένη ημέρα ο άνεμος που έπνεε ήταν ανατολικός και βορειοανατολικός ενώ η μέση τιμή της σχετικής υγρασίας ήταν 52%. Αντίθετα, η μικρότερη καταγραφείσα τιμή της τετραετίας είναι $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ και καταγράφηκε στις 16 Νοεμβρίου 2004.

Για τους σταθμούς Λεοντάρι (Σχήματα 2.7α και 2.7β) και Ίσαρι (Σχήματα 2.10α και 2.10β) για τους οποίους έχουμε κοινές περιόδους καταγραφής έχουμε όμοια αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα έχουμε μείωση του συνολικού ρυθμού μεταβολής των ημερών με υπέρβαση του διοξειδίου του θείου. Αυτό που δημιουργεί την διαφορά αυτή είναι η αλλαγή των ηλεκτροστατικών φίλτρων (Η/Φ) λιγνίτη στην οροφή του λέβητα της Μονάδας ΙΙΙ από την κοινοπραξία METKA-ALSTOM το 2003. Ο Όμιλος Επιχειρήσεων METKA – ALSTOM POWER SWEDEN A.B. ξεκίνησε με την υπογραφή της σχετικής σύμβασης με τη ΔΕΗ το Μάρτιο του 2003 (<http://www.metka.gr/el-gr/activities/metka-activities/9>). Το έργο αφορούσε στην αντικατάσταση των έξι Η/Φ λιγνίτη στην οροφή του λεβητοστασίου της λιγνιτικής Μονάδας ΙΙΙ του ΑΗΣ Μεγαλόπολης και περιλάμβανε τα εξής: μελέτη, σχεδιασμό,

βιομηχανοποίηση εξοπλισμού, δοκιμές στα εργοστάσια, προμήθεια, μεταφορά και αποθήκευση στον τόπο του έργου, συναρμολόγηση, εγκατάσταση, δοκιμές του έργου, θέση σε λειτουργία του εξοπλισμού, εκτέλεση δοκιμών ροής αερίου σε μοντέλο (gas distribution model test), αποξήλωση / απομάκρυνση υπάρχοντος εξοπλισμού (Η/Φ, αγωγών κ.λπ.), προμήθεια ανταλλακτικών και παροχή πάσης φύσεως τεχνικών υπηρεσιών σχετικών με το έργο (<http://www.metka.gr/el-gr/activities/metka-activities/9>).

ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ – ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ

Στα Σχήματα 2.12-2.21 παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στη διάρκεια της χρονικής περιόδου συνεχούς καταγραφής του σε κάθε ένα από τους υπό μελέτη σταθμούς. Στην υπό μελέτη χρονική περίοδο υπάρχουν δεδομένα των ημερήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου μόνο για τα έτη 1997-2000 στους σταθμούς: Μεγαλόπολη - Δημοτικό Σχολείο, Μεγαλόπολη - Οικισμός, Ζώνη, Θωκνία, Τριπόταμος, Λεοντάρι, Καρύταινα και Ίσωμα. Για τους σταθμούς Ίσαρι και Λεοντάρι υπάρχουν δεδομένα για έτη 1997-2000 και 2003-2006, και τέλος για το σταθμό Ελληνικό υπάρχουν μετρήσεις για τα έτη 2003-2006.

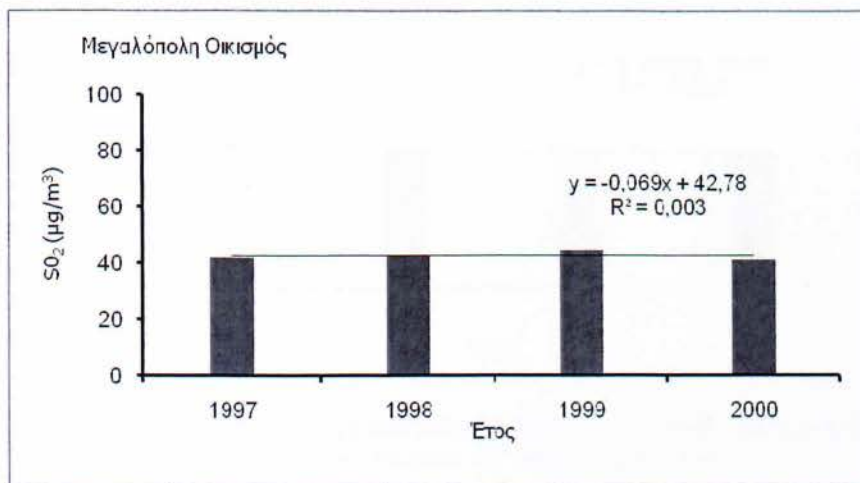


Σχήμα 2.12. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Μεγαλόπολη – Δημ. Σχολείο», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.

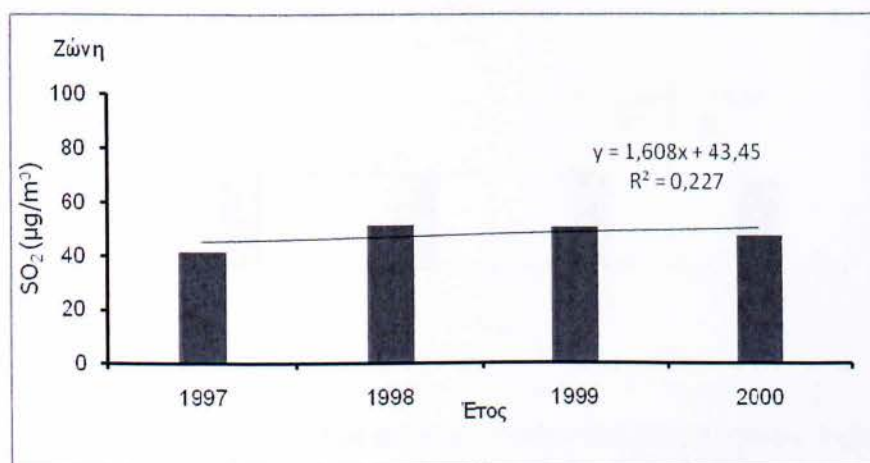
Στο Σχήμα 2.12 παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Μεγαλόπολη- Δημοτικό Σχολείο», από όπου διαπιστώνεται ετήσιος ρυθμός αύξησης των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου κατά 6.7µg/m³/έτος, στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.

Στο Σχήμα 2.13 απεικονίζεται η διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Μεγαλόπολη – Οικισμός», από όπου διαπιστώνεται ετήσιος ρυθμός μείωσης των μέσων ετήσιων τιμών

συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου της τάξης των $0.07\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{έτος}$, στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.



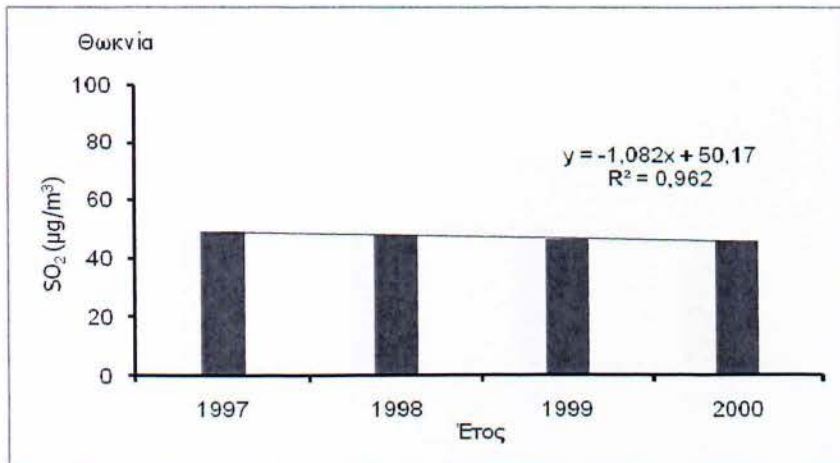
Σχήμα 2.13. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Μεγαλόπολη – Οικισμός», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.



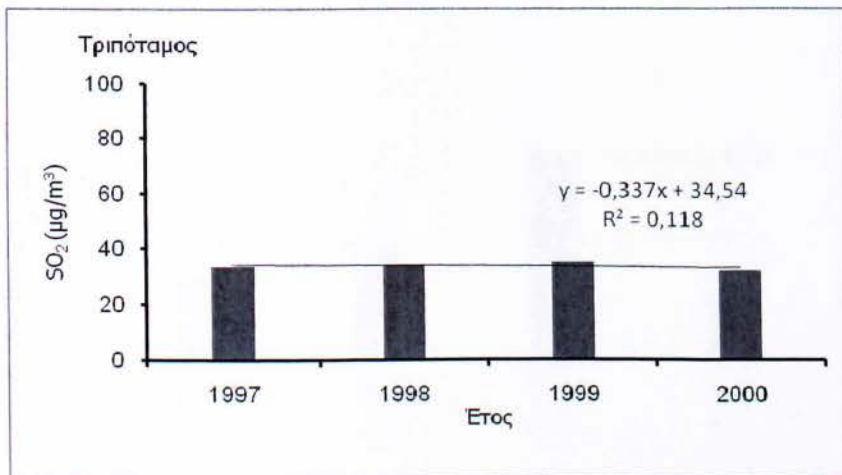
Σχήμα 2.14. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ζώνη», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.

Η διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ζώνη» απεικονίζεται στο Σχήμα 2.14. Από την επεξεργασία τους διαπιστώνεται ανοδική συμπεριφορά του ετήσιου ρυθμού μεταβολής τους που ανέρχεται σε $1.6\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{έτος}$ στη διάρκεια της τετραετίας 1997-2000.

Στο Σχήμα 2.15 παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Θωκνία» και διαπιστώνεται ότι κατά τη διάρκεια της τετραετίας 1997-2000 ο ετήσιος ρυθμός μεταβολής τους εμφανίζει μικρή πτωτική συμπεριφορά περίπου της τάξης του $1\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{έτος}$.



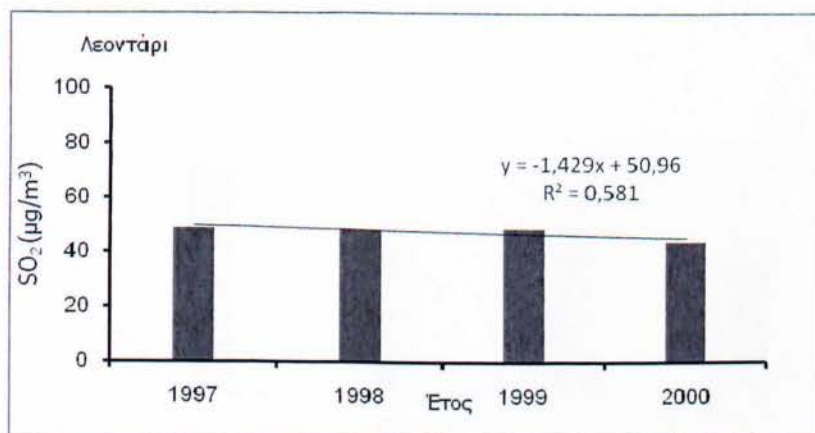
Σχήμα 2.15. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Θωκνία», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.



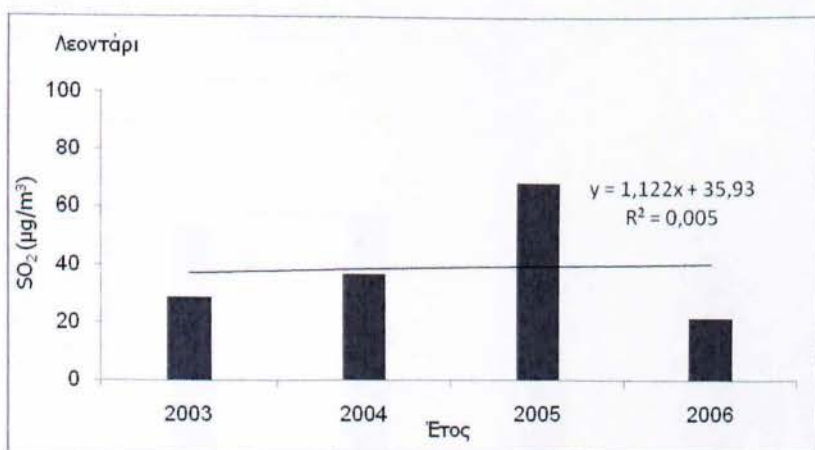
Σχήμα 2.16. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Τριπόταμος», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.

Στο Σχήμα 2.16 εμφανίζεται η διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Τριπόταμο» και διαπιστώνεται ότι κατά τη διάρκεια της τετραετίας 1997-2000 ο ετήσιος ρυθμός μεταβολής τους εμφανίζει πολύ μικρή πτωτική συμπεριφορά περίπου της τάξης των 0.3µg/m³/έτος.

Στο Σχήμα 2.17 παρουσιάζεται εμφανίζεται η διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Λεοντάρι». Κατά την τετραετία 1997-2000 (Σχήμα 2.17α) εμφανίστηκε μείωση στον ετήσιο ρυθμό μεταβολής των τιμών που ήταν 1.42µg/m³/έτος. Αντίθετα, διαπιστώθηκε αύξηση κατά 1.12µg/m³/έτος στη διάρκεια της περιόδου 2003-2006 (Σχήμα 2.17β).



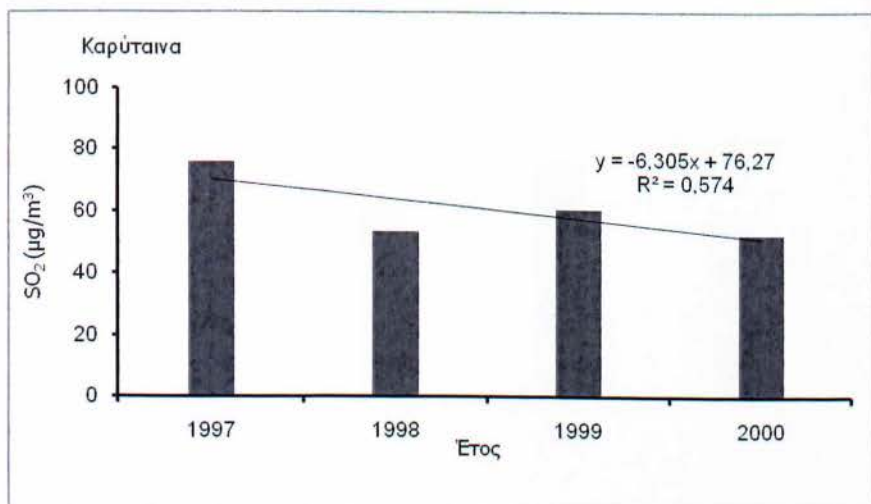
Σχήμα 2.17α. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Λεοντάρι», στη διάρκεια των ετών 1997 - 2000.



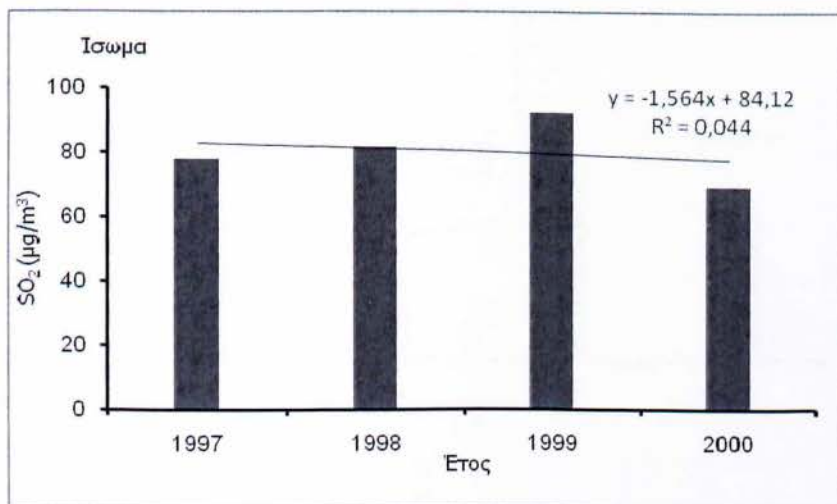
Σχήμα 2.17β. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Λεοντάρι», στη διάρκεια των ετών 2003 - 2006.

Κατά το έτος 2005 καταγράφηκε η μέγιστη ετήσια τιμή συγκέντρωσης που ήταν $68.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η τιμή αυτή αποδίδεται στις μέσες μηνιαίες τιμές συγκέντρωσης του Ιουλίου και του Αυγούστου που ήταν $134.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ και $134.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ αντίστοιχα. Αντίθετα, το Νοέμβριο εμφανίζεται η ελάχιστη μέση μηνιαία τιμή συγκέντρωσης του συγκεκριμένου έτους που ήταν $21.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Παρατηρώντας τα Σχήματα 2.7α, 2.7β, 2.17α και 2.17β διαπιστώνεται ότι στο σταθμό «Λεοντάρι» το έτος 2005 εμφανίσθηκαν τα υψηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου καθώς επίσης ο μεγαλύτερος ετήσιος αριθμός ημερών με υπέρβαση της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής συγκέντρωσης ($125 \mu\text{g}/\text{m}^3$) του ρύπου.

Στο Σχήμα 2.18 εμφανίζεται η διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στον σταθμό «Καρύταινα» κατά τη διάρκεια της 4-ετούς περιόδου 1997-2000. Κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης εμφανίζεται πτωτική συμπεριφορά στον ετήσιο ρυθμό μεταβολής των τιμών που ήταν $6.3 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{έτος}$.



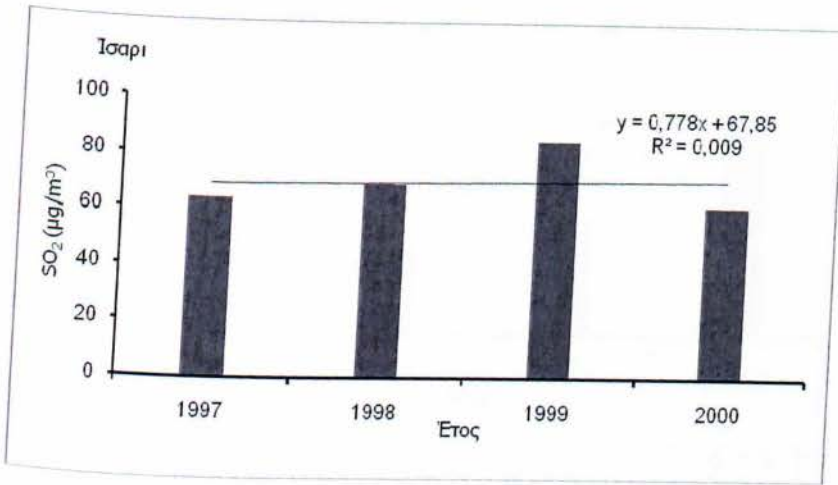
Σχήμα 2.18. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Καρύταινα», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.



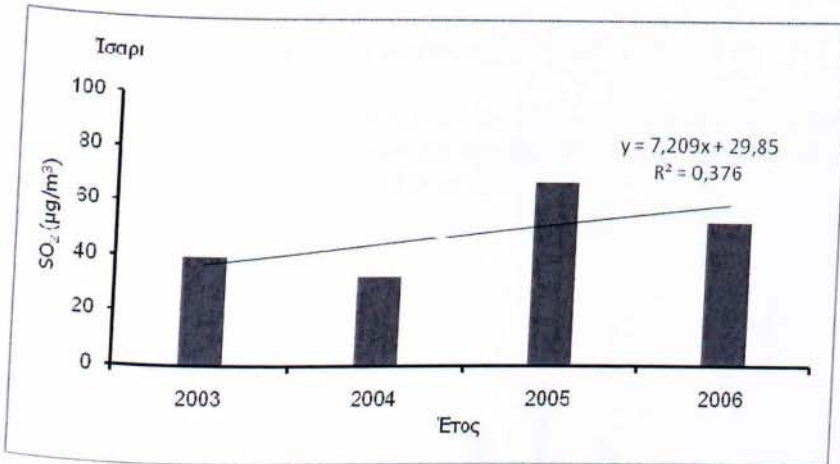
Σχήμα 2.19. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ισωμα», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.

Στο Σχήμα 2.19 εμφανίζεται η διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στον σταθμό «Ισωμα» κατά τη διάρκεια της 4-ετούς περιόδου 1997-2000. Κατά τη διάρκεια της περιόδου μελέτης εμφανίζει πτωτική συμπεριφορά μείωση ο ετήσιος ρυθμός μεταβολής των υπό μελέτη ετήσιων τιμών που ήταν περίπου 1.6µg/m³/έτος.

Στο Σχήμα 2.20 απεικονίζεται η διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ισαρι». Κατά την τετραετία 1997-2000 (Σχήμα 2.20α) διαπιστώθηκε μικρή ανοδική τάση στον ετήσιο ρυθμό μεταβολής περίπου της τάξης των 0.8µg/m³/έτος. Επίσης, όμοια συμπεριφορά εμφανίζεται στον ετήσιο ρυθμό μεταβολής αλλά πολύ μεγαλύτερης τάξης μεγέθους ίση με 7.2µg/m³/έτος, στη διάρκεια της 4-ετούς περιόδου 2003-2006 (Σχήμα 2.20β).



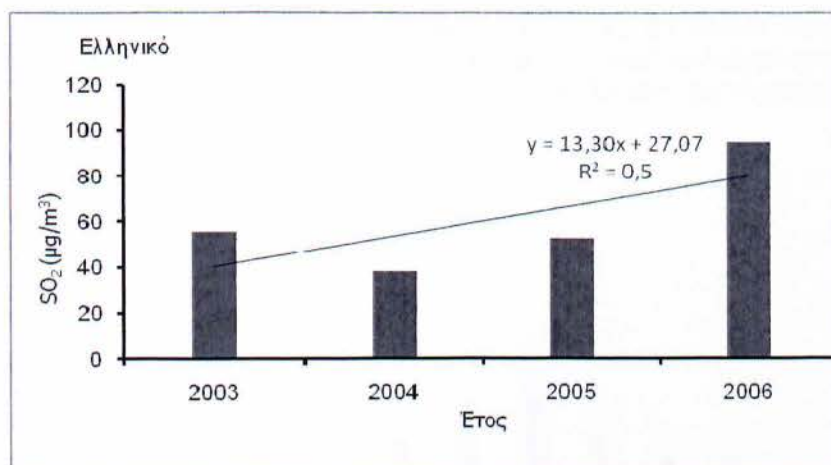
Σχήμα 2.20α. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Isari», κατά τα έτη 1997 - 2000.



Σχήμα 2.20β. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Isari», κατά τα έτη 2003 - 2006.

Από τα ίδια σχήματα διαπιστώνεται ότι το έτος 1999 εμφανίσθηκε το μέγιστο της πρώτης 4-ετίας, 84.62µg/m³ που αποδίδεται στη μέση τιμή του Σεπτεμβρίου, 156.63µg/m³. Αντίστοιχα, το έτος 2005 εμφανίσθηκε το μέγιστο της δεύτερης 4-ετίας, 66.98µg/m³, που αποδίδεται στη μέση τιμή του Αυγούστου, 99.13µg/m³.

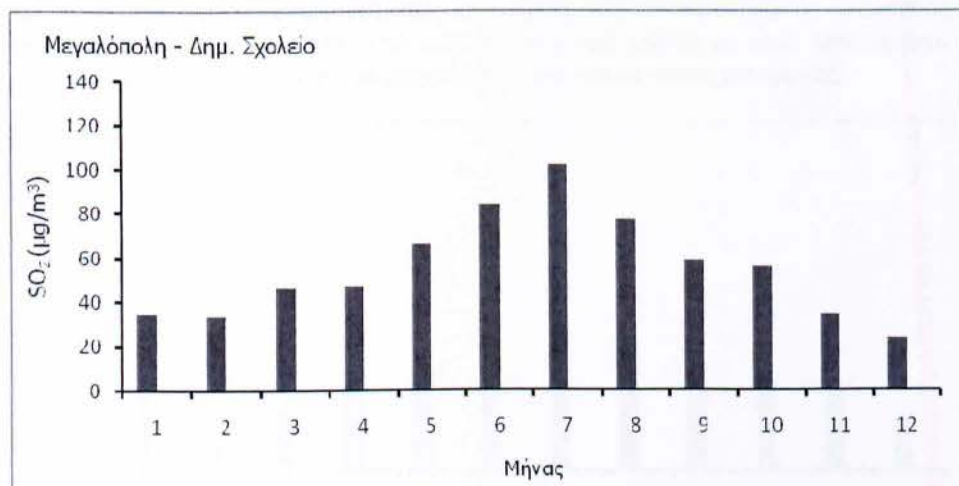
Στο Σχήμα 2.21 παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ελληνικό» και διαπιστώνεται ότι κατά τη διάρκεια της τετραετίας 2003-2006 ο ετήσιος ρυθμός μεταβολής τους εμφανίζει σημαντική ανοδική συμπεριφορά της τάξης των 13.3µg/m³/έτος. Τέλος, η μέγιστη ετήσια τιμή συγκέντρωσης εμφανίζεται το έτος 2006 και αποδίδεται στη συγκέντρωση του Μαΐου του ίδιου έτους, όταν η μέση μηνιαία τιμή συγκέντρωσης ανήλθε στα 162.52µg/m³.



Σχήμα 2.21. Διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ελληνικό», στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου.

ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ – ΕΝΔΟΕΤΗΣΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ

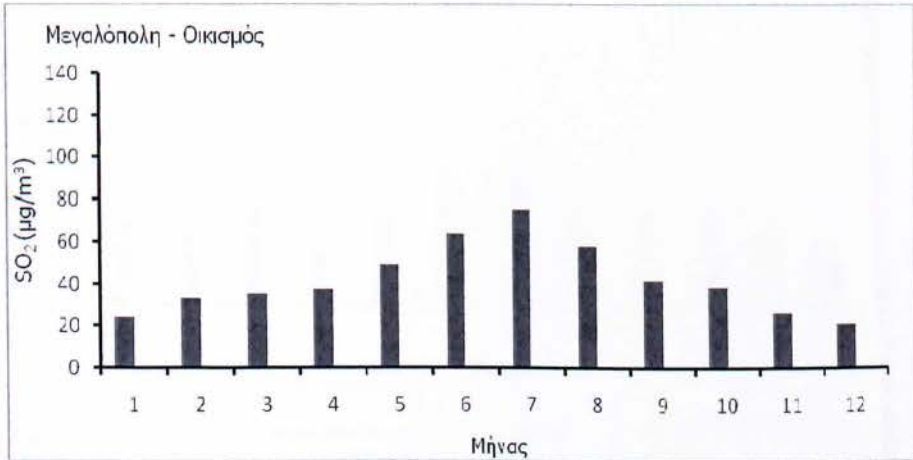
Στα Σχήματα 2.22-2.31 παρουσιάζεται η ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου, στη διάρκεια της χρονικής περιόδου συνεχούς καταγραφής του σε κάθε ένα από τους υπό μελέτη σταθμούς.



Σχήμα 2.22. Ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Μεγαλόπολη - Δημοτικό Σχολείο», στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000.

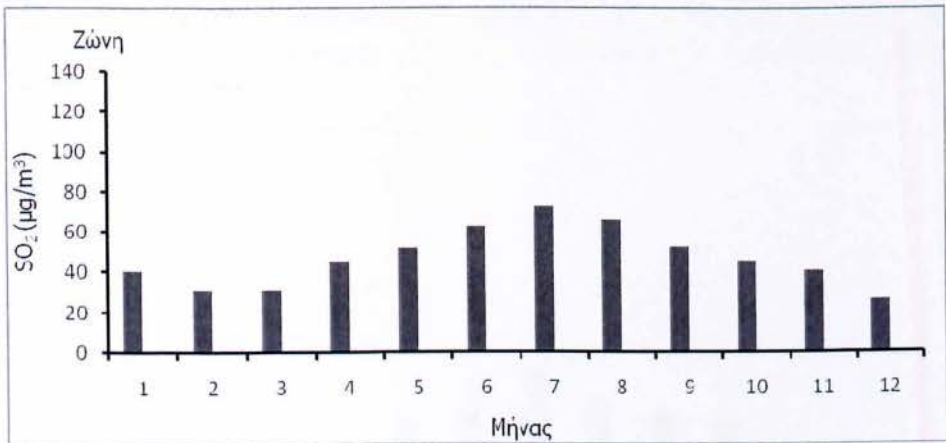
Στο Σχήμα 2.22 παρουσιάζεται η ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Μεγαλόπολη - Δημοτικό Σχολείο», στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000. Παρατηρώντας την μορφή της απεικονιζόμενης ενδοετήσιας μεταβολής διαπιστώνεται ότι αυτή χαρακτηρίζεται από μέγιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους (Ιούλιος) και ελάχιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους (Δεκέμβριος). Η μορφή

αυτή ενδεχομένως μπορεί να αποδοθεί στο μέγεθος του φόρτου λειτουργίας των μονάδων για την ικανοποίηση της κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της χώρας που εμφανίζονται αρκετά περισσότερο αυξημένες στη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους.



Σχήμα 2.23. Ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Μεγαλόπολη - Οικισμός», στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000.

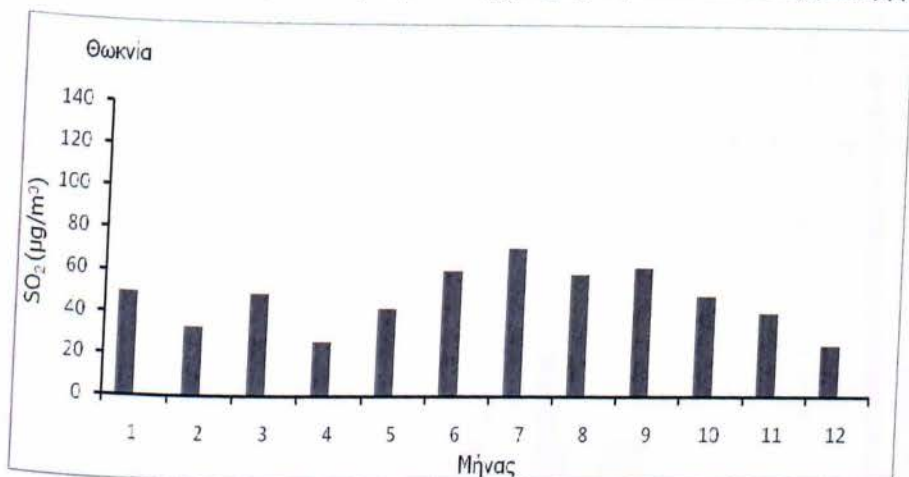
Στο Σχήμα 2.23 απεικονίζεται η ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Μεγαλόπολη - Οικισμός», στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000. Παρατηρώντας τη μορφή της απεικονιζόμενης ενδοετήσιας μεταβολής διαπιστώνεται ότι αυτή ακριβώς την ίδια μορφή με αυτή του Σχήματος 2.22, με μόνη διαφοροποίηση να παρουσιάζει μικρότερο εύρος μεταβολής.



Σχήμα 2.24. Ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ζώνη», στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000.

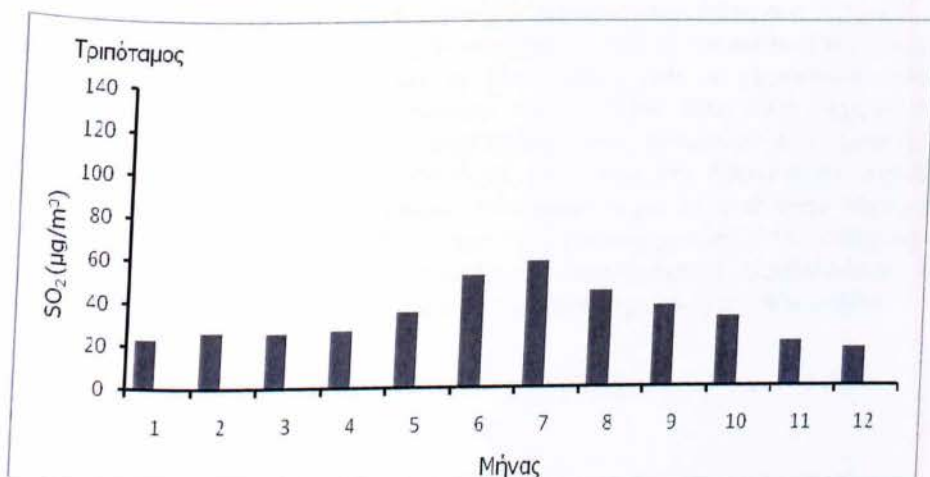
Στο Σχήμα 2.24 απεικονίζεται η ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ζώνη», στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000. Παρατηρώντας τη μορφή της απεικονιζόμενης ενδοετήσιας μεταβολής διαπιστώνεται ότι αυτή ακριβώς την ίδια μορφή με αυτή των Σχημάτων 2.22 και 2.23, δηλαδή με

μέγιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους (Ιούλιος) και ελάχιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους (Δεκέμβριος).



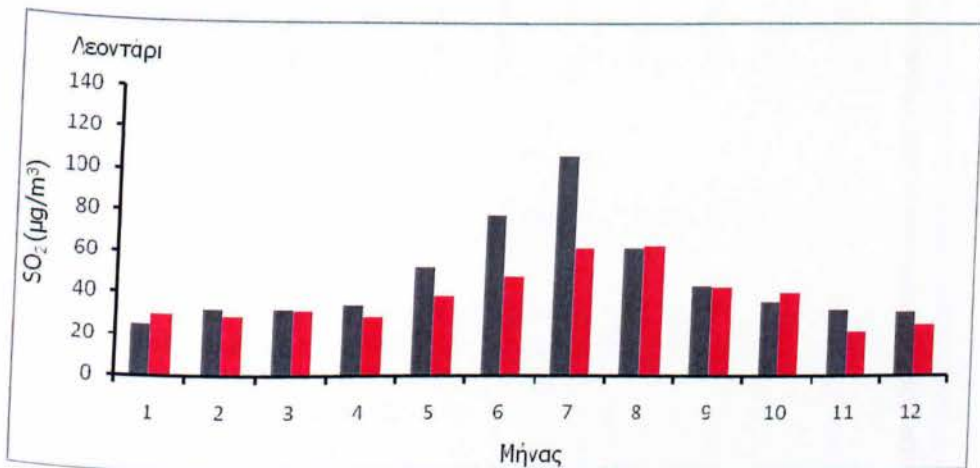
Σχήμα 2.25. Ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Θωκνία», στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000.

Στο Σχήμα 2.25 απεικονίζεται η ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Θωκνία», στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000. Παρατηρώντας τη μορφή της απεικονιζόμενης ενδοετήσιας μεταβολής διαπιστώνεται ότι αυτή εμφανίζει την ίδια περίπου μορφή με αυτή των προηγούμενων θέσεων καταγραφής, δηλαδή με μέγιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους (Ιούλιος) και ελάχιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους (Δεκέμβριος). Βέβαια, εμφανίζει και μια ιδιαιτερότητα εμφάνισης σχετικά μεγάλων τιμών στη διάρκεια της περιόδου Ιανουαρίου-Μαρτίου, η οποία ενδεχομένως μπορεί να αποδοθεί στις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες στη συγκεκριμένη θέση καταγραφής οι οποίες να προκαλούσαν συνθήκες μη καλής διάχυσης και διασποράς.



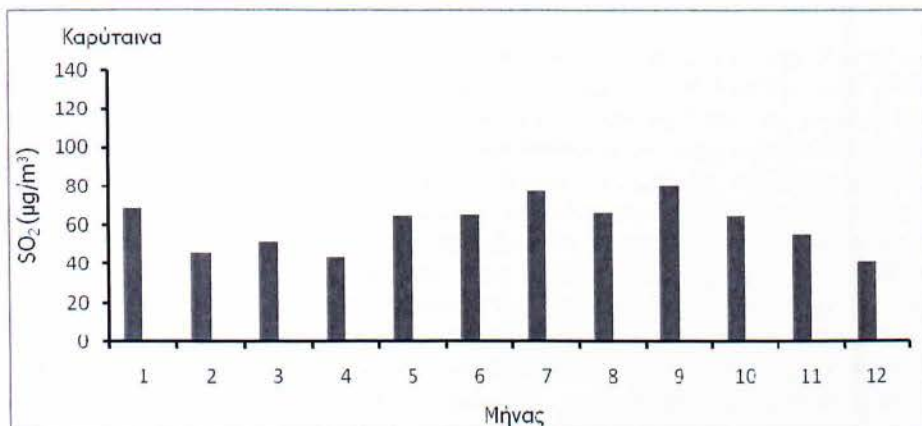
Σχήμα 2.26. Ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Τριπόταμος», στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000.

Στο Σχήμα 2.26 απεικονίζεται η ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Τριπόταμος», στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000. Παρατηρώντας τη μορφή της απεικονιζόμενης ενδοετήσιας μεταβολής διαπιστώνεται ότι αυτή ακριβώς την ίδια μορφή με αυτή των προηγούμενων θέσεων καταγραφής, δηλαδή με μέγιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους (Ιούλιος) και ελάχιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους (Δεκέμβριος), με μόνη διαφορά τα χαμηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης του ρύπου.



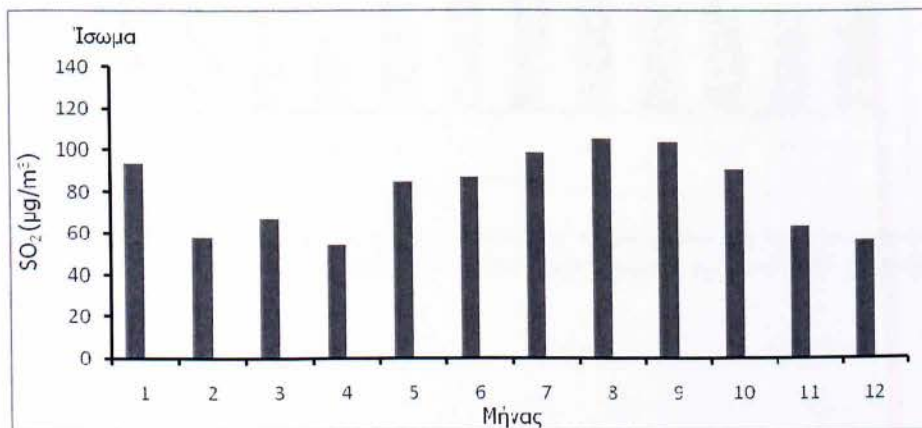
Σχήμα 2.27. Ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Λεοντάρι», στη διάρκεια των περιόδων 1997-2000 (γκρι χρώμα) και 2003-2006 (κόκκινο χρώμα).

Στο Σχήμα 2.27 απεικονίζεται η ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Λεοντάρι», στη διάρκεια των περιόδων 1997-2000 (γκρι χρώμα) και 2003-2006 (κόκκινο χρώμα). Παρατηρώντας τις μορφές της απεικονιζόμενης ενδοετήσιας μεταβολής διαπιστώνεται ότι αυτή εμφανίζει ακριβώς την ίδια μορφή με αυτή των προηγούμενων θέσεων καταγραφής, δηλαδή με μέγιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους και ελάχιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους. Οι ουσιαστικές διαφορές ανάμεσα στις δύο περιόδους μελέτης είναι αφενός μεν τα χαμηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης του ρύπου στη διάρκεια της περιόδου 2003-2006 (Σχήμα 2.27, κόκκινο χρώμα), αφετέρου δε το μεγαλύτερο εύρος μεταβολής που εμφανίζει η ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του ρύπου στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000 (Σχήμα 2.27, γκρι χρώμα) συγκρινόμενο με το αντίστοιχο εύρος στη διάρκεια της περιόδου 2003-2006 (Σχήμα 2.27, κόκκινο χρώμα). Αυτό ενδεχομένως μπορεί να αποδοθεί στα μέτρα προστασίας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, π.χ. αλλαγή των φίλτρων στις μονάδες παραγωγής ενέργειας, που έχουν ήδη ληφθεί.



Σχήμα 2.28. Ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Καρύταινα», στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000.

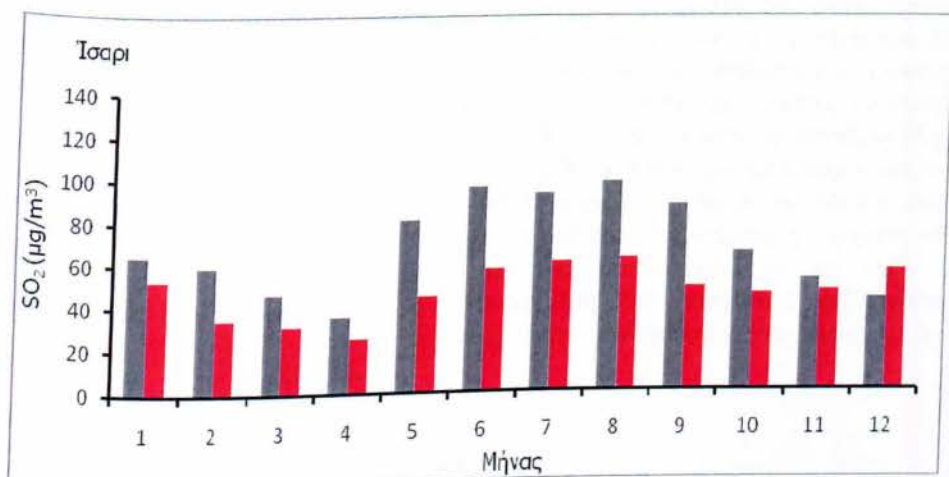
Στο Σχήμα 2.28 απεικονίζεται η ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Καρύταινα», στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000. Παρατηρώντας τη μορφή της απεικονιζόμενης ενδοετήσιας μεταβολής διαπιστώνεται ότι αυτή εμφανίζει την ίδια περίπου μορφή με αυτή της θέσης καταγραφής «Θωκνία» (Σχήμα 2.25), με μικρή διαφοροποίηση ως προς το επίπεδο συγκέντρωσης του ρύπου.



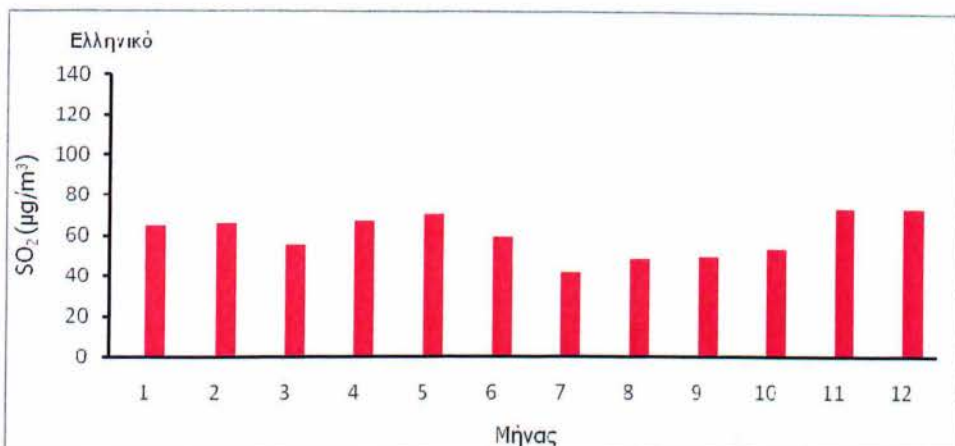
Σχήμα 2.29. Ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ισωμα», στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000.

Στο Σχήμα 2.29 απεικονίζεται η ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ισωμα», στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000. Παρατηρώντας τη μορφή της απεικονιζόμενης ενδοετήσιας μεταβολής διαπιστώνεται ότι αυτή εμφανίζει την ίδια περίπου μορφή με αυτή των θέσεων καταγραφής «Θωκνία» (Σχήμα 2.25) και «Καρύταινα» (Σχήμα 2.28), με αρκετή διαφοροποίηση ως προς το επίπεδο συγκέντρωσης του ρύπου και το εύρος της ενδοετήσιας μεταβολής.

Στο Σχήμα 2.30 απεικονίζεται η ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ισαρι», στη διάρκεια των περιόδων 1997-2000 (γκρι χρώμα) και 2003-2006 (κόκκινο χρώμα). Παρατηρώντας τις μορφές της απεικονιζόμενης ενδοετήσιας μεταβολής διαπιστώνεται ότι αυτή εμφανίζει ακριβώς την ίδια μορφή με αυτή των προηγούμενων θέσεων καταγραφής, δηλαδή με μέγιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους και ελάχιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους. Οι ουσιαστικές διαφορές ανάμεσα στις δύο περιόδους μελέτης είναι αφενός μεν τα χαμηλότερα επίπεδα συγκέντρωσης του ρύπου στη διάρκεια της περιόδου 2003-2006 (Σχήμα 2.30, κόκκινο χρώμα), με εξαίρεση το μήνα Δεκέμβριο, αφετέρου δε το μεγαλύτερο εύρος μεταβολής που εμφανίζει η ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του ρύπου στη διάρκεια της περιόδου 1997-2000 (Σχήμα 2.30, γκρι χρώμα) συγκρινόμενο με το αντίστοιχο εύρος στη διάρκεια της περιόδου 2003-2006 (Σχήμα 2.30, κόκκινο χρώμα). Αυτό ενδεχομένως μπορεί να αποδοθεί στα μέτρα προστασίας του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, π.χ. αλλαγή των φίλτρων στις μονάδες παραγωγής ενέργειας, που έχουν ήδη ληφθεί.



Σχήμα 2.30. Ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ισαρι», στη διάρκεια των περιόδων 1997-2000 (γκρι χρώμα) και 2003-2006 (κόκκινο χρώμα).



Σχήμα 2.31. Ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ελληνικό», στη διάρκεια της περιόδου 2003-2006.

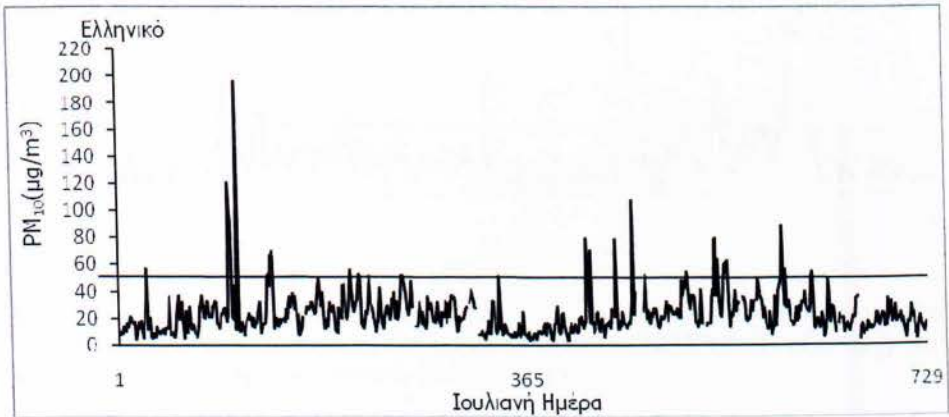
Στο Σχήμα 2.31 απεικονίζεται η ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου στο σταθμό «Ελληνικό», στη διάρκεια της περιόδου 2003-2006. Παρατηρώντας τη μορφή της απεικονιζόμενης ενδοετήσιας μεταβολής διαπιστώνεται ότι αυτή διαφοροποιείται από τις αντίστοιχες μορφές ενδοετήσιας μεταβολής του ρύπου που εμφανίζεται στις θέσεις καταγραφής «Λεοντάρι» (Σχήμα 2.25, κόκκινο χρώμα) και «Ίσαρι» (Σχήμα 2.30, κόκκινο χρώμα), παρουσιάζοντας μέγιστο στη διάρκεια της χρονικής περιόδου μεταξύ Νοεμβρίου και Μαΐου, ενώ το ελάχιστο εμφανίζεται μεταξύ Ιουνίου και Οκτωβρίου. Για καλύτερη ερμηνεία αυτής της μορφής, η έρευνα θα πρέπει να γίνει συνδυαστικά με τις τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων στη συγκεκριμένη θέση (ταχύτητα και διεύθυνση πνέοντος ανέμου και σχετική υγρασία) ώστε ενδεχομένως να αιτιολογηθεί η συγκεκριμένη διαφοροποίηση.

14.2. ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

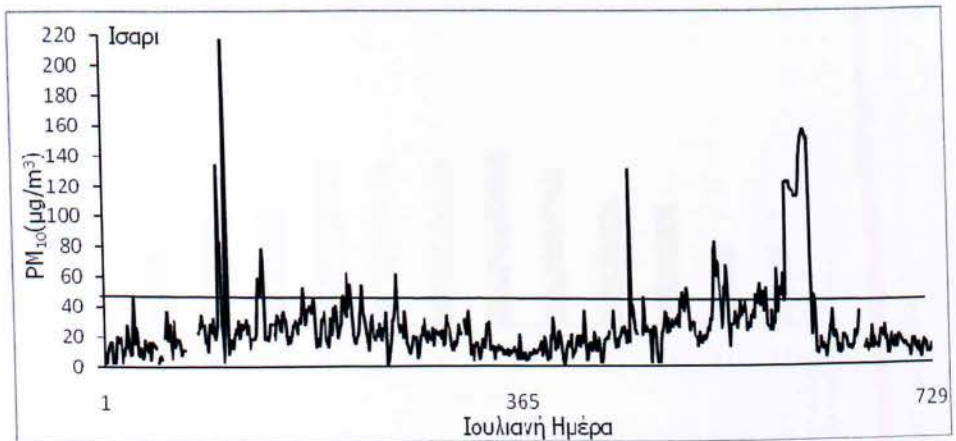
Στα Σχήματα 2.32-2.34 παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη των ημερήσιων τιμών συγκέντρωσης των PM₁₀, με βάση την Κοινοτική Οδηγία 1999/30/ΕΚ, στη διάρκεια της 2-ετούς χρονικής περιόδου συνεχούς καταγραφής του σε κάθε ένα από τους υπό μελέτη σταθμούς. Κατά την υπό μελέτη 2-ετία, 2005-2006, υπήρχαν καταγραφές των ημερήσιων τιμών συγκέντρωσης των PM₁₀ στους σταθμούς: Ελληνικό, Λεοντάρι και Ίσωμα. Σύμφωνα με τη σχετική Κοινοτική Οδηγία, υπολογίζεται ο αριθμός των ημερών κατά τη διάρκεια των οποίων η μέση ημερήσια συγκέντρωση υπερέβαινε τη θεσμοθετημένη οριακή τιμή. Η οριακή αυτή τιμή είναι τα 50 µg/m³ (μέση 24ώρη τιμή) και υπέρβαση της τιμής αυτής δεν πρέπει να σημειώνεται για περισσότερες από 35 ημέρες το χρόνο, δηλαδή το μέγιστο ετήσιο επιτρεπτό ποσοστό υπερβάσεων φθάνει στο 9.6% επί του συνόλου των ημερών του έτους.

Στο Σχήμα 2.32 παρουσιάζεται η διαχρονική εξέλιξη των ημερήσιων τιμών συγκέντρωσης των PM₁₀ στο σταθμό «Ελληνικό» στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου. Από το σχήμα διαπιστώνεται ότι ο αριθμός των ημερών που η τιμή συγκέντρωσης του ρύπου υπερέβη τη θεσμοθετημένη τιμή είναι τα 50 µg/m³ που για

τα δύο έτη ήταν 37, άρα δεν υπάρχει πρόβλημα υπερβάσεων στο συγκεκριμένο σταθμό.

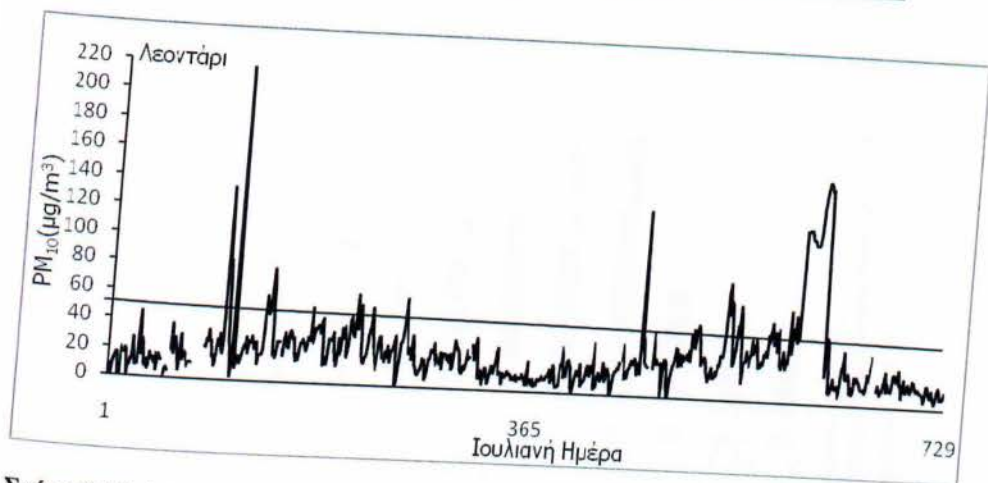


Σχήμα 2.32. Διαχρονική εξέλιξη των ημερήσιων τιμών συγκέντρωσης των PM_{10} στο σταθμό «Ελληνικό», στη διάρκεια της υπό μελέτη 2-ετούς περιόδου 2005-2006. Η οριζόντια γραμμή αντιστοιχεί στη μέση ημερήσια οριακή τιμή ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



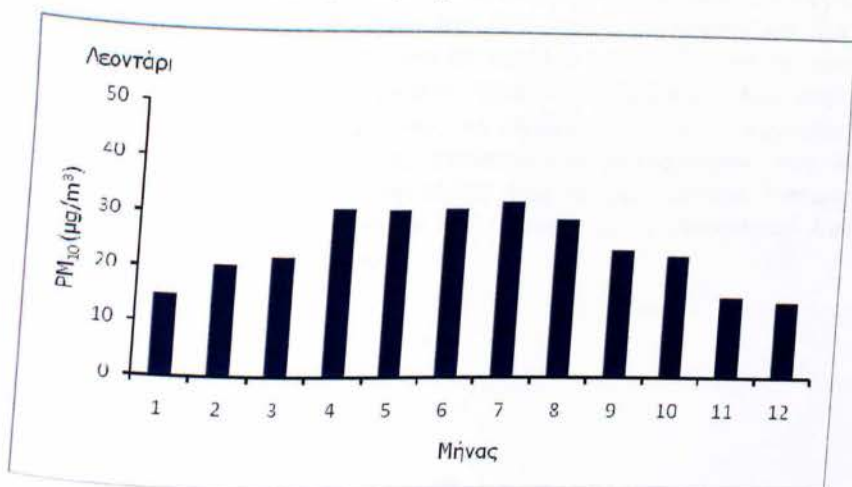
Σχήμα 2.33. Διαχρονική εξέλιξη των ημερήσιων τιμών συγκέντρωσης των PM_{10} στο σταθμό «Ισαρι», στη διάρκεια της υπό μελέτη 2-ετούς περιόδου 2005-2006. Η οριζόντια γραμμή αντιστοιχεί στη μέση ημερήσια οριακή τιμή ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Στα Σχήματα 2.33 και 2.34 απεικονίζεται η διαχρονική εξέλιξη των ημερήσιων τιμών συγκέντρωσης των PM_{10} στους σταθμούς «Ισαρι» και «Λεοντάρι» αντίστοιχα, στη διάρκεια της υπό μελέτη περιόδου. Από τα σχήματα διαπιστώνεται ότι ο αριθμός των ημερών που η τιμή συγκέντρωσης του ρύπου υπερέβη τη θεσμοθετημένη τιμή είναι τα $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ που για τα δύο έτη ήταν αντίστοιχα 53 και 25, άρα δεν υπάρχει πρόβλημα υπερβάσεων στους συγκεκριμένους σταθμούς στη διάρκεια της συγκεκριμένης περιόδου.



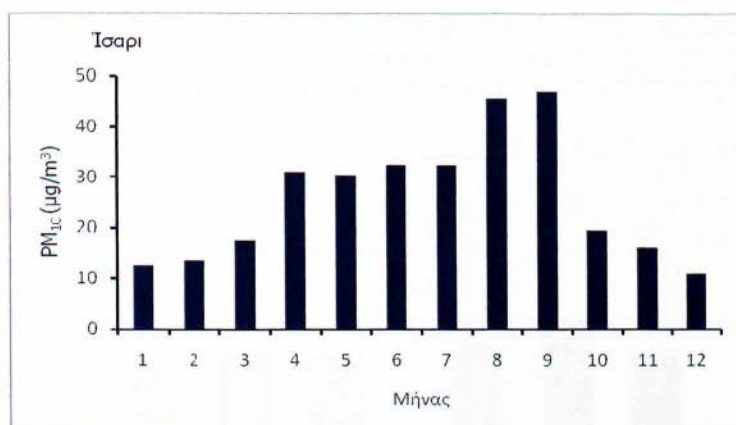
Σχήμα 2.34. Διαχρονική εξέλιξη των ημερήσιων τιμών συγκέντρωσης των PM_{10} στο σταθμό «Λεοντάρι», στη διάρκεια της υπό μελέτη 2-ετούς περιόδου 2005-2006. Η οριζόντια γραμμή αντιστοιχεί στη μέση ημερήσια οριακή τιμή ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Στη συνέχεια μελετάται η ενδοετήσια μεταβολή των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} στη διάρκεια της χρονικής περιόδου συνεχούς καταγραφής του ρύπου σε κάθε ένα από τους υπό μελέτη τρεις σταθμούς.



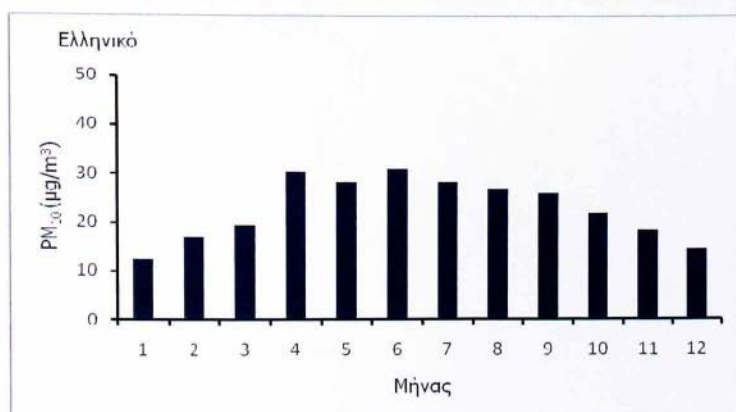
Σχήμα 2.35. Ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων των PM_{10} στο σταθμό «Λεοντάρι», στη διάρκεια της περιόδου 2005-2006.

Από τη μελέτη της ενδοετήσιας μεταβολής των συγκεντρώσεων των PM_{10} στους σταθμούς «Λεοντάρι» (Σχήμα 2.35) και «Ελληνικό» (Σχήμα 2.37), εμφανίζει μέγιστο στη διάρκεια της περιόδου Απριλίου-Οκτωβρίου και ελάχιστο στη διάρκεια της περιόδου Νοεμβρίου-Μαρτίου. Η μορφή αυτή ενδεχομένως να συνδέεται με τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούσαν στις θέσεις καταγραφής του ρύπου, στη διάρκεια της διετούς περιόδου μελέτης. Για την πλήρη ερμηνεία της απαιτείται λεπτομερής μελέτη των μετεωρολογικών παραμέτρων και σύνδεση με την κλιματολογία των συγκεκριμένων θέσεων καταγραφής.



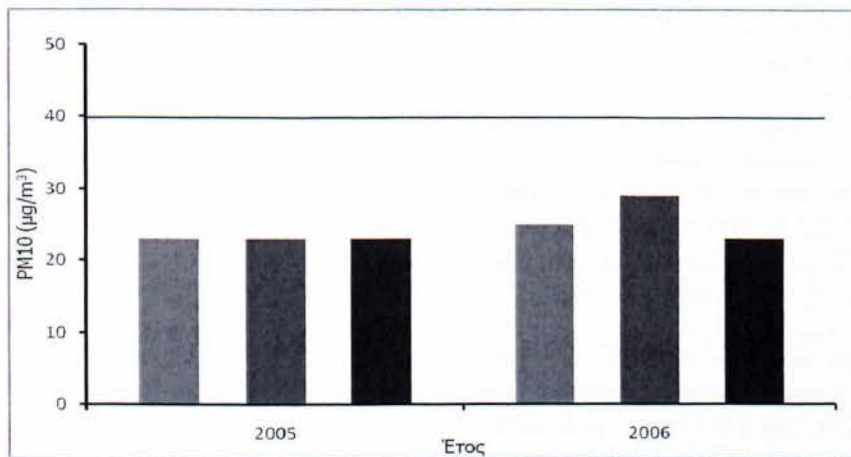
Σχήμα 2.36. Ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων των PM₁₀ στο σταθμό «Ισαρι», στη διάρκεια της περιόδου 2005-2006.

Από τη μελέτη της ενδοετήσιας μεταβολής των συγκεντρώσεων των PM₁₀ στο σταθμό «Ισαρι» (Σχήμα 2.36), διαπιστώθηκε μέγιστο στη διάρκεια της περιόδου Απριλίου-Σεπτεμβρίου και ελάχιστο στη διάρκεια της περιόδου Οκτωβρίου-Μαρτίου. Πιο συγκεκριμένα, στη διάρκεια των δύο μηνών Αυγούστου και Σεπτεμβρίου οι μέσες μηνιαίες τιμές προσαυξάνονται περίπου κατά 50%, έναντι των τιμών των προηγούμενων τιμών της περιόδου Απριλίου-Σεπτεμβρίου. Και στην περίπτωση αυτή, η μορφή αυτή ενδεχομένως να συνδέεται με την τοπογραφία της θέσης καταγραφής, τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούσαν, στη διάρκεια της διετούς περιόδου μελέτης. Για την πλήρη ερμηνεία της απαιτείται λεπτομερής μελέτη των μετεωρολογικών παραμέτρων και σύνδεση με το γεωγραφικό ανάγλυφο της συγκεκριμένης θέσης καταγραφής.



Σχήμα 2.37. Ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων των PM₁₀ στο σταθμό «Ελληνικό», στη διάρκεια της περιόδου 2005-2006.

Τέλος, μελετάται η εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} στη διάρκεια της διετούς χρονικής περιόδου συνεχούς καταγραφής του ρύπου σε κάθε ένα από τους υπό μελέτη τρεις σταθμούς.



Σχήμα 2.38. Διαχρονική εξέλιξη των ετήσιων τιμών της συγκέντρωσης των PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) στους σταθμούς Λεοντάρι (ανοικτό γκρι), Ίσαρι (σκούρο γκρι) και Ελληνικό (μαύρο). Η οριζόντια γραμμή αντιστοιχεί στην ετήσια επιτρεπτή τιμή συγκέντρωσης $40\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Στο Σχήμα 2.38 απεικονίζονται οι μέσες ετήσιες τιμές συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) στους τρεις σταθμούς Λεοντάρι (ανοικτό γκρι), Ίσαρι (σκούρο γκρι) και Ελληνικό (μαύρο), κατά τη διάρκεια της διετίας 2005-2006. Στο ίδιο σχήμα εμφανίζεται και η οριζόντια γραμμή που αντιστοιχεί στην ετήσια επιτρεπτή τιμή συγκέντρωσης των $40\mu\text{g}/\text{m}^3$, από την οποία διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει υπέρβαση σε κανένα σταθμό στη διάρκεια της διετίας που μελετάται. Η μέγιστη ετήσια τιμή συγκέντρωσης καταγράφηκε στο σταθμό «Ίσαρι» το έτος 2006 με τιμή συγκέντρωσης $29\mu\text{g}/\text{m}^3$.

15. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων και ειδικότερα από τα Σχήματα (2.2–2.31), που αφορούν τις υπερβάσεις του διοξειδίου στην ατμόσφαιρα της περιοχής, διαπιστώνεται υπέρβαση των ορίων του SO₂, που έχουν τεθεί από τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες 1999/30/ΕΚ, 2000/69/ΕΚ σε όλους τους σταθμούς και για όλα τα έτη. Πιο συγκεκριμένα, από τα Σχήματα 2.2–2.11 εξετάζοντας την πρώτη τετραετία 1997-2000 διαπιστώνεται ότι ο μεγαλύτερος αριθμός ημερών με υπερβάσεις καταγράφεται το 1999 στο σταθμό Ίσωμα, με 99 ημέρες υπέρβασης με μέγιστη τιμή συγκέντρωσης του ρύπου SO₂ να σημειώνεται στις 15 Σεπτεμβρίου του 1999 και είναι 578μg/m³ και η μέση τιμή της συγκέντρωσης του SO₂ κατά τη διάρκεια του μήνα Σεπτεμβρίου ήταν 168.30μg/m³, η οποία είναι και η μεγαλύτερη του έτους για όλους τους σταθμούς.

Εξετάζοντας την δεύτερη τετραετία 2003-2006 διαπιστώνουμε ότι τον μεγαλύτερο αριθμό ημερών που έχουν καταγραφεί με υπέρβαση στο SO₂ κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου τον συναντάμε στον σταθμό Ελληνικό της Μεγαλόπολης το 2006 με αριθμό ημερών με υπέρβαση του SO₂ τις 86 ημέρες. Οι περισσότερες καταγράφονται τον μήνα Μάιο του 2006 όπου οι ημέρες με υπέρβαση φτάνουν τις 22 με μέγιστη τιμή σε συγκέντρωση του ρύπου SO₂, 247μg/m³ που σημειώθηκε στις 24/5/2006, με αποτέλεσμα η μέση τιμή συγκέντρωσης του SO₂ για το μήνα Μάιο είναι 162.52μg/m³.

Συγκρίνοντας τα σχήματα 2.7 και 2.10, για τα οποία υπήρχαν καταγραφές και για τις δύο τετραετίες για τους σταθμούς Λεοντάρι και Ίσαρι Μεγαλόπολης διαπιστώνουμε ότι σε γενικές γραμμές υπάρχει μια μείωση στις ημέρες με υπέρβαση του ρύπου SO₂ της τάξης των περίπου 2.2 ημερών ανά έτος. Αυτό οφείλεται στην αλλαγή των 6 ηλεκτροστατικών φίλτρων λιγνίτη στην οροφή το λεβητοστασίου της λιγνιτικής Μονάδας III με αποτέλεσμα να ραφινάρονται οι ρύποι που διαφεύγουν από την πηγή ρύπανσης (http://www.metka.gr/Uploads/ANNUAL_REPORTS/2004/ETISIO_DELTIO_2004METKA.pdf). Παρατηρώντας τα δύο σχήματα (2.7 και 2.10), διαπιστώνουμε ότι στο σταθμό Ίσαρι η μεγαλύτερη τιμή ημερών με υπέρβαση, που καταγράφεται είναι το 1999 με 58 ημέρες υπέρβασης, με 11 από αυτές να καταγράφονται τον Σεπτέμβριο, εκ των οποίων 4 χαρακτηρίζονται ως πολύ υψηλές >300μg/m³ η μεγαλύτερη που σημειώνεται είναι στις 24/9/1999 με τιμή 791μg/m³ και μέση τιμή του μήνα 156.63μg/m³. Σε αντίθεση, ο σταθμός που παρουσιάζει μέγιστο αριθμό ημερών με υπέρβαση του ρύπου SO₂ κατά τη διάρκεια της δεύτερης τετραετίας 2003-2006 είναι ο σταθμός του Λεονταρίου Μεγαλόπολης με αριθμό ημερών με υπέρβαση του διοξειδίου του θείου 51 ημέρες το 2005 κατά τη διάρκεια των οποίων τα επίπεδα της ρύπανσης χαρακτηρίζονται μέτρια και μόνο 2 ημέρες από τις 51 τα επίπεδα ρύπανσης SO₂ θεωρούνται υψηλά τον μήνα Αύγουστο στις 17/8/2005 με τιμή 252μg/m³ και στις 20/8/2005 με τιμή ρύπου 279μg/m³. Συνέπεια αυτών είναι, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος εμφανίζουν τις μεγαλύτερες μέσες τιμές συγκέντρωσης του ρύπου SO₂ με αντίστοιχες τιμές 134.48μg/m³ και 134.77μg/m³. Αυτό οφείλεται στις θερμοκρασίες οι οποίες είναι υψηλές τους καλοκαιρινούς μήνες στην περιοχή και φτάνουν μέχρι και τους 41°C, ενώ επικρατεί άπνοια και ανομβρία (http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf).

Συγκρινόμενα τα Σχήματα 2.7 και 2.10 διαπιστώνεται, ότι ο αριθμός των ημερών με υπέρβαση του SO₂ στη διάρκεια της δεύτερης τετραετίας είναι σημαντικά μικρότερος αλλά και συγκρίνοντας τα επίπεδα τιμών συγκέντρωσης του ρύπου SO₂

στα μέγιστα παρατηρείται ότι οι τιμές συγκέντρωσης είναι και αυτές σημαντικά μειωμένες, σε αυτό φυσικά έχει συμβάλει σημαντικά η τοποθέτηση φίλτρων το 2003 στη Μονάδα III (http://www.metka.gr/Uploads/ANNUAL_REPORTS/2004/ETISIO_DELTIO_2004METKA.pdf).

Θα πρέπει να επισημανθεί, ότι παρόλη τη μείωση του ρύπου SO₂ τόσο σε ημέρες υπέρβασης, όσο και στις ίδιες τις τιμές συγκέντρωσης του ρύπου, η κατάσταση δεν μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική. Η περιοχή ρυπαίνεται υπερβολικά και δεν τηρούνται τα όρια για το SO₂ που έχουν τεθεί από τις Κοινοτικές Οδηγίες μέχρι 3 ημέρες ανά έτος με μοναδική εξαίρεση το 2006 στο σταθμό του Λεονταρίου που εμφανίζονται μόνο 2 ημέρες όλο το έτος με υπέρβαση την 1/4/2006 με τιμή 187μg/m³ και στις 17/11/2006 με τιμή 146μg/m³, αντίστοιχα.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι, οι συνθήκες που επικρατούσαν εκείνες τις ημέρες στην περιοχή, βάσει των διαθέσιμων στοιχείων, ήταν:

- για την 1/4/2006 η μέγιστη ωριαία τιμή συγκέντρωσης του ρύπου εμφανίζεται στις 12:00 με τιμή 532μg/m³ ο άνεμος ήταν Βόρειος, η σχετική υγρασία 42.6%, η θερμοκρασία 16.8°C και η ταχύτητα του ανέμου 2.5m/s.
- για τις 17/11/2006 η μέγιστη ωριαία τιμή συγκέντρωσης του ρύπου εμφανίζεται στις 14:00 με τιμή 476μg/m³, ο άνεμος ήταν Βόρειος, η σχετική υγρασία 48% η θερμοκρασία 13.5°C και η ταχύτητα του ανέμου 1.9m/s.

Από την επεξεργασία είναι δυνατόν να συμπεράνει κανείς ότι οι ώρες, που εμφανίζονται τα μέγιστα συνήθως είναι οι μεσημβρινές ώρες, με συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, άπνοια ή ασθενείς βόρειους ανέμους.

Από τα Σχήματα 2.12–2.21, που αφορούν τη διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου SO₂, με βάση την Κοινοτική Οδηγία 1999/30/EK και την 2008/50/EK στη διάρκεια της χρονικής περιόδου συνεχούς καταγραφής του κάθε ένα από τους υπό μελέτη σταθμούς διαπιστώνεται ότι ο μεγαλύτερος ετήσιος ρυθμός μεταβολής των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του SO₂ για την πρώτη τετραετία εμφανίζεται στον σταθμό Μεγαλόπολη - Δημοτικό Σχολείο. Η τιμή είναι 6.7μg/m³ ανά έτος με ανώτερη μέση ετήσια τιμή συγκέντρωσης του ρύπου 64.47μg/m³ το έτος 2000. Ο μεγαλύτερος ετήσιος ρυθμός μεταβολής των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του SO₂ κατά τη δεύτερη τετραετία εμφανίζεται στο σταθμό Ελληνικό με τιμή 13.3μg/m³ ανά έτος με μεγαλύτερη μέση ετήσια τιμή συγκέντρωσης του ρύπου 162.52μg/m³ το 2006.

Η μεγαλύτερη τιμή μείωσης του ετήσιου ρυθμού μεταβολής των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του ρύπου παρατηρείται στο σταθμό Καρύταινα και είναι -6.3μg/m³ ανά έτος και η μικρότερη τιμή μείωσης του ετήσιου ρυθμού μεταβολής των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του ρύπου εμφανίζεται στο σταθμό Μεγαλόπολη-Οικισμός με τιμή -0.069μg/m³ ανά έτος.

Συγκρίνοντας τα Σχήματα 2.17 και 2.20 όπου για τους σταθμούς Λιοντάρι και Ίσαρι όπου υπάρχουν μετρήσεις και για τις 2 τετραετίες παρατηρείται ότι:

- στο σταθμό του Λεονταρίου στη διάρκεια της τετραετίας 1997-2000 εμφανίζεται πτωτική συμπεριφορά με ετήσιο ρυθμό μεταβολής των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του SO₂ 1.42μg/m³ ανά έτος, ενώ στη διάρκεια της τετραετίας 2003-2006 εμφανίζεται μικρή ανοδική συμπεριφορά με ετήσιο με ετήσιο ρυθμό μεταβολής της τάξης των 1.2μg/m³ ανά έτος.
- Στο σταθμό του Ίσαρη κατά τη διάρκεια της τετραετίας 1997-2000 εμφανίζεται ανοδική εξέλιξη του ετήσιου ρυθμού μεταβολής του SO₂ κατά 0.7μg/m³ ανά έτος, αλλά και κατά τη διάρκεια της τετραετίας εμφανίζεται ανοδική εξέλιξη του ετήσιου ρυθμού μεταβολής ίση με 7.2μg/m³ ανά έτος.

Είναι φανερό, ότι και στους δύο σταθμούς παρατηρείται σημαντική μείωση στα ετήσια επίπεδα συγκέντρωσης, αλλά δυστυχώς, δεν είναι αρκετή ώστε να θεωρήσουμε ότι συμφωνεί με τις απαιτήσεις των ορίων που έχουν τεθεί από τις αντίστοιχες Κοινοτικές Οδηγίες.

Από τα Σχήματα 2.22-2.31, που απεικονίζουν την ενδοετήσια μεταβολή των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του θείου διαπιστώνεται ότι χαρακτηρίζεται από μέγιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους και ελάχιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στις απαιτήσεις κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της χώρας που εμφανίζονται πιο αυξημένες στη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους. Εξάιρεση αποτελεί ο σταθμός του Ελληνικού που εμφανίζει μέγιστο στη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους γεγονός που ενδεχομένως μπορεί να αποδοθεί στο τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής σε συνδυασμό με τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες.

Από τα Σχήματα 2.27 και 2.30 που απεικονίζουν τη μεταβολή των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης του διοξειδίου του θείου στους σταθμούς του Λεονταρίου και του Ίσαρι στη διάρκεια των περιόδων 1997-2000 και 2003-2006 διαπιστώνεται ότι εμφανίζεται σημαντική μείωση κατά τη διάρκεια της δεύτερης περιόδου. Σε αυτό ενδεχομένως έχει συμβάλει σημαντικά η τοποθέτηση των ηλεκτροστατικών φίλτρων μετά το έτος 2003.

Από τα Σχήματα 2.32-2.34 όπου απεικονίζεται η διαχρονική εξέλιξη των μέσων ημερήσιων τιμών συγκέντρωσης των PM_{10} στη διάρκεια της 2-ετούς περιόδου 2005-2006 συνεχούς καταγραφής των στους σταθμούς Ελληνικό, Λεοντάρι και Ίσαρι. Με βάση τις Κοινοτικές Οδηγίες 1999/30/ΕΚ και 2008/50/ΕΚ διαπιστώνεται ότι ο σταθμός που εμφανίζει τις περισσότερες ημέρες υπέρβασης της ημερήσιας οριακής τιμής ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$) είναι ο σταθμός Ίσαρι που το έτος 2006 οι καταγραφείσες ημέρες υπέρβασης είναι 39 και οι περισσότερες εμφανίζονται κατά τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο, 13 και 14 ημέρες αντίστοιχα. Η ημέρα κατά την οποία καταγράφεται η μεγαλύτερη συγκέντρωση αιωρούμενων σωματιδίων είναι για όλους τους σταθμούς η 17 Απριλίου 2005 και μεγαλύτερη τιμή συγκέντρωσης του ρύπου καταγράφηκε στο σταθμό Ίσαρι και ήταν $217\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Από τα Σχήματα 2.35-2.37 όπου απεικονίζεται η ενδοετήσια μεταβολή των PM_{10} στην διάρκεια της διετίας 2005-2006 σε κάθε έναν από τους εξεταζόμενους σταθμούς διαπιστώνεται ότι χαρακτηρίζεται από μέγιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους και ελάχιστο που εμφανίζεται στη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους, γεγονός που και στην περίπτωση αυτή μπορεί να αποδοθεί στις απαιτήσεις κάλυψης των ενεργειακών αναγκών της χώρας που εμφανίζονται πιο αυξημένες στη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους. Επίσης διαπιστώνεται ότι στο σταθμό Ίσαρι εμφανίζεται μια τροποποίηση της μορφής της ετήσιας πορείας με ελαφρά ολίσθηση του μεγίστου στο τέλος της θερμής περιόδου του έτους.

Από το σχήμα 2.38 που απεικονίζει τη διαχρονική εξέλιξη των μέσων ετήσιων τιμών συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων στους υπομελέτη σταθμούς, διαπιστώνεται ότι στη διετία 2005-2006 τα επίπεδα συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων ήταν μέσα στα επιτρεπτά όρια που έχουν τεθεί από τις αντίστοιχες Κοινοτικές Οδηγίες σε ότι αφορά την μέση ετήσια επιτρεπόμενη τιμή συγκέντρωσης ($40\mu\text{g}/\text{m}^3$).

16. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- Αθανασόπουλος, Β. (2011). Μελέτη λειτουργίας μονάδας αποθείωσης καυσαερίων που παράγονται από την καύση λιγνίτη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Πτυχιακή Εργασία), Τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ Πειραιά, Πειραιάς.
- Βασιλικιώτης, Γ. (1989). Χημεία Περιβάλλοντος. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- ΔΕΗ (1995). Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, Διεύθυνση Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας, Τομέας Συλλογής Στοιχείων και Μελετών Περιβάλλοντος, Μετρήσεις ρύπανσης του αέρα στην ευρύτερη περιοχή του ΑΗΣ Μεγαλόπολης, Απρίλιος 93 - Μάρτιος 95.
- Γεωργακάκη, Δ. (2009). Ατμοσφαιρική ρύπανση και κοινωνική ευθύνη. Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιά, Πειραιάς.
- Γεωργιάδης, Δ. (2007). Η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι επιπτώσεις στο αναπνευστικό σύστημα. Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Σχολή Επαγγελματιών Υγείας και Πρόνοιας, Τμήμα Φυσιοθεραπείας, Θεσσαλονίκη.
- Γορανίτης, Κ. (2007). Μελέτη της επίδρασης των ατμοσφαιρικών ρύπων στις εισαγωγές ασθενών από οξύ στεφανιαίο σύνδρομο σε νοσοκομεία, για την πόλη των Αθηνών. Διπλωματική Εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Βιώσιμης ανάπτυξης», Αθήνα.
- Ζάνης, Π. (2008). Σημειώσεις για την ρύπανση και Χημεία της Ατμόσφαιρας, Τμήμα Γεωλογίας Τομέας Μετεωρολογίας – Κλιματολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Καϊκτοής Α. Καρώνης, Δ. (2010). Επιπτώσεις της μεταβολής των προδιαγραφών στις εκπομπές πλοίων- τεχνολογίες μείωσης διοξειδίου του θείου. Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα.

- ΚΕ.ΕΛ.Π.ΝΟ. (2012). Γενικές πληροφορίες για τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία. Κέντρο Ελέγχου & Πρόληψης Νοσημάτων, Αθήνα.
- Κεφαλά, Λ., Μπαγανά, Μ. (2005). Ατμοσφαιρική ρύπανση και πράσινες λύσεις. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Διαπανεπιστημιακό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες», Θεσσαλονίκη.
- Κούβελα, Ι. (2009). Υπολογισμός θερμοδυναμικού κύκλου Ελληνικού Α.Η.Σ. σε συνθήκες μικτής καύσης ξηρού με φυσικό λιγνίτη. Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, Εργαστήριο Ατμοπαραγωγών και Θερμικών Εγκαταστάσεων, Αθήνα.
- Κρεβαθιανάκη, Ε. (2012). Ρύπανση – Κλιματικές Αλλαγές – Γεωργία. Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Ηράκλειο.
- Μελάς, Δ., Αλεξανδροπούλου, Α., Αμοιρίδης, Β., Κακαρίδου, Μ., Σουλακέλλης, Ν. (2000). Ατμοσφαιρική Ρύπανση, ΥΠΕΠΘ – Πανεπιστήμιο Αιγαίου, ΕΠΕΑΕΚ Ι, Αθήνα.
- Νουσιοπούλου, Θ. (2010). Βέλτιστες Τεχνικές Απορρύπανσης στις Βιομηχανίες και Εφαρμογή σε Τσιμεντοβιομηχανία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Φυσικής, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Φυσική Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη.
- Ντούτση, Ι. (2013). Μη Καταστρεπτικός Προσδιορισμός και Ταυτοποίηση των Πιγμεντών σε Ιστορικές Τοιχογραφίες με την χρήση Φασματοσκοπικών Μεθόδων. Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών, Αθήνα.
- Οδηγία 1996/62/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27ης Σεπτεμβρίου 1996 για την εκτίμηση και τη διαχείριση της ποιότητας του αέρα του περιβάλλοντος, Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 296 της 21/11/1996 σ. 0055 – 0063.
- Οδηγία 1996/92/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19ης Δεκεμβρίου 1996 σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 027 της 30/01/1997 σ. 0020 – 0029.

- Οδηγία 1999/30/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Απριλίου 1999 σχετικά με τις οριακές τιμές διοξειδίου του θείου, διοξειδίου του αζώτου και οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και μολύβδου, στον αέρα του περιβάλλοντος, Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 163 της 29/6/1999 σ. 0041 - 0060.
- Οδηγία 2001/80/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2001 για τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ορισμένων ρύπων, Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 309 της 27/11/2001 σ. 0001 - 0021.
- Οδηγία 2008/50/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 2008 για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη, Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 152 της 11/6/2008 σ. 0001 - 0044.
- Παλιατσός, Α.Γ. (2005α). Τεχνολογία Περιβάλλοντος – Εισαγωγή σε Θέματα Περιβάλλοντος. Τμήμα Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων, ΤΕΙ Πειραιά, Αθήνα.
- Παλιατσός, Α.Γ. (2005β). Ειδικά Θέματα Περιβάλλοντος. Τμήμα Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων, ΤΕΙ Πειραιά, Αθήνα.
- ΠΕΡΠΙΑ (1989). Η ατμοσφαιρική ρύπανση στην περιοχή της Αθήνας - Πηγές Ρύπανσης. Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Διεύθυνση Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Θορύβου, Τεχνική Έκθεση, Τόμος 2.

Διεθνής

- Boubel, R.W., Fox, D.L., Turner, D.B. and Stern, A.C. (1994). Fundamentals of air pollution. Academic Press.
- Council Directive 86/609/EEC of 24 November 1986 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States regarding the protection of animals used for experimental and other scientific purposes, Official Journal L 358, 18/12/1986, p. 0001 – 0028.
- Dow, K., Downing, T. (2011). The Atlas of Climate Change - Mapping the World's Greatest Challenge (ISBN: 978052026823).

Ιστοσελίδες Διαδικτύου

- <http://www.meteoclub.gr/themata/egkyklopaideia/5034-atmos-composition>
http://www.propagator.gr/mysite/index.php?option=com_content&view=article&id=100&Itemid=85
<http://www.meteoclub.gr/themata/egkyklopaideia/5034-atmos-composition>
<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>
<http://www.meteoclub.gr/themata/egkyklopaideia/5034-atmos-composition>
<http://www.air-quality.gr/co.php>
<http://www.ergoerevnitiki.gr/monoxidioc.htm>
<http://digitalschool.minedu.gov.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C124/54/420,1564/>
<http://www.breathetah.org/winter-pollution>
<http://kireas.org/smf/index.php?topic=1105.0>
<http://www.air-quality.gr/nox.php>
<http://www.air-quality.gr/pm.php>
<http://www.physics.ntua.gr/~papayannis/Articles%20for%20tamex/PMs-TSI.pdf>
http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/didaktea_ylh.htm
<http://www.nomika-epilekta.gr/strepsodikopanoyrgia/dokimia/epidraseis-toy-periballontos-se-mnimeia>
<http://www.britannica.com/EBchecked/media/69717/Branches-from-a-tree-in-Germanys-Black-Forest-show-needle>
<http://www.cyna.org/19ms/ctnt/synodos%204b/03.pdf>
<http://www.thessalonikiheartinstitute.gr/index.jsp?CMCCode=22&extLang=>
http://www.pneumonologist.gr/article.php?article_id=51&lang=gr
http://ec.europa.eu/eu_law/directives/directives_el.htm
http://www.ekdd.gr/ekdda/files/ergasies_esdd/12/3/358.pdf
http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf
<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/archsites/xwroi/thmeg.htm>
<http://www.skai.gr/news/environment/article/148335/aytoanaflegetai-o-lignitis-ston-ais-megalopolis/>
<http://www.econews.gr/2011/09/08/xavliodontes-megalopoli/>
http://www.hotelsline.gr/root/newhotel/mx/m_peloponnisos.asp
http://www.eib.org/attachments/pipeline/20100133_nts_el.pdf

<http://www.tovima.gr/science/article/?aid=397941>

<http://www.dei.gr/Default.aspx?id=900&nt=18&lang>

<http://www.ethnos.gr/entheta.asp?catid=23514&subid=2&pubid=63789548>

<http://www.dei.gr/Default.aspx?id=896&nt=18>

https://mapsengine.google.com/map/edit?gmp=mpp&pli=1&mid=zxsKhMO-i174.kt_cbo2p7O5A

http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3708/3/dimitrakopoulous_lignitemine.pdf

<http://climveget1.blogspot.gr/2011/04/2011-012011.html>

<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/karitena.htm>

<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/thoknia.htm>

<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/tripotamo.htm>

<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/isomakarion.htm>

<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/isari.htm>

<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/liont.htm>

<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/zoni.htm>

<http://arcadia.ceid.upatras.gr/arkadia/places/elliniko.htm>