

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ: ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ  
ΡΥΠΑΝΤΩΝ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ**

***ΤΡΙΚΑΛΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ***

**Επιβλέπων Καθηγητής: Πατακιούτας Γεώργιος**

**ΑΡΤΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ, 2021**

**EFFECT OF AQUATIC AND GAS POLLUTANTS ON  
MEDITERRANEAN VEGETATION**

© Τρικαλοπούλου, Μαρία, 2021.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. Allrightsreserved.

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Τρικαλοπούλου, Μαρία

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την διδάκτορα κα. Μακρυγιάννη Βάσω και τον καθηγητή κ. Πατακιούτα Γεώργιο κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν και την υπομονή που έκαναν κατά τη διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας μου. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση τους, για την επίλυση διάφορων θεμάτων.

## Περιεχόμενα

|  |           |
|--|-----------|
| Πίνακας Εικόνων .....  | 10        |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....   | 11        |
| SUMMARY .....  | 12        |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....   | 13        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η Μεσογειακή βλάστηση .....</b>   | <b>15</b> |
| <b>1.1 Η Μεσόγειος θάλασσα.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>1.2 Το κλίμα της Ευρώπης.....</b>   | <b>15</b> |
| 1.2.1 Το κλίμα της Ελλάδας .....   | 16        |
| <b>1.3 Το έδαφος στη Μεσόγειο.....</b>   | <b>17</b> |
| 1.3.1 Γενικά για το έδαφος.....  | 17        |
| 1.3.2 Η δημιουργία και η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους .....                            | 18        |
| <b>1.4 Η Βιοποικιλότητα της Ελλάδας.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>1.5 Τα χερσαία οικοσυστήματα της Ελλάδας.....</b>                                       | <b>20</b> |
| <b>1.6 Η Μεσογειακή βλάστηση σήμερα.....</b>   | <b>21</b> |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η Ρύπανση των υδάτινων πόρων .....</b>                                      | <b>22</b> |
| <b>2.1 Νερό – το πολυτιμότερο αγαθό του πλανήτη μας.....</b>                               | <b>22</b> |
| 2.1.1 Ο κύκλος νερού ή ο υδρολογικός κύκλος.....   | 22        |
| 2.1.2 Ο ρόλος των φυτών στον κύκλο του νερού και η επίδραση τους .....                     | 23        |
| <b>2.2 Οι παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του νερού και οι δείκτες μέτρησής της</b> | <b>24</b> |
| 2.2.1 Φυσικοί παράμετροι ποιότητας νερού .....   | 25        |
| 2.2.2 Χημικοί παράμετροι ποιότητας νερού.....  | 25        |
| 2.2.3 Βιολογικοί παράμετροι ποιότητας νερού.....   | 26        |
| <b>2.3 Τύποι υδάτινων οικοσυστημάτων.....</b>  | <b>26</b> |
| 2.3.1 Υπόγεια νερά.....  | 26        |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.3.2 Επιφανειακά νερά.....  | 27        |
| <b>2.4 Υδατική ρύπανση .....</b>   | <b>28</b> |
| 2.4.1 Πηγές ρύπανσης του νερού.....  | 28        |
| 2.4.2 Οικιακά λύματα.....  | 29        |
| 2.4.3 Βιομηχανικά απόβλητα.....  | 30        |
| 2.4.4 Τοξικά στοιχεία .....  | 30        |
| 2.4.5 Όξινη βροχή .....  | 31        |
| <b>2.5 Γεωργικές πηγές ρύπανσης .....</b>                                      | <b>32</b> |
| 2.5.1 Αρδευτικό νερό .....   | 32        |
| 2.5.2 Φυτοφάρμακα.....   | 33        |
| 2.5.3 Λιπάσματα και ζωικά απόβλητα .....                                       | 34        |
| 2.5.4 Πηγές νιτρικών αλάτων .....  | 34        |
| 2.5.6 Το φαινόμενο του ευτροφισμού .....                                       | 35        |
| 2.5.7 Μικροοργανισμοί .....  | 35        |
| <b>2.6 Επιπτώσεις της ρύπανσης .....</b>                                       | <b>35</b> |
| <b>2.7 Τρόποι αντιμετώπισης της ρύπανσης.....</b>                              | <b>36</b> |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Καθορισμός της έννοιας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....</b>      | <b>38</b> |
| <b>3.1 Τα στρώματα της ατμόσφαιρας.....</b>                                    | <b>38</b> |
| 3.1.1 Ατμόσφαιρα .....   | 38        |
| 3.1.2 Τροπόσφαιρα.....   | 39        |
| 3.1.3 Στρατόσφαιρα.....  | 39        |
| 3.1.4 Μεσόσφαιρα.....  | 39        |
| 3.1.5 Θερμόσφαιρα .....  | 40        |
| <b>3.2 Ο ορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης .....</b>                          | <b>40</b> |
| <b>3.3 Ιστορική αναφορά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....</b>                    | <b>41</b> |
| <b>3.4 Είδη ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....</b>                                    | <b>42</b> |
| 3.4.1 Κριτήρια ταξινόμησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των ρυπαντών της.... | 42        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.4.2 Οι κυριότεροι αέριοι ρύποι .....  | 44        |
| 3.4.3 Πηγές εκπομπής των αέριων ρύπων .....                                       | 44        |
| <b>3.5 Παράγοντες σχηματισμού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης .....</b>                | <b>47</b> |
| 3.5.1 Πηγές ρύπανσης .....  | 47        |
| 3.5.2 Μετεωρολογικές συνθήκες .....   | 48        |
| 3.5.3 Τοπογραφικά χαρακτηριστικά .....  | 48        |
| <b>3.6 Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης.....</b>                                      | <b>49</b> |
| 3.6.1 Φυσικές πηγές ρύπανσης του αέρα .....                                       | 49        |
| 3.6.2 Ανθρωπογενείς ατμοσφαιρικοί ρύποι.....                                      | 50        |
| 3.6.3 Διάρκεια ζωής των ρύπων.....  | 51        |
| <b>3.7 Οι σημαντικές επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης .....</b>              | <b>51</b> |
| 3.7.1 Επιπτώσεις στην υγεία.....  | 52        |
| 3.7.2 Επιπτώσεις στη βλάστηση της Μεσογείου .....                                 | 52        |
| 3.7.3 Επιπτώσεις στα υλικά και το δομημένο περιβάλλον.....                        | 54        |
| 3.7.4 Επιπτώσεις σε ολόκληρο τον πλανήτη .....                                    | 54        |
| <b>3.8 Αντιμετώπιση της ρύπανσης.....</b>   | <b>55</b> |
| 3.8.1 Έλεγχος των εκπομπών ρύπανσης .....   | 55        |
| 3.8.2 Έλεγχος των εκπομπών από τις βιομηχανίες .....                              | 55        |
| 3.8.3 Χρήση καταλυτών στα αυτοκίνητα.....   | 56        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....</b>            | <b>57</b> |
| <b>4.1 Γενικές αρχές.....</b>   | <b>57</b> |
| <b>4.2 Προστασία και διαχείριση των υδάτων.....</b>                               | <b>58</b> |
| 4.2.1 Οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα και ειδικές υποστηρικτικές οδηγίες για τα ύδατα | 58        |
| 4.2.2 Πολιτική της ΕΕ για τις ακτές και τη θάλασσα .....                          | 61        |
| <b>4.3 Πολιτικές της ΕΕ για την ποιότητα του αέρα .....</b>                       | <b>62</b> |
| 4.3.1 Εφαρμογή των οδηγιών για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα.....           | 63        |



|   |           |
|---|-----------|
| 4.3.2 Ενίσχυση του δικτύου και των πληροφοριών παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα.....                                       | 64        |
| <b>4.4 COVID-19 και ατμοσφαιρική ρύπανση.....</b>   | <b>64</b> |
| <b>4.5 Αυστηρές πολιτικές για τις κύριες πηγές ρύπανσης.....</b>  | <b>64</b> |
| <b>4.6 Βελτίωση των σχεδίων για την ποιότητα του αέρα και επιβολή των οδηγιών για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα .....</b> | <b>65</b> |
| <b>4.7 Προώθηση της ευαισθητοποίησης και της δράσης των πολιτών .....</b>   | <b>65</b> |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα.....</b>  | <b>66</b> |
| <b>Συμπεράσματα .....</b>   | <b>66</b> |
| <b>Βιβλιογραφία.....</b>  | <b>69</b> |

## Πίνακας Εικόνων

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Εικόνα 1: Εικόνα δάσους που έχει υποστεί την επίδραση όξινης βροχής στην κεντρική Ευρώπη. Οι εικόνες των γυμνών κλαδιών και γερασμένων δένδρων στα δάση της Γερμανίας υπήρξαν καταλυτικές για την εκστρατεία ενάντια στη διασυνοριακή ρύπανση.[73].....</b> | <b>31</b> |
| <i>Εικόνα 2: Τα πρώτα ορατά συμπτώματα τοξικότητας λόγω έκθεσης σε υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος είναι ο σχηματισμός νεκρωτικών κηλίδων στο έλασμα των φύλλων. [39].....</i>  | <b>46</b> |
| <b>Εικόνα 3:Phillyrea latifolia Φιλλόκι το πλατύφυλλοΠηγή: [74] .....</b>  | <b>52</b> |
| <b>Εικόνα 4: Πτώση των φύλλων στο δέντρο της κερασιάς [75] .....</b>   | <b>54</b> |

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία αναλύονται οι επιδράσεις της ρύπανσης τόσο των υδατικών όσο και των αέριων ρυπαντών στο υδάτινο οικοσύστημα και πιο συγκεκριμένα στη Μεσογειακή βλάστηση. Η συνεχής ρίψη ρυπογόνων ουσιών στο υδάτινο οικοσύστημα, το καθιστά όλο και πιο επιβλαβές για χρήση στις καλλιέργειες και γενικότερα στην γεωργία. Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του κλίματος, η μορφολογία και σύσταση εδάφους σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα. Εν συνεχεία, στο δεύτερο και στο τρίτο κεφάλαιο της πτυχιακής, περιγράφονται βασικές πηγές της ρύπανσης, κατηγορίες ρύπων, οι επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία , για την Μεσογειακή βλάστηση, καθώς και μέτρα που απαιτούνται για τον περιορισμό της ρύπανσης. Στην τελική φάση της εργασίας γίνεται αναφορά στις δράσεις την Ευρωπαϊκής Ένωσης όσον αφορά το περιβάλλον, την θέσπιση νομοθετικού πλαισίου και η παράθεση βασικών συμπερασμάτων που απορρέουν από την εργασία.

Λέξεις κλειδιά : Ρύπανση , μεσογειακή βλάστηση , υδάτων, ατμόσφαιρας

## **SUMMARY**

In the present study the effects of pollution of both aqueous and gaseous pollutants on the ecosystem and specifically on the Mediterranean vegetation are analyzed. The constant dumping of pollutants in the aquatic ecosystem, makes it more and more harmful for use in crops and in agriculture in general. The first chapter describes the characteristics of the climate, the morphology and soil composition in areas with a Mediterranean climate. Then, in the second and third chapters, the main sources of pollution, categories of pollutants, the effects on human health , the Mediterranean vegetation, as well as measures required to reduce pollution are described. In the final phase of the chapters, references are made to the European Union's actions regarding to the environment, the adoption of a legislative framework and the presentation of key conclusions coming from this study.

**Keywords:** Pollution, Mediterranean vegetation, water, atmosphere

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δεν είναι τυχαίο που ο πλανήτης πάνω στον οποίο ζούμε έχει χαρακτηριστεί ως υδάτινος. Παρατηρώντας τον από το διάστημα, γίνεται ευδιάκριτο το μπλε χρώμα του νερού και το λευκό από τα φορτωμένα με υγρασία σύννεφα που κάνουν τη γη μας να ξεχωρίζει από τους υπόλοιπους πλανήτες. Πιο συγκεκριμένα, περισσότερο από 365 σε ένα σύνολο 520 εκατομμυρίων τετραγωνικών χιλιομέτρων που αντιπροσωπεύουν την έκταση της επιφάνειας της γης καλύπτονται από νερό με το νερό να καλύπτει το 71% της επιφάνειας της γης. Όμως, στο πέρασμα των χρόνων, οι ανθρώπινοι πολιτισμοί αναπτύχθηκαν και προσαρμόστηκαν σε διαφορετικά περιβάλλοντα, ανακαλύπτοντας, αξιοποιώντας και τροποποιώντας διαφορετικά τους βιολογικούς πόρους. Αρκετές περιοχές της γης και κατ' επέκταση η βιοποικιλότητα που τις χαρακτηρίζει, έχουν παραλλαχτεί από την επίδραση αυτών των μακροχρόνιων ανθρώπινων παρεμβάσεων.

Η χώρα μας, διαθέτει ένα από τα μεγαλύτερα επίπεδα βιοποικιλότητας στη Μεσόγειο και την Ευρώπη με, ταυτόχρονα, πολύ μεγάλο βαθμό ενδημισμού. Τα τελευταία χρόνια υλοποιείται σε εθνικό επίπεδο πλαίσιο δράσεων με στόχο την ανάσχεση της απώλειας της βιοποικιλότητας και της υποβάθμισης των οικοσυστημικών υπηρεσιών που εξαρτιόμαστε, όπως είναι η τροφή, το πόσιμο νερό, η επικονίαση, η προστασία από πλημμύρες και άλλα. Η διατήρηση του βιολογικού μας πλούτου, σε εθνικό επίπεδο, αποτελεί τόσο βασική υποχρέωση που, ακόμη και εάν δεν υπήρχε, θα έπρεπε να την επινοήσουμε, όσο και σημαντική καθίσταται η συμβολή της Ελλάδας, ως κράτος/μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στις Πανευρωπαϊκές και Παγκόσμιες προσπάθειες αποτροπής της απώλειας της βιοποικιλότητας, που απειλείται από διάφορους παράγοντες.

Η ρύπανση των υδάτων και της ατμόσφαιρας αποτελούν λίγα μόνο από τα αίτια που οδηγούν στα χαμηλά επίπεδα της βιοποικιλότητας στον πλανήτη αλλά και κάθε είδους βλάστησης. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο η Μεσογειακή βλάστηση είναι σε κίνδυνο λόγω της υποβάθμισης των φυσικών περιοχών μέσω της εντατικής καλλιέργειας, της ανάπτυξης της βιομηχανίας, της υπέρ-εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων και της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Επίσης, η έλλειψη του νερού σε αρκετές περιοχές της γης είναι υπεύθυνη για τη λιμοκτονία του πληθυσμού, γιατί από αυτήν εξαρτάται η δυνατότητα παραγωγής τροφίμων. Το νερό ακόμη, παίζει καθοριστικό ρόλο στη ρύθμιση του κλίματος και στη διάλυση των ρυπαντών. Επιπλέον, το φαινόμενο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι σημαντικό με σημαντικές επιπτώσεις τόσο στη βλάστηση όσο και στον άνθρωπο. Τα αιωρούμενα σωματίδια, το διοξείδιο του αζώτου και το τροποσφαιρικό όζον

αναγνωρίζονται πλέον κατά κανόνα ως οι τρεις σημαντικότεροι ρύποι από την άποψη των επιπτώσεων κυρίως για την υγεία. Επιπρόσθετα, το υπερβολικά υψηλό επίπεδο συγκεντρώσεων ατμοσφαιρικών ρύπων, καταστρέφει το περιβάλλον κάνοντας αισθητή την παρουσία της οξίνισης σε ευαίσθητα οικοσυστήματα, το φαινόμενο ευτροφισμού, τις ζημιές σε καλλιέργειες που προκαλούνται από έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος. Εν κατακλείδι, κρίνεται απαραίτητη η διαφύλαξη των σημαντικών μεσογειακών οικοσυστημάτων προσδιορίζοντας τρόπους διαχείρισης και αντιμετώπισης των επιπτώσεων της ρύπανσης με σκοπό την ήπια προσαρμογή τους, λαμβάνοντας υπόψιν τις ανάγκες σε περιβαλλοντικό, αλλά και κοινωνικό-οικονομικό επίπεδο.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η Μεσογειακή βλάστηση

## 1.1 Η Μεσόγειος θάλασσα

Στο σημείο του πλανήτη όπου συναντώνται η δυτική Ασία, η βόρεια Αφρική και η νότια Ευρώπη υπάρχει μια στενόμακρη λωρίδα θάλασσας, που ονομάζεται Μεσόγειος, ανάμεσα στη γη όπως υποδηλώνεται ετυμολογικά. Η επικοινωνία της με άλλες όμορες θάλασσες διευκολύνεται με τρία πολύ μικρά ανοίγματα. Τα δύο από αυτά είναι ο Πορθμός του Γιβραλτάρ που βρίσκεται στον Ατλαντικό Ωκεανό και τα Στενά του Βοσπόρου στη Μαύρη θάλασσα, ενώ το τρίτο άνοιγμα αποτελεί η Διώρυγα του Σουέζ προς την Ερυθρά θάλασσα, η οποία είναι ανθρώπινο κατασκεύασμα. Πρόκειται για μια θάλασσα με ένα σχετικό βάθος και μάλιστα το μέγιστο αυτού, περίπου στα 5.100 μέτρα, απαντάται στο νότιο Ιόνιο Πέλαγος, στα νησιά Οινούσες.

Οι απόκρημνες ακτές διαδέχονται με βατές αμμουδιές, σχεδιάζοντας μια ατέλειωτη ποικιλομορφία τοπίων. Εκτός από αυτό, οι δύο μεγαλύτερες χερσόνησοι του μεσογειακού βορρά, δηλαδή η Ελληνική και η Ιταλική, αλλά και κάποιες άλλες μικρότερες, τα χιλιάδες μικρά και μεγάλα νησιά, που βρίσκονται κυρίως στο Αιγαίο και στις ακτές της Δαλματίας, καθώς και πλήθος θαλάσσιων κόλπων δημιουργούν πολλές μικρότερες θάλασσες και πελάγη.

Η Μεσόγειος βρίσκεται κοντά στην τροπική ζώνη. Εκβάλλουν τα νερά αρκετών ποταμών, ακόμη και του Νείλου, του ποιο μεγάλου σε μήκος ποταμού του κόσμου, όμως η παροχή νερού όλων αυτών των ποταμών παραμένει πολύ μικρή. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η εξάτμιση του θαλασσινού νερού και άρα η αλατότητά στη Μεσόγειο είναι μεγάλη. Ευνοϊκός παράγοντας αποτελεί η αναπλήρωση του θαλασσινού νερού από τον Ατλαντικό Ωκεανό και τη Μαύρη θάλασσα στη μεσογειακή λεκάνη.[1]

## 1.2 Το κλίμα της Ευρώπης

Ο Ατλαντικός ωκεανός και η Σαχάρα διαμορφώνουν το κλίμα του Μεσογειακού χώρου. Οι επιδράσεις του Ατλαντικού κυριαρχούν από τη φθινοπωρινή μέχρι την εαρινή ισημερία. Ο αντικυκλώνας των Αζορών-Βερμούδων διευκολύνει το πέρασμα των λιγοστών πιέσεων να περάσουν από τα δυτικά προς τα ανατολικά φέρνοντας μαζί βροχές, απότομες μεταβολές στις ριπές των ανέμων και στο χειμωνιάτικο κλίμα. Πολύ ζεστός, ξηρός αέρας επεκτείνεται από το νότο κι εξαπλώνεται προς τα βόρεια και δυτικά. Το καυτό και άνυδρο καλοκαίρι της Μεσογείου με την ατάραχη θάλασσα, που όμως εμφανίζει κατά τόπους εξαιρέσεις, όπως είναι τα Ελληνικά αυγουστιάτικα μελέμια, διαρκεί μέχρι την

φθινοπωρινή ισημερία. Σύμφωνα με τα παραπάνω, το μεσογειακό κλίμα περιγράφεται από την έντονη εναλλαγή μιας ξηρής και ζεστής εποχής σε μία εποχή υγρή και σχετικά ήπια. Αυτή η κλιματική επανάληψη είναι προβλέψιμη ως προς τα γενικότερα χαρακτηριστικά της όμως, είναι ταυτόχρονα και απρόβλεπτη ως προς την ένταση, τον ακριβή χρόνο παρουσίας και τη διάρκεια των υπόλοιπων φαινομένων. Κύριο χαρακτηριστικό αποτελεί η κατανομή των βροχοπτώσεων, με την κύρια ποσότητά τους να συναθροίζεται στη διάρκεια έξι σχεδόν μηνών, με ελάχιστες έως και καθόλου στους υπόλοιπους μήνες.

Βασικά κριτήρια για να θεωρηθεί ότι σε μια περιοχή επικρατεί Μεσογειακό κλίμα θα πρέπει:

- το ετήσιο ύψος βροχής να διακυμαίνεται από 250 έως περίπου 1000 mm.
- το 65% των βροχών να διαρκεί από Νοέμβριο μέχρι Απρίλιο.
- να είναι έντονο το κρύο σε ένα χειμωνιάτικο μήνα, με την μέση θερμοκρασία να είναι μικρότερη των 15°C.
- οι θερμοκρασίες κάτω του 0°C να έχουν μικρή διάρκεια, μέχρι 10 περίπου ημέρες.

Αν τροποποιείται μόνο ένας από αυτούς τους παράγοντες τότε είναι και πάλι Μεσογειακό το κλίμα. [2]

### 1.2.1 Το κλίμα της Ελλάδας

Όπως το κλίμα της Ευρώπης τροποποιείται από διάφορους παράγοντες, το ίδιο συμβαίνει και στη χώρα μας. Πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα ισχύουν τα εξής:

- **Το γεωγραφικό πλάτος.** Η Ελλάδα απαντάται στην εύκρατη ζώνη και λόγω της τοποθεσίας της έχει αυξημένη ηλιοφάνεια. Έχει τη δεύτερη θέση σε ηλιοφάνεια στην Ευρώπη μετά την Ισπανία. Στο βόρειο κομμάτι της, που τοποθετείται σε μεγαλύτερο γεωγραφικό πλάτος, το κλίμα είναι πιο ψυχρό από ό,τι στο νότιο.
- **Η απόσταση από τη θάλασσα.** Στην Ελλάδα οι περιοχές δεν ξεπερνούν τα 150 χιλιόμετρα από τη θάλασσα, ενώ το μήκος των ακτών της ξεπερνά τα 15.000 χιλιόμετρα. Επομένως, η θάλασσα στο κλίμα της χώρας μας έχει καταλυτική σημασία, γιατί κάνει το κάνει πιο ήπιο.
- **Το υψόμετρο.** Η Ελλάδα κατατάσσεται στην τρίτη πιο ορεινή χώρα της Ευρώπης. Έχει περισσότερες από σαράντα βουνοκορφές που φτάνουν σε ύψος πάνω από τα 2.000 μέτρα. Το κλίμα στα υψηλά υψόμετρα είναι πολύ πιο ψυχρό από ό,τι στην πεδιάδα.
- **Οι ειδικές τοπικές συνθήκες.** Χαρακτηριστικός νοτιοδυτικός χαρακτηριστικός ζεστός και ξηρός άνεμος το καλοκαίρι είναι γνωστός ως λίβας. Τον χειμώνα στην κεντρική



Μακεδονία, ο άνεμος που έρχεται από το βορρά είναι ο βαρδάρης και στο τέλος της άνοιξης αλλά και το καλοκαίρι φυσούν από τα βορειοανατολικά τα μελτέμια στο Αιγαίο.

Επιπρόσθετα το κλίμα της Ελλάδας διαμορφώνεται από τους νότιους θερμούς ανέμους προερχόμενοι από την έρημο Σαχάρα, οι οποίοι κάνουν το κλίμα των περιοχών πιο ήπιο. Την ίδια εποχή φυσούν από τον βορρά ξηροί και κρύοι άνεμοι, που ρίχνουν τη θερμοκρασία. Η οροσειρά της Πίνδου, διαμορφώνει το κλίμα των περιοχών με το δυτικό τμήμα της να συνεισφέρει σε βροχές ενώ δεν ευνοεί τους βόρειους παγωμένους ανέμους να αλλοιώσουν κατά πολύ το κλίμα της δυτικής πλευράς της χώρας μας. Από την άλλη, στο ηπειρωτικό τμήμα της χώρας μας που βρίσκεται στην ανατολική πλευρά της οροσειράς οι βροχές είναι πιο λίγες και οι βόρειοι ψυχροί άνεμοι είναι πιο έντονοι.

Με βάση τα παραπάνω το κλίμα της Ελλάδας είναι, γενικότερα εύκρατο μεσογειακό, όμως σε κάποιες περιοχές της υπερισχύουν οι επιμέρους κλιματικοί τύποι:

- **Το ορεινό κλίμα (κλίμα ύψους)**, με δύσκολους χειμώνες που συνοδεύονται από έντονες χιονοπτώσεις και χιονοθύελλες αλλά και με ιδιαίτερα δροσερά καλοκαίρια. Το συναντάμε σε ορεινές περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας και της Κρήτης.
- **Το μεταβατικό κλίμα**, που έχει χειμώνες τεράστιας διάρκειας με χαμηλές θερμοκρασίες, πολύ θερμά καλοκαίρια και μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος, όπως στη Θεσσαλία, τη Μακεδονία, τη Θράκη και την Ήπειρο.
- **Το θαλάσσιο μεσογειακό κλίμα**, που διακρίνεται από ήπιους βροχερούς χειμώνες αλλά και καυτά και υγρά καλοκαίρια, απαντάται κυρίως στα νησιά και τις ακτές του Ιονίου Πελάγους.
- **Το χερσαίο μεσογειακό κλίμα**, χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες με ελάχιστες βροχές, θερμά και ξηρά καλοκαίρια, κυριαρχεί ιδιαίτερα στα νησιά και τις ακτές του Αιγαίου Πελάγους.[3]

### 1.3 Το έδαφος στη Μεσόγειο

#### 1.3.1 Γενικά για το έδαφος

Το έδαφος αποτελείται κυρίως από ορυκτά και οργανικά στοιχεία, καθώς και από νερό και αέρα. Γενικότερα, τα ορυκτά συστατικά συγκεντρώνονται σε σωματίδια όπως άμμο, ιλύς και άργιλο, τα οποία δημιουργούνται από διάφορα χημικά συστατικά, εν αντιθέσει με τα οργανικά συστατικά που σχηματίζονται από έμβιους οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων και των φυτών, των μυκήτων, της πανίδας, των βακτηρίων και των υπολειμμάτων τους.

Επίσης, τα εδάφη συμβάλλουν σημαντικά στην βιοποικιλότητα. Περίπου το ένα τέταρτο έως και το ένα τρίτο του συνόλου των οργανισμών επιβιώνουν στο έδαφος. Η βιοποικιλότητα του εδάφους μπορεί να περιέχει ποικίλους οργανισμούς, από μικροσκοπικού μεγέθους βακτήρια και νηματώδεις μέχρι κολλέμβολα, σκολόπενδρες, ακάρεα, γαιοσκώληκες, ποντίκια, κ.α. Κάθε μία από τις προαναφερθείσες ομάδες έχει τεράστια ποικιλία σε είδη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η Γερμανία, στην οποία υπάρχουν πενήντα διαφορετικά είδη γαιοσκώληκα που γνωρίζουμε. Κατά βάση, η πολυμορφία της ζωής μέσα στο έδαφος είναι κατά πολύ μεγαλύτερη, σε σχέση την πολυμορφία πάνω από το έδαφος, ακριβώς στον ίδιο τόπο.

### **1.3.2 Η δημιουργία και η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους**

Το έδαφος δημιουργείται από τρεις "φάσεις", δηλαδή την υγρή, την αέρια και την στερεά φάση. Το μέγεθος που καταλαμβάνει καθεμία από αυτές τις φάσεις στο συνολικό όγκο του εδάφους αλλάζει από ένα τύπου εδάφους σε έναν άλλον σύμφωνα με τις φυσικές και βιοχημικές ιδιότητές του.

Πιο συγκεκριμένα, το έδαφος είναι το αποτέλεσμα των διαμερισμένων ορυκτών, της οργανικής ύλης και των πόρων που περιέχουν αέρα και νερό. Δηλαδή στην στερεά φάση περιλαμβάνονται οργανικά και ανόργανα συστατικά. Τα ανόργανα στοιχεία του εδάφους αποτελούν σε ένα κανονικό μέσο έδαφος το 90% με 98% του συνολικού όγκου της στερεάς φάσης. Τα υλικά αυτά είναι απόρροια της φυσικής και χημικής αποσάθρωσης των μητρικών πετρωμάτων και διαφοροποιούνται μεταξύ τους στο μέγεθος των κόκκων τους αλλά και στην ορυκτολογική τους σύσταση.

Οι κόκκοι των ανόργανων συστατικών του εδάφους διαχωρίζονται ανάλογα με το μέγεθος τους σε χαλίκια, πέτρες και σε λεπτή γη. Η λεπτή γη περιλαμβάνει τα εξής εδαφικά σωματίδια: την άμμο, ιλύς και την άργιλο. Η κοκκομετρική σύσταση ορίζεται ως η εκατοστιαία αναλογία της άμμου, της ιλύος και της αργίλου στο σύνολο της λεπτής γης. Για παράδειγμα, ένα έδαφος έχει κοκκομετρική σύσταση σε αναλογία με 30% άργιλος, 45% άμμος, 25% ιλύς, στο σύνολο της λεπτής γης.

Η άμμος αποτελείται κυρίως από αποτελείται από πεπλατυσμένους κόκκους και είναι πολύ πλαστική σε υγρή κατάσταση, έχει μεγάλη ικανότητα προσρόφησης αερίων, νερού και ιόντων. Θεωρούνται εδάφη πτωχά σε θρεπτικά στοιχεία και με μικρή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας. Η κίνηση του αέρα, του νερού και η ανάπτυξη της ρίζας γίνεται χωρίς εμπόδια.

Οι κόκκοι της ιλύος έχουν ακανόνιστο σχήμα, έχουν πλαστικότητα, περιβάλλονται από μεμβράνη αργίλου, δίνουν συμπαγή ή ασθενή δομή στο έδαφος. Οι κόκκοι της ιλύος επειδή περιβάλλονται από μεμβράνη με αργιλικά ορυκτά και ένυδρα οξείδια εμφανίζουν σε υγρή κατάσταση κάποια συνεκτικότητα και πλαστικότητα, καθώς και μια ικανότητα προσροφήσεως κατιόντων, που μπορούν να αποδώσουν στο εδαφικό διάλυμα και να τα χρησιμοποιήσει το φυτό.

Η άργιλος συγκροτείται κυρίως από κόκκους που είναι πεπλατυσμένοι. Ονομάζονται και βαριά εδάφη, ευνοώντας ποώδη βλάστηση. Χαρακτηρίζονται εδάφη με μεγάλη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας και θρεπτικών στοιχείων, με συχνά να εμφανίζουν προβλήματα στράγγισης και αερισμού ενώ η δυσχεραίνεται η ανάπτυξη ρίζας μέσα στο έδαφος. Έτσι, η επιφάνεια τους γίνεται αδιαπέραστη στον αέρα υποβαθμίζοντας την ποιότητα του εδάφους και παρεμποδίζοντας την ανάπτυξη των φυτών.[4], [5]

#### **1.4 Η Βιοποικιλότητα της Ελλάδας**

Ως Βιοποικιλότητα ορίζεται η ποικιλία της ζωής σε όλες τις τις εκφάνσεις (π.χ. ασπόνδυλα και σπονδυλωτά, φυτά, ζώα, βακτήρια, μύκητες) και σε όλα τα επίπεδα οργάνωσης. Η φράση «όλα τα επίπεδα οργάνωσης» υποδηλώνει ότι η βιοποικιλότητα εμφανίζεται ανάμεσα στους διάφορους πληθυσμούς του ίδιου είδους, ανάμεσα στα διαφορετικά είδη αλλά και ανάμεσα στα άτομα του ίδιου πληθυσμού. Επισημαίνεται επίσης και στην ποικιλία των διαφορετικών τύπων βιοκοινοτήτων, οικοσυστημάτων, τοπίων, ή βίο-κατοικιών, που οι οργανισμοί ζουν, όπως και στις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των ειδών.[5]

Το ελληνικό φυσικό περιβάλλον εμφανίζει εξαιρετικό πλούτο και γι' αυτό η χώρα μας κατατάσσεται υψηλά στις θέσεις μεταξύ των κρατών μελών των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Ανάμεσα στους κύριους τύπους οικοσυστημάτων που απαντώνται στη χώρα μας συμπεριλαμβάνονται θαλάσσια οικοσυστήματα όπως ύφαλοι, λιμνοθάλασσες, χαλικώδεις και αμμώδεις ακτές, αμμοθίνες, βραχώδεις ακτές, φρύγανα, υγρολίβαδα, αλπικοί και υποαλπικοί λιβαδικοί σχηματισμοί, μεσογειακά δάση κωνοφόρων, φυλλοβόλα δάση, υποαλπικά δάση κωνοφόρων, ορεινά δάση κωνοφόρων, σκληρόφυλλοι δενδρώδες, σάρες, εσωτερικά σπήλαια, εσωτερικοί βραχώδεις σχηματισμοί, ηφαιστειακά πεδία. [6]. Ενδεικτικά επισημαίνεται ότι στην ελληνική φύση υπάρχουν περίπου 6.000 είδη φυτών, από τα οποία περίπου τα 1.250 είναι ενδημικά. Επιπλέον, έχουν καταγραφεί σχεδόν 900 είδη και υποείδη χερσόβιων χορδωτών και τεράστιος αριθμός (από 20.000 ως 30.000) από λοιπές συνομοταξίες. Τα αυτόχθονα πρωτογενή είδη θαλάσσιων ζώων του γλυκού νερού

αγγίζουν τα 79, από τα οποία τα 39 είναι ενδημικά στα λιμνοποτάμια υδάτινα συστήματα της χώρας μας και των απολήξεων του υδρογραφικού δικτύου από όμορες χώρες και 40 αποτελούν ενδημικά υποείδη. Τα είδη αμφιβίων καταμετρούνται σε 16 και των ερπετών σε 58. Από αυτά 6-8 είδη ερπετών και 67-71 υποείδη αμφιβίων και ερπετών είναι ενδημικά. Από τα πτηνά έχουν σημειωθεί 450 είδη, με αναμφισβήτητα τεκμηριωμένη την ύπαρξη 407, που κατανέμονται σε 65 οικογένειες. Ο αριθμός των ειδών που μένουν μόνιμα είναι 240, τα υπόλοιπα είναι μεταναστευτικά. [7], [10], [11]

### **1.5 Τα χερσαία οικοσυστήματα της Ελλάδας**

Μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα έχουν δημιουργηθεί ανάλογα με τις συνθήκες των εδαφών και του κλίματος. Κάνοντας πολλές γενικεύσεις θα ήταν εύκολο να περιγράψουμε τα κύρια χερσαία οικοσυστήματα της χώρας μας με κριτήριο το υψόμετρο. Μέχρι περίπου το υψόμετρο των 500 μέτρων, επικρατούν είτε χαμηλοί θάμνοι που βρίσκονται στις πιο πολλές ξηρές περιοχές, είτε μεγάλοι και πυκνοί θάμνοι, στα οποία υπάρχουν αείφυλλα και σκληρόφυλλα φυτά όπως η μυρτιά, η αγριελιά, η δάφνη, η κουμαριά και το πουρνάρι καθώς και φυλλοβόλα είδη δένδρων, όπως καστανιές και βελανιδιές. Στις ορεινές τοποθεσίες της Ηπείρου, της Θεσσαλίας και της Μακεδονίας πάνω από τα 700 και μέχρι τα 1700 μέτρα κυριαρχούν δάση της δασικής οξιάς, που είναι συνήθως αμιγή. Στην ανατολική Μακεδονία και μέχρι τη χερσόνησο του Άθω βρίσκεται η ανατολική οξιά. Για παράδειγμα, τα δάση Χαλεπιού Πεύκης παρουσιάζονται κυρίως, σε ασβεστολιθικά όμως και σε αμμώδη εδάφη μέχρι το υψόμετρο των 1200 μέτρων. Η τραχεία Πεύκη είναι είδος της ανατολικής Μεσογείου. Στη χώρα μας συναντάται στα Δωδεκάνησα, στην Κρήτη, στα νησιά του Βορείου Αιγαίου και στη Δαδιά του νομού Έβρου. Η κουκουναριά δημιουργεί δάση σε αγριλοαμμώδη ή αμμώδη εδάφη και δεν υπάρχει δυνατότητα να σταθεροποιηθεί πάνω σε πετρώδεις υπόστρωμα. Συναντώνται σε περιοχές της Δ. Πελοποννήσου, στη Σκιάθο, στο Μαραθώνα και στην χερσόνησο του Άθω. Στα υψηλότερα υψόμετρα που ξεπερνούν τα 1200 μέτρα, τα φυλλοβόλα δάση αντικαθίστανται από δάση κωνοφόρων όπως τα έλατα, που με τη σειρά τους δεν ευδοκούν σε υψόμετρα μεγαλύτερα των 1800 μέτρων. Από αυτό το ύψος και πάνω παρατηρούμε την παρουσία των λεγόμενων αλπικών συστημάτων που αρχίζουν ως χαμηλοί θάμνοι όπως ο κέδρος.[8], [10], [13], [14]. Τα αλπικά λιβάδια οροθετούνται πάνω από το δάσος των κωνοφόρων, όπου πρωτοστατούν τα θαμνώδη και ποώδη φυτά. Από τους θάμνους, συνηθέστεροι είναι οι τετραγκαθιές, η ξεραγκαθιά, ο κοινός αγριόκεδρος και η σκλήθρα. Από τα ποώδη φυτά εδρεύουν τα αγρωστώδη, όπως τα διάφορα είδη των γενών *Seleria* και *Carex*. Τεράστια ποικιλία από

ανθοφόρα φυτά όπως καμπανούλες και βιολέτες προσδίδουν στα αλπικά λιβάδια ζωνρή όψη κατά το καλοκαίρι και την άνοιξη. [9]

### **1.6 Η Μεσογειακή βλάστηση σήμερα**

Η σύγχρονη εποχή σε τοπικό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο έχει οδηγήσει σε αρνητικές συνέπειες στο περιβάλλον εξαιτίας της έντονης ανθρώπινης δραστηριότητας. Η εξαντλητική χρήση της γης μεταβάλλει το έδαφος και τις λειτουργίες του σε πολύ μεγάλο βαθμό και με διάφορες επιπτώσεις όπως είναι η διάβρωση, η ρύπανση του εδάφους. Τα περιβαλλοντικά προβλήματα θέτουν σε κίνδυνο την επιβίωση του ανθρώπου και απειλούν την οικονομική ανάπτυξη των κοινωνιών καθιστώντας τους φυσικούς πόρους ακατάλληλους για χρήση από τον άνθρωπο. Τα κοινά χαρακτηριστικά των περιβαλλοντικών προβλημάτων είναι τα ακόλουθα:

- Η χρονική διάσταση της κάθε περιβαλλοντικής πηγής είναι δυσδιάκριτη ή απρόβλεπτη.
- Η γεωγραφική εξάπλωση του περιβαλλοντικού προβλήματος από τόπο σε τόπο.
- Τα αποτελέσματα του κάθε περιβαλλοντικού προβλήματος επηρεάζουν έναν μεγάλο αριθμό ανθρώπων.
- Το περιβαλλοντικό πρόβλημα αποτελεί αντικείμενο συνεχούς επιστημονικής μελέτης.

Τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα όπως η ελάττωση της βιοποικιλότητας, η ερημοποίηση, η χρήση των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η ρύπανση των υδάτινων πόρων είναι αντικείμενα διαρκούς επιστημονικής μελέτης. Παρ' όλα αυτά, δεν είναι και τόσο επίκαιρο φαινόμενο όπως ίσως πιστεύαμε μέχρι σήμερα. Αντίθετα, είναι πολύ παλιό και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι των ανθρώπινων κοινωνιών από την αρχαιότητα ακόμα. Όμως είναι σίγουρα καινούργιο στη σημερινή του έκταση, ένταση και μορφή.

Κατατάσσοντας τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα με βάση την αυξημένη ένταση τους τον 21ο αιώνα για την ανθρωπότητα, σύμφωνα με το πρόγραμμα περιβάλλοντος του Ο.Η.Ε. είναι τα εξής[10]:

- 1) Κλιματικές μεταβολές.
- 2) Αραίωση του στρώματος του όζοντος.
- 3) Μείωση της βιοποικιλότητας.
- 4) Ατυχήματα με τεράστιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.
- 5) Νέφος των πόλεων.

- 6) Υποβάθμιση των δασικών περιοχών.
- 7) Απειλούμενες παράκτιες περιοχές.
- 8) Αστικοποίηση.
- 9) Χημικοί κίνδυνοι.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η Ρύπανση των υδάτινων πόρων**

### **2.1 Νερό – το πολυτιμότερο αγαθό του πλανήτη μας**

Το νερό είναι το κύριο συστατικό των οργανισμών του πλανήτη μας. Το 60% περίπου του βάρους ενός δέντρου αντιστοιχεί σε νερό, ενώ στα περισσότερα ζώα αντιστοιχεί το 65%. Στους ανθρώπους, το 65% με 70% του βάρους τους είναι νερό. Κάθε άνθρωπος χρειάζεται ημερησίως κάποιες μικρές ποσότητες νερού για να επιζήσει. Όμως, αρκετά μεγάλες ποσότητες νερού είναι απαραίτητες για να έχουμε την τροφή μας ή για να ικανοποιήσουμε άλλες ανάγκες και επιθυμίες μας. Κι όμως, το πολύτιμο αυτό δώρο της φύσης κινδυνεύει από την αλόγιστη χρήση και την άπληστη δραστηριότητα του σύγχρονου ανθρώπου. Το νερό είναι μια χημική ένωση υδρογόνου ( $H_2$ ) και οξυγόνου ( $O_2$ ) που αντιπροσωπεύεται από τον χημικό τύπο  $H_2O$ , αποτελώντας σημείο αναφοράς του κόσμου της ζωής και ο κύριος παράγοντας στη μορφολογική εξέλιξη της γης (ωκεανοί, λίμνες, ποτάμια, ωκεανοί και ορεινοί χείμαρροι). Η αξιοποίηση του νερού αποτέλεσε τον συνδετικό κρίκο δημιουργίας, αρχικά μικρών και εν συνεχεία μεγαλύτερων, κοινωνικών ομάδων. Οι διατροφικές ανάγκες του διαρκώς αυξανόμενου και επικεντρωμένου στα αστικά κέντρα πληθυσμού οδήγησαν στην επιτακτική υπερεκμετάλλευσή του. [11]

#### **2.1.1 Ο κύκλος νερού ή ο υδρολογικός κύκλος**

Ο υδρολογικός κύκλος ή ο κύκλος του νερού περιγράφει την ύπαρξη και την κυκλοφορία νερού στην επιφάνεια της γης και κάτω από αυτήν. Τροφοδοτεί συνεχώς φρέσκο νερό σε όλη τη ζωή του πλανήτη: ανθρώπους, ζώα και φυτά. Πιο συγκεκριμένα, ως κύκλος, ο υδρολογικός κύκλος δεν έχει αρχή, ούτε τέλος αλλά μπορούμε να ξεκινήσουμε την περιγραφή που ακολουθεί από τη θάλασσα.

Ο ήλιος που κινεί τον κύκλο του νερού, θερμαίνει το νερό στον ωκεανό και αυτό εξατμίζεται μερικώς και ανεβαίνει με τη μορφή ατμού, στον αέρα. Το νερό εξατμίζεται ακόμα από λίμνες, ποτάμια και εδάφη. Επίσης, η εξατμισοδιαπνοή των φυτών είναι μια

ακόμη λειτουργία που αποδίδει υδρατμούς στην ατμόσφαιρα, ως αποτέλεσμα της απώλειας νερού, μέσω της διαπνοής των φυτών και της εξάτμισης από την επιφάνεια του εδάφους. Μια μικρή ποσότητα υδρατμών στον αέρα προέρχεται από την εξάχνωση, μέσω της οποίας μόρια από πάγους και χιόνια μετατρέπονται απευθείας σε υδρατμούς χωρίς να περάσουν από την υγρή μορφή. Η ανοδική ροή αέρα αυξάνει τους υδρατμούς στο ανώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας, όπου επικρατεί χαμηλότερη πίεση, με αποτέλεσμα χαμηλότερη θερμοκρασία. Αλλά επειδή σε χαμηλές θερμοκρασίες, ο αέρας δεν μπορεί πλέον να συγκρατεί όλους τους υδρατμούς, επομένως μέρος του νερού συμπυκνώνεται και σχηματίζει σύννεφα. Ταυτόχρονα, τα σταγονίδια νερού που σχηματίζουν το στρώμα σύννεφων συγκρούονται και μεγαλώνουν, και τελικά πέφτουν από τον ουρανό ως κατακρημνίσματα, η πιο κοινή μορφή αυτών είναι η βροχή. Μία άλλη μορφή κατακρημνίσματος είναι η χιονόπτωση, η οποία σχηματίζει πάγο και παγετώνες. Σε ένα σχετικά ζεστό κλίμα, όταν έρχεται η άνοιξη, το χιόνι λιώνει, το λιωμένο πλέον νερό ρέει στον ωκεανό υπό την επίδραση της βαρύτητας, ως επιφανειακή απορροή. Η επιφανειακή απορροή μπορεί να φτάσει ακόμη και σε σημεία, όπως είναι οι λίμνες και τα ποτάμια, που είναι οι κύριες δεξαμενές γλυκού νερού. Το μεγαλύτερο μέρος του νερού πέφτει απευθείας στον ωκεανό.

Επιπλέον κάποιες ποσότητες διεισδύουν στο έδαφος μέσω διήθησης και σχηματίζουν τα υπόγεια ύδατα. Μέρος του νερού αυτού μπορεί να ξαναβρεί το δρόμο του προς τα επιφανειακά υδάτινα σώματα και τους ωκεανούς ως υπόγειο νερό. Όταν βρει έναν τρόπο προς την επιφάνεια της γης, θα εμφανιστεί με τη μορφή πηγής. Το άλλο μέρος των υπόγειων υδάτων είναι βαθύτερο και εμπλουτίζει τον υπόγειο υδροφορέα, ο οποίος μπορεί να αποθηκεύσει μεγάλη ποσότητα νερού για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ωστόσο, ακόμη και αν αυτό το νερό συνεχίσει να ρέει, καθώς περνά ο χρόνος, μέρος του θα επανέλθει στον ωκεανό, όπου ο κύκλος του νερού "τελειώνει" και "ξεκινά".[2], [3]

### **2.1.2 Ο ρόλος των φυτών στον κύκλο του νερού και η επίδραση τους**

Τα φυτά καταλαμβάνουν ένα σπουδαίο μέρος του υδρολογικού κύκλου της γης και συμβάλλουν στη διατήρηση της περιβαλλοντικής ισορροπίας μέσω της φωτοσύνθεσης. Προκειμένου όμως, να εκτελεστεί η φωτοσύνθεση, τα φυτά χρειάζονται πρώτες ύλες όπως, διοξείδιο του άνθρακα και νερό, και με τη βοήθεια του φωτός και της χλωροφύλλης δημιουργούν άμυλο για να τραφούν και ελευθερώνουν οξυγόνο στην ατμόσφαιρα. Με άλλα λόγια, τα φυτά απορροφούν το υπόγειο νερό που συλλέγεται κάτω από το έδαφος λόγω της διήθησης του νερού της βροχής, με τη βοήθεια του ριζικού τους συστήματος. Τα

φύλλα απελευθερώνουν αυτό το απορροφημένο νερό στην ατμόσφαιρα, μέσω της διαπνοής.

Πολλές αστικές περιοχές έχουν μειώσει τεράστιο κομμάτι της δασικής τους έκτασης, για την κατασκευή κτιρίων και την εκμετάλλευση δέντρων σε διάφορες μεταποιητικές βιομηχανίες. Με την πάροδο του χρόνου, αυτές οι αποψιλωμένες περιοχές συχνά πλημμυρίζουν ή αντιμετωπίζουν περιόδους έντονης ξηρασίας. Χωρίς βλάστηση, δεν υπάρχει κανένας τρόπος να πραγματοποιηθεί η επιφανειακή απορροή στο έδαφος, καθώς δεν υπάρχει ριζικό σύστημα για να συγκρατήσει το νερό και γι' αυτό, η στάθμη των υπόγειων υδάτων μειώνεται. Επιπλέον, δεν πραγματοποιείται διαπνοή σε αποψιλωμένες περιοχές, γεγονός που τελικά οδηγεί σε χαμηλά επίπεδα υγρασίας της ατμόσφαιρας και ξηρές περιβαλλοντικές συνθήκες.[4]

## **2.2 Οι παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του νερού και οι δείκτες μέτρησής της**

Ως ποιότητα νερού καθορίζεται το σύνολο των φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων του νερού που καθορίζουν πόσο κατάλληλο παραμένει το νερό για τις διάφορες χρήσεις του.

Η Αγωγιμότητα (EC), που είναι ένα μέτρο της ικανότητας του νερού μεταφέρει ή διεξάγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Δηλαδή, το σύνολο των ιόντων (ανιόντων και κατιόντων) που υπάρχουν στο νερό και μετριέται σε  $\mu\text{Siemens}$  ανά εκατοστό ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Στο απιονισμένο νερό η τιμή της αγωγιμότητας είναι κάτω από  $50 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Βέβαια, το απιονισμένο νερό είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού. Νερό που υπερβαίνει τα  $2.500 \mu\text{S}/\text{cm}$  θεωρείται ακατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση.

Επίσης, τα Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS), εμφανίζονται στο νερό είτε σε διάλυμα, είτε σε εναιώρημα. Εξ ορισμού, τα αιωρούμενα στερεά συγκρατούνται στο πάνω μέρος του φίλτρου και τα διαλυμένα στερεά περνούν μέσα από το φίλτρο με το νερό. Εάν το διηθημένο τμήμα του δείγματος νερού, τοποθετηθεί σε ένα μικρό δίσκο και στη συνέχεια εξατμιστεί, τα στερεά ως υπόλειμμα, αυτό το υλικό ονομάζεται συνήθως, ολικά διαλυμένα στερεά ή TDS. Εκφράζεται σε μονάδες  $\text{mg}$  ανά λίτρο νερού ( $\text{mg}/\text{L}$ ), που αναφέρεται και επίσης ως μέρη ανά εκατομμύριο ή  $\text{parts per million}$  (ppm). Η μέτρηση των TDS γίνεται με TDS meters, μέσω αναγωγής από την αγωγιμότητα με βάση έναν συντελεστή 0,5 ή 0,7. Η μέτρηση των TDS όπως και της αγωγιμότητας, επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του νερού. [17], [12], [13]



### **2.2.1 Φυσικοί παράμετροι ποιότητας νερού**

Τα κύρια φυσικά χαρακτηριστικά του ελέγχου του νερού είναι: η εμφάνιση, το χρώμα, η οσμή, η γεύση, η θερμοκρασία και η καθαρότητα-διαφάνεια. Η γευστικότητα, το ιξώδες, η διαλυτότητα, οι οσμές και οι χημικές αντιδράσεις επηρεάζονται από τη θερμοκρασία. Έτσι, οι διαδικασίες καθίζησης και χλωρίωσης και η ζήτηση βιολογικού οξυγόνου (BOD) εξαρτώνται από τη θερμοκρασία. Ακόμη διάφοροι ρύποι μπορεί να προκαλέσουν ανεπιθύμητες γεύσεις και οσμές, όπως «αλμυρή» γεύση (όταν η περιεκτικότητα σε χλωριούχα ιόντα είναι μεγαλύτερη από 500 mg / L) ή γεύση «κλουβιού αυγού» λόγω του υδρόθειου. Το πρόβλημα γεύσης του νερού μπορεί να αποδοθεί στο σύνολο των διαλυμένων στερεών TDS, στην παρουσία ορισμένων μετάλλων όπως σίδηρος, χαλκός, μαγγάνιο και ψευδάργυρος.[14] Επιπλέον η θολότητα προκαλείται από αιωρούμενα υλικά όπως πηλό, λάσπη, οργανικό υλικό, πλαγκτόν και άλλα σωματιδιακά υλικά που υπάρχουν στο νερό. Γενικά, όλα αυτά τα σωματίδια είναι ανεπιθύμητα στο πόσιμο νερό. Η όψη στο νερό οφείλεται σχεδόν πάντα στη οργανική ύλη που περιέχεται σε αυτό, συνήθως εξάγεται από τη βλάστηση που αποσυντίθεται. Το χρώμα στο νερό μπορεί επίσης, να είναι αποτέλεσμα φυσικών μεταλλικών ιόντων (σίδηρος και μαγγάνιο). Το ανοιχτό κίτρινο νερό υποδηλώνει την παρουσία χουμικού οξέος, που ονομάζεται «τανίνη», και το κόκκινο χρώμα δείχνει επίσης την παρουσία κατακρημνισμένου σιδήρου.[12]

### **2.2.2 Χημικοί παράμετροι ποιότητας νερού**

Η Οξύτητα (pH) είναι μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους της ποιότητας του νερού. Με τον όρο οξύτητα (pH) ορίζεται «ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των κατιόντων υδρογόνου» ( $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ ) δείχνοντας την ισχύ ενός όξινου ή ενός βασικού διαλύματος. Τα όξινα διαλύματα περιέχουν επιπλέον ιόντα υδρογόνου ( $\text{H}^+$ ) με τιμές μικρότερες του 7 και τα βασικά διαλύματα περιέχουν επιπλέον ιόντα υδροξυλίου ( $\text{OH}^-$ ) με τιμές μεγαλύτερες του 7. Για παράδειγμα, η ρύπανση μπορεί να τροποποιήσει το pH του νερού, η οποία μπορεί να βλάψει τα ζώα και τα φυτά που ζουν στο νερό. Η οξύτητα του νερού είναι η ποσοτική του ικανότητα να εξουδετερώνει μια ισχυρή βάση σε ένα επιλεγμένο επίπεδο pH. Τα οξέα μπορούν να επηρεάσουν πολλές διεργασίες όπως διάβρωση, χημικές αντιδράσεις και βιολογικές δραστηριότητες. Μια άλλη σημαντική παράμετρος για τη μέτρηση της ποιότητας του νερού είναι το διαλυμένο οξυγόνο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της χημικής ρύπανσης του νερού. Το διαλυμένο οξυγόνο είναι μια βασική παράμετρος για την επαλήθευση της ποιότητας του νερού, αλλά και για την εξακρίβωση ξένων σωμάτων, μιας και οι υδρόβιοι οργανισμοί χρειάζονται οξυγόνο για

να επιβιώσουν. Επιπλέον τα υψηλά επίπεδα οξύτητας ή αλκαλικότητας στο νερό μπορεί να αποτελούν ένδειξη βιομηχανικής ή χημικής ρύπανσης.

### **2.2.3 Βιολογικοί παράμετροι ποιότητας νερού**

Ένας από τους πιο χρήσιμους δείκτες ποιότητας του νερού μπορεί να είναι η παρουσία ή η έλλειψη ζώντων οργανισμών. Ως εκ τούτου, ένα υδατικό σύστημα με μεγάλο αριθμό καλά ισορροπημένων ειδών θεωρείται ως ένα υγιές σύστημα. Πολλές επικίνδυνες ασθένειες που προκαλούνται από το νερό προκαλούνται από βακτήρια, όπως τυφοειδής και παρατυφοειδής πυρετός, λεπτοσπείρωση, τολαιμία, shigellosis και χολέρα. Τα φύκια τα οποία περιέχουν φωτοσυνθετικές χρωστικές ουσίες, όπως η χλωροφύλλη είναι επίσης σημαντικά για την επεξεργασία λυμάτων σε λίμνες σταθεροποίησης. Τα φύκια είναι κατά κύριο λόγο ενοχλητικοί οργανισμοί στην παροχή νερού λόγω των προβλημάτων γεύσης και οσμής που δημιουργούν. Οι ιοί, οι μικρότερες βιολογικές δομές που είναι γνωστό ότι περιέχουν όλες τις γενετικές πληροφορίες που είναι απαραίτητες για τη δική τους αναπαραγωγή, είναι παράσιτα που χρειάζονται έναν ξενιστή για να ζήσουν.[12]

### **2.3 Τύποι υδάτινων οικοσυστημάτων**

Σε ένα υδάτινο οικοσύστημα μια κοινότητα οργανισμών από φυτά και ζώα ζουν και αλληλοεπιδρούν μέσα σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον. Τα υδρόβια οικοσυστήματα γενικά χωρίζονται σε δύο τύπους - το θαλάσσιο οικοσύστημα και το οικοσύστημα γλυκού νερού. Θαλάσσια ή ωκεάνια συστήματα καλύπτουν περίπου το 70% της επιφάνειας της γης και διακρίνονται από την παρουσία διαλυμένων αλάτων στο νερό. Οι ωκεανοί, οι εκβολές, οι κοραλλιογενείς ύφαλοι και τα παράκτια οικοσυστήματα είναι τα διάφορα είδη θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Από την άλλη, τα οικοσυστήματα γλυκού νερού, καλύπτουν λιγότερο από το 1% της γης. Τόσο τα συστήματα γλυκού νερού όσο και τα θαλάσσια συστήματα απειλούνται από τη ρύπανση που προκαλείται από τη γεωργική και αστική απορροή, την υπεραλίευση, την παράκτια ανάπτυξη και ακόμη και από την υπερθέρμανση του πλανήτη.[9]

#### **2.3.1 Υπόγεια νερά**

Το υπέδαφος μπορεί να χωριστεί σε δύο κύριες υδρολογικές ζώνες: την ακόρεστη ζώνη, επίσης γνωστή ως ζώνη διαρροής, και την κορεσμένη ζώνη. Η ακόρεστη ζώνη αναφέρεται στην περιοχή μέσα και κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, όπου τα κενά μεταξύ σωματιδίων του εδάφους και ρωγμών βράχου, δεν είναι πλήρως γεμάτα με νερό. Οι

ακόρεστες ζώνες είναι σπάνια εντελώς στεγνές, επειδή το νερό συνήθως υπάρχει στα κενά (πόρους) στο έδαφος και στους βράχους με τη μορφή σταγονιδίων νερού και υμενίων. Επειδή αυτά τα κενά δεν είναι πλήρως γεμάτα με νερό, ο υπόλοιπος χώρος γεμίζει με αέρα. Στην πραγματικότητα, η υγρασία στην ακόρεστη ζώνη διατηρείται ακόμη στο έδαφος ή στον βράχο με τη μορφή στήλης νερού που απορροφάτε στην επιφάνεια των πόρων του υλικού. Η διαδικασία της προσρόφησης, είναι το αποτέλεσμα των τριχοειδών δυνάμεων. Η κορεσμένη ζώνη είναι η περιοχή κάτω από την επιφάνεια της γης, όπου τα κενά μεταξύ των μορίων του εδάφους ή των ρωγμών των πετρωμάτων είναι διαποτισμένα ή γεμάτα πλήρως με νερό. Το άνω μέρος της κορεσμένης ζώνης ονομάζεται τριχοειδής ζώνη, η οποία είναι μια λεπτότερη ζώνη στην οποία το κενό εμποτίζεται από το νερό που συλλαμβάνεται από την τριχοειδή δύναμη. Το πάχος της εξαρτάται από την κατανομή μεγέθους των πόρων και των σωματιδίων του εδάφους στο δίκτυο υδροφορέων. Τα χαλίκια και οι σπασμένοι βράχοι έχουν συνήθως μικρές έως ανύπαρκτες τριχοειδείς ζώνες. Η τριχοειδής ζώνη άμμου έχει πάχος αρκετά εκατοστά, ενώ η τριχοειδής ζώνη του αργίλου είναι πολύ παχύτερη. Κάτω από την τριχοειδή ζώνη, το νερό μπορεί να ρέει ελεύθερα στην κενή περιοχή. Ωστόσο, προσμείξεις από κοντινά μολυσμένα εδάφη, διαρροές, υπόγειες δεξαμενές και σηπτικά συστήματα μπορούν να μολύνουν ένα πηγάδι. Επιπλέον, η διείσδυση θαλασσινού νερού μπορεί να συμβεί όταν ο ρυθμός άντλησης κοντά σε μια ακτή υπερβαίνει τον ρυθμό γεμίματος του πηγαδιού.[10]

### **2.3.2 Επιφανειακά νερά**

Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που δεν διεισδύουν στο έδαφος και δεν εξατμίζονται αποτελούν μαζί με το νερό των πηγών, το επιφανειακό νερό. Το βρόχινο νερό ρέει προς τα κάτω λόγω της βαρύτητας αμέσως μετά την πτώση του στο έδαφος με ακανόνιστη ροή διοχετεύοντας το σε ένα δίκτυο ρυακίων, χείμαρρων και ποταμών, σχηματίζοντας έτσι ένα δίκτυο αποστράγγισης στην επιφάνεια της γης, το οποίο ονομάζεται υδρογραφικό δίκτυο. Τα νερά των λιμνών ανήκουν επίσης στην κατηγορία των επιφανειακών νερών. Πρόκειται για νερά που γεμίζουν επιφανειακές κοιλότητες της γης και είναι είτε σε μεγάλη απόσταση από την θάλασσα, ή υπάρχει μια ελάχιστη υπερχειλιστική ροή προς αυτή. Το επιφανειακό νερό χρησιμοποιείται κυρίως για παροχή πόσιμου νερού, αναψυχή, άρδευση, βιομηχανία, κτηνοτροφία, μεταφορές και υδροηλεκτρική ενέργεια. Πάνω από το 63% της δημόσιας παροχής νερού προέρχονται από τα επιφανειακά ύδατα. Η άρδευση απαιτεί περίπου το 58% της παροχής νερού από επιφανειακά ύδατα. Η βιομηχανία σχεδόν το 98% των

υδάτων της από συστήματα επιφανειακών υδάτων. Επομένως, η διατήρηση και η ποιότητα των επιφανειακών υδάτων είναι υψίστης σημασίας.[10]

## **2.4 Υδατική ρύπανση**

Ρύπανση μπορεί να θεωρηθεί, κάθε απόκλιση από τη φυσική σύσταση του νερού, του αέρα και του εδάφους που μπορεί να έχει επιβλαβής επιπτώσεις στη ζωή των ανθρώπων, των ζώων ή των φυτών. Συχνά, με τη λέξη "ρύπανση" εννοούμε κυρίως, τη χημική ρύπανση. Όμως, η ευρύτερη σημασία του όρου περιλαμβάνει και άλλες μορφές ρύπανσης, όπως η αισθητική, η πολιτιστική και γενικότερα κάθε τι που έχει ως απόρροια την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής. Για παράδειγμα μια σοβαρή αιτία ρύπανσης αποτελεί η υπερβολική λίπανση των εδαφών με νιτρικά λιπάσματα. Στα επιφανειακά ύδατα, η εμφάνιση υψηλών συγκεντρώσεων αζωτούχων και φωσφορικών ενώσεων, με τη βοήθεια και του ηλίου, ενισχύει, συχνά σε υπερβολικό ποσοστό, την ύπαρξη του φυτοπλαγκτόν, δημιουργώντας ευτροφισμό. Εν αντίθεση, στα υπόγεια ύδατα η νιτρορύπανση παρουσιάζεται με τη μορφή αθροιστικής συσσώρευσης νιτρικών, που συχνά αγγίζουν επίπεδα απαγορευτικά για τη χρήση του νερού για σκοπούς ύδρευσης. Γενικότερα, τα επιφανειακά νερά είναι πιο εκτεθειμένα στη ρύπανση, αλλά ο καθαρισμός τους είναι πιο εύκολος από τα υπόγεια νερά, στην περίπτωση που ρυπανθούν. Η ποιότητα των υδατικών συστημάτων υποβαθμίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη διοχέτευση σε αυτά ουσιών ανόργανης και οργανικής φύσης. Η διοχέτευση των ουσιών πραγματοποιείται άμεσα μέσω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, όπως είναι η ανεξέλεγκτη ή σχεδόν ελεγχόμενη απόρριψη των αποβλήτων, είτε έμμεσα με διάφορες φυσικές διεργασίες. Παράδειγμα αποτελεί η επιφανειακή απορροή των υδάτων στα οποία εκχυλίζονται ή διαλύονται ρυπαντικά συστατικά, χημικές αντιδράσεις και η έκπλυση του νερού σε κατασκευαστικά υλικά.[15]

### **2.4.1 Πηγές ρύπανσης του νερού**

Όπως έχει επισημανθεί στην προηγούμενη παράγραφο, η ρύπανση των υδάτων, αναφέρεται σε οποιαδήποτε άμεση ή έμμεση εισαγωγή ουσιών ή οποιασδήποτε ενέργειας στο υδάτινο περιβάλλον, επηρεάζοντας αρνητικά τους οργανισμούς, θέτοντας σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία αλλοιώνοντας την ποιότητα του νερού. Ρυπογόνες ουσίες που απελευθερώνονται στο υδάτινο περιβάλλον, μπορούν να προκαλέσουν ρύπανση των υδάτων και αυτές οι ουσίες επίσης, μπορούν να αλλάξουν τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες των επιφανειακών υδάτων. Ρύπανση προκαλείται από μικροοργανισμούς, παθογόνα και βακτήρια που βρίσκονται σε αστικά λύματα, ποτάμια,

ωκεανούς και λίμνες, σε βιομηχανικά, γεωργικά και ζωικά απόβλητα. Δύο κύριες κατηγορίες ρύπανσης των υδάτων είναι η σημειακή πηγή ρύπανσης και η μη-σημειακή πηγή. Οι σημειακές πηγές ρύπανσης μπορεί να είναι ένα εργοστάσιο χημικών ή μια γεωργική βιομηχανία που τα απόβλητά της διοχετεύονται στο έδαφος ρυπαίνοντας τον υπόγειο υδροφόρο. Δεδομένου ότι υπάρχει ένα μόνο σημείο προέλευσης, αυτός ο τύπος ρύπανσης των υδάτων προσφέρεται για σχετικά εύκολη ανίχνευση και αποκατάσταση του. Οι μη-σημειακές πηγές ρύπανσης, είναι διάσπαρτες και διάχυτες και δεν υπάρχουν συγκεκριμένα σημεία εισόδους τους στα υδάτινα συστήματα. Προέρχονται από πολλαπλές πηγές και επηρεάζει τόσο την τοπική πηγή μόλυνσης όσο και τη γύρω περιοχή όπως από έκπλυση αστικών περιοχών, καλλιεργήσιμες εκτάσεις, οι κήποι και τα γκαζόν, χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων κ.α.[16]

Οι πηγές ρύπανσης διοχετεύουν στα επιφανειακά, υπόγεια, παράκτια νερά, άμεσα ή έμμεσα, τους ακόλουθους, κυρίως, ρύπους:

- Βαρέα μέταλλα
- Οργανικό φορτίο
- Πετρελαιοειδή
- Άζωτο, φωσφόρο, βόριο
- Φυτοφάρμακα
- Αιωρούμενα στερεά
- Νιτρικά, νιτρώδη
- Φαινόλες

#### **2.4.2 Οικιακά λύματα**

Από τους κυριότερους ρυπαντές είναι τα οικιακά απορρίμματα στη δεξαμενή αποχέτευσης (σηπτική δεξαμενή) κάθε σπιτιού. Το πιο κοινό σύστημα επεξεργασίας οικιακών λυμάτων είναι ο συνδυασμός σηπτικών δεξαμενών για την κατακράτηση και πέψη των στερεών, και η τάφρος βαθιάς απορρόφησης φίλτρου. Οι συνηθέστεροι ρύποι που υπάρχουν στα οικιακά λύματα, όπως απορρυπαντικά ή χλωριούχα ιόντα, και το νιτρικό άλας έχουν υψηλή ευελιξία.

Ακόμη, είναι πολύ δύσκολο να αποκατασταθούν και να αποτραπούν πιθανά προβλήματα, εξαιτίας του υψηλού κόστους αντικατάστασης των συστημάτων διάθεσης των απορριμμάτων και ο αυτοκαθαρισμός των υπογείων υδάτων. Πλέον ο

αποτελεσματικότερος τρόπος, είναι η δημιουργία δημόσιων υπονόμων για τη συλλογή και επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

Τα υγρά απόβλητα μετά από δευτεροβάθμια επεξεργασία, είναι πιθανό να μεταφέρουν ουσίες μέσα στο έδαφος με το επιφανειακό νερό να διηθείται σε αυτό μέσω της ακόρεστης ζώνης και να κινείται προς τους υπόγειους υδροφορείς. Τα ρυπασμένα ύδατα είτε αραιώνονται από το βρόχινο νερό μειώνοντας την ένταση της ρύπανσης είτε διοχετεύονται σε φρεάτιο και εξέρχονται σε επιφανειακά υδάτινα συστήματα.[13], [17]

#### **2.4.3 Βιομηχανικά απόβλητα**

Τα υγρά απόβλητα από βιομηχανίες διαλέγονται και επεξεργάζονται στο σύστημα καθαρισμού, όπως συμβαίνει και στα οικιακά λύματα πριν απορριφθούν στο έδαφος. Μάλιστα, το 90% των επικίνδυνων αποβλήτων απελευθερώνεται στην επιφάνειά του εδάφους, κυρίως επειδή είναι ο φθηνότερος τρόπος για τη διαχείρισή τους, σε υγρή ή σε λασπώδη μορφή και μαζί με ένα μικρό ποσοστό μη επιβλαβών αποβλήτων. Οι χημικές και άλλες παρόμοιες βιομηχανίες, παράγουν επιβλαβείς ρύπους όπως είναι οργανικοί με επιπτώσεις στην κατανάλωση οξυγόνου των νερών, τα θρεπτικά στοιχεία π.χ. βιομηχανίες τροφίμων και από άλλες βιομηχανίες, όπως μέταλλα, προϊόντα πετρελαίου, άνθρακα και χαρτιού. Άλλοι ρύποι είναι ο αμιάντος που είναι σοβαρός κίνδυνος για την υγεία και καρκινογόνος. Ο μόλυβδος είναι ένα μεταλλικό στοιχείο και μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας και περιβάλλοντος. Επίσης, ο υδράργυρος είναι ένα μεταλλικό στοιχείο και μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας και περιβάλλοντος. Τέλος, τα νιτρικά άλατα που συνδέονται με αυξημένη χρήση λιπασμάτων, μπορεί να προκαλέσουν ευτροφισμό στα θαλάσσια οικοσυστήματα.[17], [18].

#### **2.4.4 Τοξικά στοιχεία**

Μια από τις πιο σημαντικές και εκτεταμένες μορφές ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι αυτή από τους υδρογονάνθρακες πετρελαίου. Τα πετρελαιοειδή έχουν την ιδιότητα να διασπείρονται και να εξαπλώνονται σε τεράστιες εκτάσεις εμφανίζοντας χωριστή υγρή φάση στο υδάτινο περιβάλλον, εμποδίζοντας την ανταλλαγή των αερίων μεταξύ αέρα και νερού και βλάπτοντας τους υδρόβιους οργανισμούς. Επιπλέον επιδρούν και ρυπαίνουν τις τροφικές αλυσίδες και τις πηγές τροφής μειώνοντας την φυσική αντίσταση των οργανισμών. Ωστόσο, πολλά βακτήρια που ζουν στο πετρέλαιο, έχουν την ικανότητα να το διασπούν, εξυγιαίνοντας έτσι τις ρυπασμένες περιοχές. Το πετρέλαιο διασπάται επίσης από την κίνηση του κυματισμού και της παλίρροιας. Η ρύπανση του

περιβάλλοντος από μέρη πίσσας που συχνά εκβράζονται στις παραλίες έχει σοβαρές οικολογικές και οικονομικές επιπτώσεις. Επίσης, τα βαρέα μέταλλα αποτελούν χημικούς ρύπους με ειδικό βάρος μεγαλύτερο του σιδήρου. Τα κύρια στοιχεία που ανήκουν στην κατηγορία των ισχυρών τοξικών σε μεγάλες συγκεντρώσεις για τα έμβια όντα είναι το αρσενικό (As), το κάδμιο (Cd), ο μόλυβδος (Pb), ο υδράργυρος (Hg). Ενώ η παρουσία μετάλλων όπως ο σίδηρος (Fe), χαλκός (Cu), ψευδάργυρος (Zn), κοβάλτιο (Co), Μαγγάνιο (Mn), Βανάδιο (V), το Σελήνιο (Se), το Νικέλιο (Ni), ο Κασσίτερος (Sn), το Χρώμιο (Cr)[16].

#### 2.4.5 Όξινη βροχή

Όξινη βροχή ονομάζουμε τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, που έχουν pH χαμηλότερο από το pH της κανονικής βροχής, με αποτέλεσμα να είναι πιο όξινη από την κανονική βροχή. Η βροχή είναι ελαφρά όξινη με pH μεταξύ 5.0 και 5.6 και αυτό οφείλεται κυρίως στο διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) της ατμόσφαιρας, το οποίο διαλύεται στο νερό της βροχής και σχηματίζει το ανθρακικό οξύ. Με την πάροδο των τελευταίων δεκαετιών έχει παρατηρηθεί πως η βροχή γίνεται όλο και περισσότερο όξινη και το pH της κυμαίνεται



*Εικόνα 1:Εικόνα δάσους που έχει υποστεί την επίδραση όξινης βροχής στην κεντρική Ευρώπη. Οι εικόνες των γυμνών κλαδιών και γερασμένων δένδρων στα δάση της Γερμανίας υπήρξαν καταλυτικές για την εκστρατεία ενάντια στη διασποριακή ρύπανση.[73]*

από 3,5 έως 4,5. Βροχή με pH 4,6 είναι 10 φορές πιο όξινη από βροχή με pH 5,6. Η αυξημένη οξύτητα οφείλεται συνήθως σε νιτρικά και θειικά οξέα τα οποία συνήθως προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές όπως η βιομηχανία ορυκτών καυσίμων, καθώς επίσης από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων. Αυτές οι ενώσεις αντιδρούν με το οξυγόνο και τους υδρατμούς που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα και σχηματίζουν θειικό οξύ

(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) και νιτρικό οξύ (HNO<sub>3</sub>), τα οποία στη συνέχεια διαλύονται στο νερό της βροχής, το χαλάζι, τη χιονόπτωση και επηρεάζουν το έδαφος, το νερό, τη χλωρίδα, την πανίδα, τα

κτίρια αλλά ακόμα ποιο σοβαρά, απειλούν και την ανθρώπινη ζωή. Οι επιπτώσεις της όξινης βροχής επιφέρουν καταστροφικά αποτελέσματα σε οικοσυστήματα, όπως γίνεται φανερό και από την εικόνα 1 παραπάνω, καλλιέργειες, πολιτιστικά μνημεία και περιουσιακά στοιχεία των πολιτών (π.χ. αυτοκίνητα) με αποτέλεσμα τα τελευταία χρόνια, πολλές κυβερνήσεις να επιβάλλουν νόμους και άλλα μέτρα με σκοπό τη μείωση του φαινομένου.[19]

## **2.5 Γεωργικές πηγές ρύπανσης**

Μια έκθεση που δημοσιεύθηκε από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO) και το Διεθνές Ινστιτούτο Διαχείρισης Υδάτων (IW) δήλωσε ότι η ρύπανση των υδάτων που προκαλείται από μη βιώσιμες γεωργικές πρακτικές αποτελεί μια μετρήσιμη απειλή για την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα. Ο τομέας της γεωργίας είναι βασικός υπεύθυνος για την χρήση των φυτοφαρμάκων (παρασιτοκτόνων, εντομοκτόνων, αντιβιοτικών, αυξητικών ορμονών των φυτών, κ.ά.) παρουσιάζοντας τεράστια αύξηση τις τελευταίες δεκαετίες με στόχο την αύξηση της απόδοσης της καλλιεργήσιμης γης. Οι βλαβερές επιπτώσεις που προξενούν στον άνθρωπο είναι κατά κύριο λόγο δηλητηριάσεις, σοβαρές διαταραχές στη λειτουργία του νευρικού συστήματος ενώ ορισμένα από αυτά έχουν και καρκινογόνο δράση. Σχεδόν σε όλους τους οργανισμούς υπάρχουν σήμερα ίχνη φυτοφαρμάκων προκειμένου να επιλυθεί αυτό το κοινό φαινόμενο, πρέπει να ληφθούν μέτρα για τη διόρθωση αυτού του προβλήματος σε επίπεδο πολιτικής, με την εφαρμογή κανονισμών και οικονομικών κινήτρων για τους αγρότες. Ο ρόλος της εκπαίδευσης και της ευαισθητοποίησης είναι επίσης, πάρα πολύ σημαντικός. Με την χρήση "απομονωμένων περιοχών" ή τεχνητών υγροτόπων με σκοπό να μειωθεί η εξάπλωση της ρύπανσης, βοηθά τους αγρότες να αποκτήσουν γνώσεις σχετικά με τις γεωργικές εισροές και τις βέλτιστες πρακτικές για τον έλεγχο της διάβρωσης του εδάφους. Γι' αυτό λοιπόν, είναι απαραίτητο να περιοριστούν οι ρύποι από την πηγή τους, πριν φτάσουν στο εύθραυστο οικοσύστημα. [20]

### **2.5.1 Αρδευτικό νερό**

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας άρδευσης, εκτός από την παροχή της απαραίτητης ποσότητας νερού στα φυτά, το ίδιο το νερό βοηθά επίσης στην αραίωση τυχόν αλατιού που υπάρχει στο έδαφος, συμβάλλοντας έτσι στη δημιουργία ενός καλού περιβάλλοντος για τις καλλιέργειες. Το μισό, μέχρι τα δύο τρίτα, από την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται στην άρδευση, καταναλώνεται από τις καλλιέργειες και ένα μέρος αυτού επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής. Το υπόλοιπο νερό,



το οποίο αποτελεί την επιστρεφόμενη «αρδευτική» ροή στραγγίζεται στο επιφανειακό στραγγιστικό δίκτυο ή τροφοδοτεί τον υποκείμενο υδροφόρο. Σε αρκετές περιπτώσεις το νερό που επιστρέφει από τις αρδεύσεις προσροφάτε παρασύροντας υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων στον υπόγειο υδροφορέα σε σχέση με την συγκέντρωση αλάτων του νερού που χρησιμοποιήθηκε στην άρδευση. Το νερό αυτό είναι εμπλουτισμένο στην επιστρεφόμενη αρδευτική ροή σε άλατα, ιόντα  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ . Έτσι επικίνδυνου ρύποι όπως τα νιτρικά ιόντα που περιέχονται στα λιπάσματα μετακινούνται εύκολα από την ακόρεστη ζώνη στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα διαπερατών εδαφών. Στην ακόρεστη ζώνη οι διαλυμένες ουσίες κινούνται κατακόρυφα και στην κορεσμένη ζώνη η υδραυλική κλίση προκαλεί την οριζόντια κίνηση του υπόγειου νερού και των ρύπων που περιέχονται σε αυτό. Συμπερασματικά, η υπερβολική άρδευση οδηγεί στην μεταφορά ανόργανων ενώσεων και σε υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένων αλάτων στο νερό που διηθείται βαθιά στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους. Ουσίες όπως ιόντα χλωρίου, θεικών, νιτρικών, νατρίου διαπερνώντας στα υπόγεια νερά με αποτέλεσμα η ανακύκλωση του νερού για άρδευση να επιβαρύνει το έδαφος με ανόργανα στοιχεία.. [18]

### 2.5.2 Φυτοφάρμακα

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί, τα φυτοφάρμακα (εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, παρασιτοκτόνα) που χρησιμοποιούνται εντατικά στη γεωργία τις τελευταίες δεκαετίες περιέχουν οργανικές ουσίες, κάποιες από τις οποίες είναι ιδιαίτερα τοξικές. Οι ουσίες αυτές εξαιτίας της μη εύκολης αποσύνθεσης τους διαταράσσουν την ισορροπία των οικοσυστημάτων αφού αφενός βιοσυσσωρεύονται και αφετέρου μεταφέρονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Επιπλέον, οι ουσίες αυτές αποτελούν σημαντικούς ρύπους για τα υπόγεια νερά και για την τροφική πυραμίδα (ψάρια, αρπακτικά πουλιά, θηλαστικά και ο άνθρωπος). Το όριο περιορισμού της μέγιστης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης στα φυτοφάρμακα, ορίζεται σε  $0,1 \mu\text{g} / \text{l}$  στο πόσιμο νερό, παρόλα αυτά θεωρείται ότι το όριο αυτό, παραβιάζεται σε πολλά υπόγεια ύδατα. Τα κύρια φυτοφάρμακα που παρατηρούνται είναι ζιζανιοκτόνα, όπως η ατραζίνη σε συνδυασμό με διάφορα φυτοφάρμακα εδάφους, όπως τα καρβαμικά και οργανοχλωριωμένα που οι συγκεντρώσεις τους έχουν βρεθεί μεγαλύτερες από  $1 \mu\text{g} / \text{l}$ .

Η επίλυση των προβλημάτων ρύπανσης των υπόγειων υδάτων από τα φυτοφάρμακα είναι δύσκολη και περίπλοκη διαδικασία, λόγω του μεγάλου ποσοστού που χρησιμοποιούνται στη γεωργία και τα τοξικά παράγωγά τους. Πρόσφατες μελέτες έδειξαν πως η ρύπανση του εδάφους από τα φυτοφάρμακα έχει προχωρήσει πια τόσο πολύ ώστε ακόμα και

σήμερα, ποσότητες χλωριωμένων εντομοκτόνων ανιχνεύονται σε εδαφικά και οικολογικά συστήματα παρόλο που έχουν περάσει πάνω από 20 χρόνια από την απαγόρευση της χρήσης τους, όπως το DDT. [22] Σε πολλές χώρες καθώς και στην χώρα μας όλα τα οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα έχουν απαγορευτεί όπως και πολλά ζιζανιοκτόνα, μεταξύ αυτών και η αατραζίνη.

### **2.5.3 Λιπάσματα και ζωικά απόβλητα**

Η ανεξέλεγκτη χρήση λιπασμάτων έχει οδηγήσει στην αύξηση των νιτρικών ιόντων και στην πλήρη υποβάθμιση πολλών υδροφόρων οριζόντων. Η κυριότερη πηγή των θρεπτικών είναι οι χερσαίες ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η έκπλυση αγροτικών εκτάσεων όπου έχει εφαρμοστεί λίπανση όπου με την συμβολή κατακρημνισμάτων παρασύρουν ουσίες από ορυκτά καύσιμα, αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. Με αυτό τον τρόπο εμπλουτίζονται τα υδατικά οικοσυστήματα με νιτρικά ιόντα δηλαδή ενώσεις του αζώτου, το οποίο αποτελεί το κυριότερο συστατικό των λιπασμάτων. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση των νιτρικών στοιχείων, προς τα υπόγεια ύδατα είναι η ποσότητα των λιπασμάτων που εφαρμόζεται, η διαπερατότητα του εδάφους και ο ρυθμός διήθησης του νερού. Προκειμένου να περιοριστεί η αύξηση των νιτρικών, πρέπει να γίνουν αλλαγές στη διαχείριση του νερού και των καλλιεργειών. Τα στερεά απόβλητα κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων (κοπριές) είναι πλούσια σε νιτρικά και διαλυμένα άλατα και αποτελούν πιθανές πηγές ρύπανσης των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων. Ο βαθμός διεύθυνσης αυτών των ρύπων εξαρτάται από τις εδαφικές συνθήκες, την αποστράγγιση, τη βροχή.

### **2.5.4 Πηγές νιτρικών αλάτων**

Η ρύπανση που δημιουργείται από την παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων νιτρικών αλάτων ονομάζεται νιτρορύπανση των υπόγειων και των επιφανειακών νερών. Κύρια πηγή της παρουσίας νιτρικών στα υπόγεια και επιφανειακά νερά είναι τα αζωτούχα λιπάσματα, τα οποία χρησιμοποιούνται στην γεωργία ευρέως, τα κτηνοτροφικά απόβλητα, η οργανική ουσία του εδάφους, διάφορα οργανικά υπολείμματα, αστικά λύματα και άλλα. Τα νιτρικά άλατα δημιουργούνται από τη διάσπαση του αζώτου που συσσωρεύεται στα υπόγεια νερά, κάτω από την επιφάνεια του εδάφους που χρησιμοποιείται για τη ανάπτυξη των καλλιεργειών. Τα επίπεδα νιτρικών αλάτων είναι μεγάλα σε ποτάμια και λίμνες λόγω της απορροής λιπασμάτων αζώτου από γεωργικές εκτάσεις. Η τοξική δράση της έκθεσης σε νιτρικά, μέσω διατροφής ή πόσιμου νερού, μπορεί να χωριστεί σε οξείες (βραχυπρόθεσμες) επιδράσεις και χρόνιες (μακροχρόνιες) επιδράσεις. [19]

### **2.5.6 Το φαινόμενο του ευτροφισμού**

Η αυξημένη εφαρμογή λιπασμάτων αζώτου και φωσφόρου, και κοπριάς στη γεωργική παραγωγή βελτίωσε σημαντικά τις αποδόσεις των καλλιεργειών, ωστόσο η εφαρμογή τους έχει οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα με τον ευτροφισμό. Τις τελευταίες δεκαετίες σημειώθηκε τεράστια αύξηση του θαλάσσιου ευτροφισμού παγκοσμίως. Πολλές λίμνες και κλειστοί κόλποι παρουσιάζουν προβλήματα ευτροφισμού με σημαντικές μεταβολές στο οικοσύστημά τους. Ο ευτροφισμός είναι μια διαδικασία στην οποία ο εμπλουτισμός των υδρόβιων συστημάτων από θρεπτικά συστατικά, συνήθως φωσφόρου και αζωτούχων ενώσεων που προέρχονται κυρίως από απόβλητα αστικής, γεωργό-κτηνοτροφικής και βιομηχανικής προέλευσης. Προκαλεί υπερβολική ανάπτυξη των αλγών και φυκιών και ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου, οδηγώντας σε ανισορροπία μεταξύ των διαδικασιών παραγωγής και κατανάλωσης φυκιών, με αποτέλεσμα την πλήρη καταστροφή του υδάτινου οικοσυστήματος.[24], [21]

### **2.5.7 Μικροοργανισμοί**

Πολλοί μικροοργανισμοί διαδραματίζουν θετικό ρόλο στο περιβάλλον καθώς συμβάλλουν στους φυσικούς μηχανισμούς αποικοδόμησης των διαφόρων ρύπων που συζητήθηκαν παραπάνω. Το φυσικό νερό περιέχει μεγάλο αριθμό μικροοργανισμών, οι οποίοι αποτελούν μέρος της φυσιολογικής μικροβιακής χλωρίδας του, αλλά επίσης περιέχουν μικροοργανισμούς που χαρακτηρίζονται ως μη φυσικοί μικροοργανισμοί και εισέρχονται μέσω φυσικών φαινομένων (όπως βροχή) ή ανθρώπινων δραστηριοτήτων (όπως λυμάτων). Διάφορες βιοτεχνολογικές μέθοδοι απορρύπανσης στηρίζονται στη χρήση μικροοργανισμών. Άλλωστε οι πιο σημαντικοί μικροοργανισμοί στις ανθρώπινες και ζωικές εκκρίσεις είναι τα βακτήρια, ιοί και πρωτόζωα. Τα βακτήρια είναι υπεύθυνα για ασθένειες όπως δυσεντερία, χολέρα, τυφοειδή πυρετό, σιγκέλλωση, τυφοειδή πυρετό. Οι ιοί είναι υπεύθυνοι για ασθένειες όπως η ηπατίτιδα και η πολυομελίτιδα και είναι ιδιαίτερα ανθεκτικοί στις μεθόδους απολύμανσης, ενώ, τα πρωτόζωα προκαλούν ασθένειες όπως κρυπτοσποριδίωση και αμοιβαδική δυσεντερία. Παράμετροι που καθορίζουν την πορεία των μικροοργανισμών, (παθογόνα βακτήρια και μύκητες) είναι η ικανότητά τους να επιβιώνουν και να συγκρατούνται από τα υλικά του εδάφους, κυρίως από τις κλιματικές συνθήκες, τη φύση του εδάφους και από τη φύση των μικροοργανισμών.[22]

### **2.6 Επιπτώσεις της ρύπανσης**

Η υποβαθμισμένη ποιότητα των υδάτων έχει μεγάλες επιπτώσεις στην ζωή του ανθρώπου και των υπόλοιπων ζωικών και φυτικών οργανισμών.

Όπως έχει αναλυθεί σε προηγούμενες ενότητες, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες συντελούν στην ρύπανση της περιοχής όπως είναι τα βαρέα μέταλλα, πλαστικά, απορρυπαντικά, εντομοκτόνα καθώς και άλλες τοξικές ουσίες. Επίσης, τα αστικά λύματα προκαλούν μολύνσεις, όπως τυφοειδή πυρετό, δυσεντερία, χολέρα και άλλες παρόμοιες ασθένειες που απειλούν την ύπαρξη της έμβιας ζωή όπως, οι απορροφητικοί βόθροι οικιακών λυμάτων, η διοχέτευση μη επεξεργασμένων βιομηχανικών λυμάτων σε πηγάδια μεγάλου βάθους, κ.α. Ακόμη, τα μεγάλα πλαστικά κομμάτια προκαλούν τραυματισμούς, ασφυξία και συχνά θάνατο στα ζώα της θάλασσας. Ωστόσο, από τα θραύσματα τους, έχει υπολογιστεί πως η συγκέντρωσή τους στη Μεσόγειο Θάλασσα, υπερβαίνει σχεδόν κατά τέσσερις φορές εκείνη του λεγόμενου «πλαστικού νησιού», στον Βόρειο Ειρηνικό Ωκεανό και απειλεί όχι μόνο τα ζώα της θάλασσας, αλλά και τους ανθρώπους. Επίσης, η διάβρωση και η αλάτωση των εδαφών έχουν αυξήσει τον κίνδυνο της απερίμωσης στις πιο ευάλωτες περιοχές, κυρίως στην περιφέρεια της Μεσογείου αλλά τα ίδια προβλήματα υφίστανται και οι περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες. Οι κυριότερες συνέπειες στις καλλιεργούμενες εκτάσεις είναι οι μικρότερες αποδόσεις ή ακόμη και η ολική καταστροφή των καλλιεργειών. Ωστόσο, μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για το μικροβιακό φορτίο των ποταμών Αξιού, Λουδία και Αλιάκμονα έχουν δείξει ότι η κατάσταση της ρύπανσης των υδάτων είναι κάτι παραπάνω από ανησυχητική και αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Ακόμη, η άρδευση των καλλιεργειών με νερό που είναι μολυσμένο με μικρόβια και παθογόνους ιούς μπορεί να δημιουργήσει μόλυνση των φρούτων και λαχανικών και κατ' επέκταση μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα υγείας και στον άνθρωπο που είναι ο τελικός καταναλωτής. Οι συνέπειες της ρύπανσης στη Μεσόγειο γίνονται αισθητές σε παγκόσμια κλίμακα, δημιουργώντας σοβαρά προβλήματα στο περιβάλλον αλλά και στην υγεία των ανθρώπων. Αν η αύξηση τους δεν σταματήσει, αυτό θα καταστρέψει την παγκόσμια φήμη της Μεσογείου ως τουριστικό προορισμό και ως περιοχή με πλούσια αλιευτική παράδοση, με συντριπτικές επιπτώσεις για τις τοπικές κοινότητες που στηρίζουν την επιβίωσή τους σε αυτούς τους τομείς. Όλα αυτά θα πρέπει να οδηγήσουν στην άμεση λήψη δράσεων που θα συμβάλλουν στην προστασία της Μεσογείου. [23]

## **2.7 Τρόποι αντιμετώπισης της ρύπανσης**

Είναι γεγονός πως μέσα από την προστασία των υδάτινων πόρων ενισχύεται και η αειφόρα ανάπτυξη. Στην καθημερινή μας ζωή, απλά μέτρα πρόληψης της ρύπανσης των νερών που εύκολα ο καθένας μας μπορεί να υιοθετήσει είναι πρωτίστως, η ελεγχόμενη χρήση του

νερού και η επαναχρησιμοποίηση του όπου αυτό είναι δυνατόν. Ακόμη ένα πολύ σπουδαίο μέτρο, είναι η πιστή εφαρμογή των οδηγιών της ετικέτας σε φυτοφάρμακα και βιοκτόνα και η ορθολογιστική χρήση των λιπασμάτων και της κοπριάς με βάση τις απαιτήσεις της καλλιέργειας και του εδάφους, καθώς και η επιλογή σε προϊόντα αλλά και υπηρεσίες που έχουν το οικολογικό σήμα Ecolabel, καθώς και η αποτροπή ρύψης των ληγμένων ή αχρησιμοποίητων φαρμάκων στο αποχετευτικό σύστημα. Ιδιαίτερης σημασίας κρίνεται και η ασφαλής αποθήκευση ουσιών ή αποβλήτων που μπορεί να ρυπάνουν τα ύδατα. Επιπρόσθετα, αποφυγή εναπόθεσης σκουπιδιών κατά τις επισκέψεις σε ποταμούς, λίμνες, φράγματα και παραλίες αλλά και έγκαιρη ενημέρωση του κρατικού Τμήματος Περιβάλλοντος για μη νόμιμες απορρίψεις στα νερά και στο έδαφος ή για οποιεσδήποτε άλλες ενέργειες που μπορούν να ρυπάνουν τους υδατικούς πόρους.

Επιπλέον ένας καθοριστικός τρόπος για την αντιμετώπιση της ρύπανσης είναι ο βιολογικός καθαρισμός, που ασχολείται με την επεξεργασία λυμάτων, δηλαδή τη διαδικασία που διαχωρίζονται οι μολυσματικές ουσίες από το νερό των λυμάτων, με κύριο στόχο να είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί στο περιβάλλον χωρίς να το επιμολύνει και με απώτερο σκοπό να περιοριστεί και η σπατάλη των διαθέσιμων πόρων. Η μεταφορά του νερού των λυμάτων στον βιολογικό καθαρισμό πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο μέσω των υπονόμων, ή σε συγκεκριμένες περιπτώσεις με ειδικά βυτιοφόρα οχήματα. Γενικά ο βιολογικός καθαρισμός, είναι μια κατεργασία των λυμάτων με αερισμό και προσθήκη μικροοργανισμών, για να γίνεται πιο γρήγορη η φυσική διαδικασία καθαρισμού του νερού.

Συνήθως, είναι τρία τα βασικά στάδια επεξεργασίας των λυμάτων. Το πρώτο στάδιο ασχολείται με την αφαίρεση αιωρούμενου, οργανικού αλλά και ανόργανου υλικού, όπως για παράδειγμα τα λίπη και η άμμος, με τη μηχανική μέθοδο. Στο δεύτερο στάδιο, πραγματοποιείται η αφαίρεση οργανικών ουσιών μέσω της οξυγόνωσης. Στο στάδιο αυτό απομακρύνονται βιολογικά απόβλητα όπως ανθρώπινα απόβλητα και απορρυπαντικά. Αυτό πραγματοποιείται συνήθως διαμέσου της αερόβιας αποικοδόμησης. Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο, πραγματοποιείται η αφαίρεση παθογόνων ουσιών μέσω χημικής επεξεργασίας. Στο στάδιο αυτό απομακρύνονται από το νερό ουσίες, όπως η αμμωνία (άζωτο) που είναι επικίνδυνη για τα ψάρια και άλατα (ενώσεις φωσφόρου) που δημιουργούν ευτροφισμό. Η διαδικασία αυτή είναι αρκετά ακριβή και για αυτό, εφαρμόζεται σε λύματα με υψηλή παρουσία βιομηχανικών αποβλήτων, με στόχο την επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων αυτών σε βιομηχανίες, για άρδευση ή ακόμη και για χώρους αναψυχής.[24]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Καθορισμός της έννοιας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

### 3.1 Τα στρώματα της ατμόσφαιρας

#### 3.1.1 Ατμόσφαιρα

Η ύπαρξη ζωής στη Γη, το μόνο ουράνιο σώμα που είναι γνωστό μέχρι σήμερα ότι έχει ζωή, είναι το αποτέλεσμα ενός συνδυασμού διαφορετικών παραγόντων. Ο κύριος παράγοντας για την υποστήριξη της ζωής είναι η ατμόσφαιρα, δηλαδή ο φλοιός αερίου που περιβάλλει τον πλανήτη μας, που αγγίζει το ύψος περίπου των 3.500 χιλιομέτρων και συγκρατείται από τη βαρύτητα.

Χρησιμεύει ως προστατευτικό κέλυφος. Από τη μία πλευρά, απορροφά τις περισσότερες από τις επιζήμιες υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου, προστατεύοντας έτσι τη ζωή και από την άλλη πλευρά, απομυζάει το μεγαλύτερο τμήμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκκρίνεται από την επιφάνεια της γης, διαμορφώνοντας έτσι τη θερμοκρασία στην επιφάνεια της Γης. Όπως και άλλοι πλανήτες, η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι πολύ μεγάλη και αντίθετα η θερμοκρασία τη νύχτα είναι ιδιαίτερα χαμηλή, εξαιτίας της έλλειψης της ατμόσφαιρας. Χωρίς την παρουσία της ατμόσφαιρας, πέρα του ότι ο πλανήτης θα ήταν ερημικός δίχως να υπάρχουν ούτε ζώα όμως ούτε και φυτά, δε θα λειτουργούσαν οι καιρικές συνθήκες δηλαδή δεν θα υπήρχε το κλίμα, δε θα ήταν δυνατό να διαδίδεται ο ήχος από τον ουρανό και ο ουρανός θα ήταν σκοτεινός. Η ατμόσφαιρα δημιουργείται από ένα μίγμα αερίων με τα μεγαλύτερα ποσοστά σε όγκο να λαμβάνουν, το άζωτο (N) 78% και το οξυγόνο (O<sub>2</sub>) 21%, καθώς επίσης, το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το υδρογόνο (H), το όζον (O<sub>3</sub>) και άλλα. Στην ατμόσφαιρα ακόμη, θα συναντήσουμε μια ποσότητα υδρατμών που προέρχεται από την εξάτμιση των θαλασσών, των λιμνών, καθώς και κάποια μόρια καπνού, σκόνης και άλατος, συνήθως από τα σταγονίδια των κυμάτων.

Επιπλέον, στην ατμόσφαιρα εμφανίζεται ποικίλη διαστρωμάτωση. Η διαστρωμάτωση της ατμόσφαιρας, δηλαδή ο κατακόρυφος διαχωρισμός της σε διάφορα στρώματα, γίνεται με ορισμένα κριτήρια. Είτε με γνώμονα τη χημική σύσταση, η οποία δεν μεταβάλλεται έως το ύψος των 80-100 km είτε, με τις ηλεκτρικές ιδιότητες. Το σημαντικότερο όμως κριτήριο είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας καθ' ύψος από την επιφάνεια της γης όπου και έχουμε τα παρακάτω στρώματα: τη τροπόσφαιρα, την στρατόσφαιρα, την μεσόσφαιρα, τη θερμόσφαιρα και την εξώσφαιρα.

### **3.1.2 Τροπόσφαιρα**

Η τροπόσφαιρα είναι το πρώτο και πιο χαμηλό στρώμα της ατμόσφαιρας της Γης, καθώς επίσης το πιο λεπτό από τα υπόλοιπα στρώματα με πάχος που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος. Το 80% περίπου των αερίων της ατμόσφαιρας και όλοι οι υδρατμοί παραμένουν στην τροπόσφαιρα. Παρόλο που η σύστασή της μέχρι και το ύψος των 50 km σχεδόν δεν μεταβάλλεται, όσο προχωράμε πιο ψηλά η πυκνότητα της γρήγορα ελαττώνεται και μόνο στα πιο χαμηλά στρώματά της υπάρχει αρκετός αέρας, όπου είναι δυνατό ακόμα να αναπνέουμε. Για παράδειγμα, στην κορυφή του Έβερεστ σε ύψος 8.850 μέτρα, η πυκνότητα της αγγίζει μόλις τα 2/5 της πυκνότητας της στην επιφάνεια της θάλασσας κάνοντας εκεί σχεδόν αδύνατη την αναπνοή. Ακόμη, καθώς πηγαίνουμε πιο ψηλά πέφτει και η θερμοκρασία αγγίζοντας τους  $-80^{\circ}\text{C}$  στο άνω άκρο της τροπόσφαιρας, το οποίο λέγεται τροπόπαυση. Τα αέρια της τροπόσφαιρας είναι αυτά που δεσμεύουν ένα τμήμα της θερμότητας, λειτουργώντας σαν «θερμοκήπιο» με αποτέλεσμα, η μέση τιμή της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης να κυμαίνεται στους  $+15^{\circ}\text{C}$  αντί στους  $-18^{\circ}\text{C}$ .

### **3.1.3 Στρατόσφαιρα**

Η στρατόσφαιρα είναι το ατμοσφαιρικό στρώμα που βρίσκεται πάνω από την τροπόσφαιρα και έχει έκταση σε ύψος έως τα 50 περίπου km. Είναι πιο ζεστή από την ανώτερη τροπόσφαιρα με θερμοκρασίες που έχουν διακυμάνσεις, στους  $-60^{\circ}\text{C}$  στα πιο χαμηλά επίπεδα της στρατόσφαιρας και διογκώνονται όσο αυξάνεται το ύψος προσεγγίζοντας τους  $0^{\circ}\text{C}$  έως  $20^{\circ}\text{C}$  στα ανώτερα στρώματα. Ο θερμός αυτός αέρας εγκλωβίζει τα σύννεφα στην τροπόσφαιρα. Ένα χαρακτηριστικό της στρατόσφαιρας, είναι η ύπαρξη του όζοντος ( $\text{O}_3$ ), το στρατοσφαιρικό όζον που απομονώνει μεγάλο μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας του ηλίου και εξαιτίας αυτού έχουμε την άνοδο της θερμοκρασίας μέσα στη στρατόσφαιρα. Χωρίς το στρώμα του όζοντος η ζωή πάνω στη γη δεν θα ήταν δυνατή. Τα τελευταία χρόνια, εξαιτίας της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, εμφανίζεται σημαντική ελάττωση του στρώματος του όζοντος, η λεγόμενη τρύπα του όζοντος.

### **3.1.4 Μεσόσφαιρα**

Η μεσόσφαιρα φτάνει σε ύψος έως 85 km από την επιφάνεια της γης. Λόγω του ότι δεν υπάρχει το όζον είναι πιο κρύα περιοχή της γήινης ατμόσφαιρας με θερμοκρασίες μικρότερες από τους  $-100^{\circ}\text{C}$  στην κορυφή αυτού του στρώματος, τη μεσόπαυση.

### 3.1.5 Θερμόσφαιρα

Η θερμόσφαιρα που εμφανίζει ξανά αύξηση της θερμοκρασίας καθώς τα ελάχιστα μόρια αέρα από τα οποία αποτελείται απορροφούν απευθείας ακτινοβολία από τον ήλιο και θερμοκρασίες που αγγίζουν μέχρι μερικές χιλιάδες βαθμούς όσο προχωράμε προς τα πάνω. Και τέλος, έχουμε την εξώσφαιρα, που αποτελεί το τελευταίο στρώμα της ατμόσφαιρας. Από τα όσο έχουν ειπωθεί για όλα τα στρώματα, γίνεται κατανοητό ότι η τροπόσφαιρα είναι το πιο κοντινό ατμοσφαιρικό στρώμα στην επιφάνεια της γης, και στο οποίο ζουν ο άνθρωπος και όλοι οι έμβιοι οργανισμοί, ενώ ταυτόχρονα διαδραματίζονται και όλα τα καιρικά φαινόμενα (συνεχής μεταφορά αερίων μαζών, εξάτμιση του νερού και στη συνέχεια συμπύκνωση των υδρατμών κτλ.). Ακόμη, στην τροπόσφαιρα καταφθάνουν και όλοι οι αέριοι ρυπαντές, που οφείλονται είτε σε φυσικές είτε σε ανθρωπογενείς πηγές.[25]

### 3.2 Ο ορισμός της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Η ατμοσφαιρική ρύπανση σχετίζεται με την ύπαρξη κάποιων ρυπογόνων ουσιών στην ατμόσφαιρα, που προέρχονται από τις εκπομπές είτε των φυσικών είτε των ανθρωπογενών πηγών και έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση αρνητικών επιπτώσεων τόσο στην ανθρώπινη υγεία όσο και στο οικοσύστημα. Ο ορισμός αυτός θα ήταν δυνατό να αναφέρεται σε οποιαδήποτε ουσία, είτε αυτή είναι επικίνδυνη είτε όχι, αλλά όμως υπάρχει σε τέτοια ποσότητα ή διάρκεια, που να επιφέρει την καταστροφή των χαρακτηριστικών και της σύστασης της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα τις δυσμενείς συνέπειες γενικά, σε οτιδήποτε βρίσκεται υπό την επιρροή της. [26] Επομένως, για να χαρακτηριστεί μια ουσία ως ρύπος καθορίζεται κυρίως από τους εξής τρεις βασικούς παράγοντες: την συγκέντρωση του, την τοποθεσία και τον χρόνο.

Το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), για παράδειγμα, αποτελεί αναπόσπαστο συστατικό της ατμόσφαιρας και περιέχεται σε ένα ελάχιστο ποσοστό της τάξης περίπου 0,036 %. Είναι γενικώς ακίνδυνο για τον άνθρωπο και πάρα πολύ σημαντικό για την ύπαρξη της ζωής στον πλανήτη. Συντελεί στην φωτοσύνθεση και επομένως στην ανάπτυξη των φυτών. Όμως σε υψηλές συγκεντρώσεις φυλακίζει τη θερμότητα της γης δρώντας σημαντικά στην δημιουργία του «φαινομένου του θερμοκηπίου».

Επίσης, μια ουσία μπορεί να είναι ωφέλιμη αλλά και ζημιογόνα και αυτό εξαρτάται σε ποια θέση βρίσκεται. Για παράδειγμα, το 97% του ατμοσφαιρικού όζοντος ( $\text{O}_3$ ) κυριαρχεί στη στρατόσφαιρα σε συγκέντρωση σχεδόν 0,002% και το οποίο δημιουργείται με φυσικό



τρόπο. Στη συγκεκριμένη τοποθεσία σχηματίζει ένα φιλμ που φιλτράρει τις επιζήμιες υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου, διαφυλάσσοντας με αυτό τον τρόπο την ζωή στη γη. Διαφορετικά, το μικρότερο ποσοστό του ατμοσφαιρικού όζοντος που απομένει και που υπάρχει κοντά στην επιφάνεια της γης θεωρείται ως ένας από τους σημαντικότερους ρύπους, με αρκετά ολέθρια συνέπειες στο οικοσύστημα αλλά και στην ανθρώπινη υγεία.

Αξιοσημείωτη επίσης είναι η αλλαγή της συγκέντρωσης ενός ρυπαντή σε σχέση με το χρόνο. Επομένως, εάν η συγκέντρωση ενός ρυπαντή μεγαλώνει σταδιακά, δίνεται το πλεονέκτημα στο οικοσύστημα να μπορεί να εναρμονιστεί. Για παράδειγμα, από την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης και έπειτα, ο ρυθμός αύξησης των ρυπαντών είναι περισσότερος από την προσαρμοστική δυνατότητα των οικοσυστημάτων και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τον κλονισμό της οικολογικής ισορροπίας του πλανήτη. [27]

Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, η ατμοσφαιρική ρύπανση υπάρχει πιθανότητα να έρθει σε επίπεδα που μπορεί να προκαλέσουν δυσμενείς συνθήκες διαβίωσης. Σε αυτήν την περίπτωση το νέφος το οποίο εμφανίζεται με δύο μορφές. Πρώτη, η καπνομίχλη η οποία δημιουργείται όταν έχουμε μεγάλη συγκέντρωση ρυπαντών, όπως είναι το μονοξειδίου του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) και τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), μαζί με σχεδόν χαμηλή θερμοκρασία και υψηλή σχετική υγρασία. Δεύτερη, το φωτοχημικό νέφος, που εμφανίζεται σε μεγάλες θερμοκρασίες, υψηλή ηλιοφάνεια σε ένταση και διάρκεια, χαμηλή σχετική υγρασία και μεγάλη συγκέντρωση οξειδίων του αζώτου (NO<sub>x</sub>), των υδρογονανθράκων (HC) και των δευτερογενών προϊόντων τους, όπως είναι το όζον (O<sub>3</sub>).[28]

### **3.3 Ιστορική αναφορά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης**

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα αναπόφευκτο φαινόμενο και δεν περιορίζεται σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Κάτι τέτοιο εξηγείται καθώς τα περισσότερα φυσικά φαινόμενα προκαλούν αυτήν την κατάσταση όπως οι δασικές πυρκαγιές, τα ηφαίστεια, οι καταιγίδες. Ένας μεγάλος αριθμός αέριων ρύπων προέρχεται επίσης από την αποσύνθεση της οργανικής ύλης, ενώ παράλληλα δεν μεταβάλλεται η ισορροπία εξαιτίας του συστήματος «αυτοκαθαρισμού» της φύσης. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας που προκαλείται από τους ανθρώπους, δεν είναι ένα καινούργιο φαινόμενο. Το ξύλο ως καύσιμη ύλη, που διοχετεύει ατμοσφαιρικούς ρύπους όπως το μονοξειδίου του άνθρακα, το διοξείδιο του άνθρακα και την αιθάλη έδωσε τη θέση του στα ορυκτά καύσιμα. Τέτοια είναι ο γαιάνθρακας, το πετρέλαιο και τα παράγωγα του, κυρίως κατά την περίοδο της αγροτικής

αλλά και πολύ περισσότερο στην βιομηχανική εποχή. Η παραγωγή αλλά συνάμα και η κατανάλωση αγαθών από τον ραγδαία αυξανόμενο πληθυσμό με την ταυτόχρονη βελτίωση του βιοτικού του επιπέδου, συνοδεύτηκε από υψηλά ποσοστά ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι ποικίλες δραστηριότητες του ανθρώπου στις μέρες μας, όπως, οι αγροτικές, οι βιομηχανικές, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οδηγούν σε διάφορες μορφές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Μια τέτοια μορφή είναι το φωτοχημικό νέφος που παρουσιάζεται σε όλες σχεδόν τις σύγχρονες πόλεις και πιο συγκεκριμένα σε περιοχές με μεγάλη ηλιοφάνεια, ελάχιστη υγρασία και τεράστιο αριθμό οχημάτων. Άλλες μορφές αποτελούν η μείωση του στρώματος του όζοντος, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η όξινη βροχή. Στην Ελλάδα η έντονη παρουσία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έκανε την εμφάνισή του κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες και οφείλεται κυρίως στην αυξανόμενη αστικοποίηση του πληθυσμού της χώρας σε συνδυασμό με την οικονομική της ανάπτυξη. [29]

### **3.4 Είδη ατμοσφαιρικής ρύπανσης**

Το φαινόμενο της ρυπασμένης ατμόσφαιρας είναι πολύπλευρο και μεταβάλλεται διαρκώς στον χρόνο. Ο άνθρωπος διαπιστώνει ολοένα και περισσότερο τις αρνητικές επιπτώσεις που έχουν οι διάφορες δραστηριότητές του και ιδιαίτερα αυτών που σχετίζονται με την οικονομική του ανάπτυξη, στην ποιότητα της ατμόσφαιρας. Οι καινοτόμες τεχνολογίες, οι βελτιωμένες χημικές αναλύσεις, οι τεράστιες και μακροχρόνιες επιδημιολογικές έρευνες, έχουν προχωρήσει σοβαρά στην επιστημονική πλήρη αντίληψη της ρύπανσης και των συνεπειών της. Συγκεκριμένα, στο πολύ ευαίσθητο θέμα της ανθρώπινης υγείας έχει γίνει κατανοητό ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει άμεση σχέση με ένα πολύ πιο μεγάλο φάσμα ασθενειών, σε σχέση με αυτά που γνωρίζαμε παλαιότερα.

#### **3.4.1 Κριτήρια ταξινόμησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των ρυπαντών της**

Εξαιτίας της εξαιρετικά τεράστιας ποικιλίας των στοιχείων και των χημικών ενώσεων που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα, μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορα κριτήρια η ταξινόμηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης βάση αυτών. Μια ενδεικτική ταξινόμηση μπορεί να γίνει έχοντας υπόψη κριτήρια που αφορούν το περιβάλλον, τις φυσικές ιδιότητες, την προέλευση, τη χημική δράση, τον χρόνο παραμονής, την κλίμακα και τη δραστικότητα τους και τα οποία παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 1:

#### **Πίνακας 1 : Κριτήρια ταξινόμησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης**

|                   |   |
|-------------------|---|
| Περιβάλλον        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Εσωτερικών χώρων</li> <li>• Εξωτερική</li> </ul>   |
| Πηγές             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Φυσικές</li> <li>• Ανθρωπογενείς</li> </ul>  |
| Φυσικές ιδιότητες | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Αέρια</li> <li>• Σωματίδια</li> <li>• Οσμές</li> </ul>                                   |
| Χρόνος παραμονής  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Μόνιμα αέρια</li> <li>• Μεταβλητά αέρια</li> </ul>                                       |
| Χημική δράση      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Χημικά ενεργά αέρια</li> <li>• Χημικά αδρανή αέρια</li> <li>• Ελεύθερες ρίζες</li> </ul> |
| Προέλευση         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Πρωτογενείς</li> <li>• Δευτερογενείς</li> </ul>  |
| Κλίμακα           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Τοπική</li> <li>• Αστική</li> </ul>  |
| Δραστικότητα      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ρύποι υψηλής τοξικότητας</li> <li>• Συνηθισμένοι ρύποι</li> </ul>                        |

Βέβαια ο πιο κοινός τρόπος κατάταξης των ρυπογόνων ουσιών γίνεται σύμφωνα με τη χημική τους σύνθεση όπως οι εξής χημικές ενώσεις που περιέχουν:

- το θείο ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ )
  - το άζωτο ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ )
  - τον άνθρακα (υδρογονάνθρακες,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ )
  - τα αλογόνα ( $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ )
- αλλά και ορισμένες τοξικές και ραδιενεργές χημικές ενώσεις.

Επιπλέον οι ρύποι της ατμόσφαιρας είναι επίσης εύκολο να ταξινομηθούν με κριτήριο τη φυσική τους κατάσταση όπως είναι οι αέριοι ρύποι, που ταξινομούνται επίσης, σε αέρια

μορφή η οποία σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας δεν παρουσιάζεται σε στερεή ή υγρή κατάσταση και η μορφή του ατμού που σε συνήθεις συνθήκες υπάρχουν σε υγρή ή στερεή κατάσταση. Οι σωματιδιακοί ρύποι ή αλλιώς τα αιωρούμενα σωματίδια (PM). Είναι ατμοσφαιρικά σωματίδια που συντίθενται από υγρά ή στερεά σωματίδια μεγέθους μικρότερου από  $100\mu\text{m}$ , πχ. αιθάλη, σκόνη, καπνός και άλλα.

Άλλος ένας γνώμονας κατάταξης των ατμοσφαιρικών ρύπων είναι η πηγή της προέλευσης τους. Δηλαδή, οι πρωτογενείς ρύποι που διοχετεύονται απευθείας στην ατμόσφαιρα από τις πηγές ρύπανσης και οι δευτερογενείς ρύποι που προέρχονται από πρωτογενείς ρύπους, καθώς αυτοί συμμετέχουν σε μια σειρά αντιδράσεων είτε με διαφορετικούς ρύπους που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, είτε με τη συμβολή της ακτινοβολίας του ηλίου. Αρκετές φορές, οι δευτερογενείς ρύποι είναι πολύ πιο καταστροφικοί σε σχέση με τους πρωτογενείς. [30], [31]

### 3.4.2 Οι κυριότεροι αέριοι ρύποι

Από τους σημαντικότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους που καθορίζονται με βάση τις επιβλαβείς συνέπειες που έχουν στην υγεία και το περιβάλλον είναι:

- Τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>)
- Το διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)
- Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Το όζον (O<sub>3</sub>)
- Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM)
- Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCS) (εκτός από το μεθάνιο)

Για τους προαναφερθέντες ρύπους καθώς ακόμη και ρύπους που αποτελούνται από βενζόλιο (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), και από βαρέα μέταλλα όπως το αρσενικό (As), ο μόλυβδος (Pb), το Νικέλιο (Ni), και το κάδμιο (Cd) έχουν θεσπιστεί στη χώρα μας από το νόμο όρια χρήσης για την βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας που ισχύουν και στην Ευρωπαϊκή Ένωση. [32]

### 3.4.3 Πηγές εκπομπής των αέριων ρύπων

**Οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>):** Το μονοξείδιο του αζώτου (NO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>) συγκαταλέγονται σε αυτή την κατηγορία και θεωρούνται τα περισσότερο συνυφασμένα με την ρύπανση της ατμόσφαιρας. Το μονοξείδιο του αζώτου (NO) είναι πρωτογενής ρύπος και προέρχεται από την καύση ορυκτών καυσίμων (γαιάνθρακα, φυσικού αερίου, πετρελαίου, βενζίνης) κυρίως στα αυτοκίνητα, στις κεντρικές θερμάνσεις, και στους σταθμούς που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Επιπλέον, σε διάστημα μερικών λεπτών, οξειδώνεται στον αέρα από το ατμοσφαιρικό όζον (O<sub>3</sub>) και καταλήγει ως δευτερογενής ρύπος, το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>). Η παρουσία του διοξειδίου του αζώτου (NO<sub>2</sub>) έχει άμεση σχέση με τις αστικές δραστηριότητες όπως και με την ηλιακή ενέργεια, εμφανίζοντας υψηλές τιμές το καλοκαίρι. Οι εκπεμπόμενες ποσότητες του μονοξειδίου του αζώτου (NO) είναι μεγαλύτερες όσο παραμένουν έντονες οι συνθήκες της καύσεως, δίχως να ευθύνεται η ποιότητα των καυσίμων για τη δημιουργία του. Από τα οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>), πιο τοξικό καθίσταται το διοξείδιο του αζώτου (NO<sub>2</sub>).[33]

**Μονοξείδιο του άνθρακα (CO):** Είναι αποτέλεσμα της ατελούς καύσης καυσίμου (γαιάνθρακα, βενζίνης, φυσικού αερίου, ξύλων κλπ.) και αυτό συντελείται όταν δεν είναι επαρκής η ποσότητα σε οξυγόνο ή όταν η θερμοκρασία καύσης δεν είναι σε ικανοποιητικά υψηλό ποσοστό, ή στην περίπτωση που είναι σχετικά μικρός, ο χρόνος παραμονής στη

φλόγα. Επομένως, οι βασικότερες πηγές προέλευσης του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) είναι οι εξατμίσεις όλων των μηχανών, όπου συντελείται ατελής καύση. Άρα, γενικά από τις ανθρωπογενείς πηγές το 75% των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα (CO) προέρχεται από την κίνηση οχημάτων και σχεδόν το 25% στην βιομηχανία, ενώ στις αστικές περιοχές τα οχήματα ευθύνονται περίπου για το 98% των εκπομπών. Εκτός από τις ανθρωπογενείς μονοξειδίου του άνθρακα (CO) υπάρχουν και οι φυσικές πηγές όπως είναι τα ηφαίστεια, οι πυρκαγιές στα δάση, αλλά και διάφορες δράσεις των βακτηρίων. Μία από τις σημαντικότερες φυσικές πηγές του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στην ατμόσφαιρα είναι η οξείδωση του ατμοσφαιρικού μεθανίου. [34] , [35]

**Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCS):** Οι Πτητικές Οργανικές Ενώσεις - (Volatile Organic Compounds) είναι ένα πλήθος οργανικών ενώσεων που λόγω της υψηλής πτητικότητάς τους βρίσκονται στην ατμόσφαιρα σε αέρια κατάσταση και πιο συγκεκριμένα σε μορφή ατμού και οι περισσότερες είναι υδρογονάνθρακες. Οι κύριες εκπομπές, περίπου το 75% εξάγεται από φυσικές πηγές όπως είναι τα φυτά και κυρίως τα δέντρα, οι δασικές πυρκαγιές και διάφορες αναερόβιες διεργασίες. Οι πηγές από ανθρωπογενείς εκπομπές προκαλούνται από διάφορες καύσεις ορυκτών καυσίμων, την εξατμηση των πετρελαιοειδών κατά τη διύλιση του πετρελαίου και τη μετακίνηση και αποθήκευση υγρών καυσίμων, τη διαρροή φυσικού αερίου σε συστήματα διανομής, αλλά και βιομηχανίες χρωμάτων, καθώς επίσης και από τον τομέα της γεωργίας, την παραγωγή τροφίμων όμως, την ταφή των απορριμμάτων. [36]

**Όζον (O<sub>3</sub>):** Κοντά στην επιφάνεια της Γης, το όζον θεωρείται ρύπος, αποτελώντας το βασικό συστατικό της φωτοχημικής αιθαλομίχλης. Το μεγαλύτερο μέρος του ατμοσφαιρικού όζοντος (περίπου το 95%) εντοπίζεται στην ανώτερη ατμόσφαιρα(στρατόσφαιρα), σε ύψος μεταξύ 30 – 50 km όπου το όζον σχηματίζεται με φυσικό τρόπο και θεωρείται εξαιρετικά σημαντικό για τη διατήρηση της ζωής στη Γη απορροφώντας τη βλαβερή υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία, λειτουργώντας ως ένα προστατευτικό στρώμα για τον πλανήτη μας. Τα επίπεδα των συγκεντρώσεων των ενώσεων ανθρωπογενούς προέλευσης αποτελούν τα αιωρούμενα σωματίδια τα οποία μπορεί να προέρχονται από πρόδρομες ουσίες του όζοντος (VOCs και NO<sub>x</sub>) καθώς και από φυσικής προέλευσης δηλαδή ενώσεις που παράγονται και εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από τη βλάστηση, ιδιαίτερα κατά την καλοκαιρινή περίοδο, μπορεί να αυξήσουν τις συγκεντρώσεις του όζοντος (O<sub>3</sub>) ιδίως σε περιβάλλοντα πλούσια σε οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>). Η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα ποικίλει σημαντικά τόσο

χωρικά όσο και χρονικά. Οι υπερβολικές ποσότητες στη χώρα μας εξαρτώνται κυρίως από τη γεωγραφική θέση, με την υψηλή ηλιοφάνεια και τις μεγάλες θερμοκρασίες, συνθήκες που ευνοούν τη δημιουργία του όζοντος και που τις συναντούμε σε χώρες του νότου της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μια ιδιαιτερότητα που εμφανίζει το όζον ( $O_3$ ) σε σχέση με τους άλλους αέριους ρύπους, είναι ότι οι συγκεντρώσεις του στις περιφέρειες των πόλεων είναι πιο υψηλές σε σχέση με τα κέντρα τους.[37] , [38]

Το όζον επιδρά σε σημαντικό βαθμό, σε μεγάλες συγκεντρώσεις και μακροχρόνια έκθεση, στα δένδρα και τα φυτά παρεμποδίζοντας τη φωτοσύνθεση, την ανάπτυξη και την αντιμετώπιση ασθενειών. Αρκετές έρευνες αλλά και πειράματα σε ειδικά διασκευασμένες εγκαταστάσεις με πειραματικούς κλωβούς, έδειξαν την ποικιλία και την έκταση των βλαβών που δημιουργεί το όζον στην ανάπτυξη των δένδρων και φυτών αλλά και τα συμπτώματά αυτών, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.



*Εικόνα 2: Τα πρώτα ορατά συμπτώματα τοξικότητας λόγω έκθεσης σε υψηλές συγκεντρώσεις όζοντος είναι ο σχηματισμός νεκρωτικών κηλίδων στο έλασμα των φύλλων. [39]*

**Αιωρούμενα σωματίδια (PM):** Τα αιωρούμενα σωματίδια (PM) μπορεί να είναι στερεά ή υγρά και εξαιτίας του ειδικού βάρους τους έχουν την ικανότητα να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Έχουν μεγάλη ποικιλία στο μέγεθος και στη σύνθεση τους και κατασκευάζονται από μια σειρά τόσο φυσικών όσο και ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Οι σημαντικότερες ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων αφορούν διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες, χυτήρια μεταλλεύματος, η παραγωγή τσιμέντου, οι εξατμίσεις αυτοκινήτων, καθώς επίσης και διάφορες γεωργικές δραστηριότητες, όπως το κάψιμο των υπολειμμάτων των χωραφιών κ.ά.. Φυσικές πηγές των αιωρούμενων σωματιδίων (PM) θεωρούνται η θάλασσα, τα ηφαίστεια, η αιώρηση σκόνης λόγω δυνατών ανέμων, η γύρη, οι πυρκαγιές κ.α. Μία από τις κυριότερες πηγές ατμοσφαιρικής σκόνης σε παγκόσμια κλίμακα είναι η έρημος Σαχάρα, που επιφέρει το μισό περίπου της ετήσιας ορυκτής σκόνης, και τις περισσότερες φορές η μετακίνησή της οδηγεί σε ποσοστά συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων (PM), που ξεπερνούν

σημαντικά τις καθορισμένες οριακές τιμές. Γενικά το 50% των αιωρούμενων σωματιδίων εξέρχονται από φυσικές πηγές και το 50% από ανθρωπογενείς αιτίες. Ανάλογα από που προέρχονται μεταβάλλεται η μορφή, το μέγεθος και η χημική σύσταση τους. [40]

**Βενζόλιο (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>):** Εξέρχεται στην ατμόσφαιρα μέσα από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, σε αστικές περιοχές, με το μεγαλύτερο ποσοστό να προέρχεται από τις εκπομπές των αυτοκινήτων. Παράγεται από την εξάτμιση του οχήματος, ως προϊόν καύσης όμως και ως άκαυστο υλικό. Στο αργό πετρέλαιο περιέχεται ως φυσικό συστατικό (1-5%) και προστίθεται σε μικρές δόσεις στα καύσιμα μηχανών εσωτερικής καύσης για να καλυτερεύσει την ποιότητά τους. Διαφορετικές πηγές αποτελούν τα διυλιστήρια, η διακίνηση καυσίμων, η χημική βιομηχανία και η οικιακή θέρμανση, με την καύση της βιομάζας. [41]

**Βαρέα Μέταλλα:** Φυσικές προελεύσεις τους θεωρούνται οι πυρκαγιές των δασών, η ηφαιστειακή δραστηριότητα ακόμη και σε ορυκτά με τη μορφή διαφόρων ενώσεών τους. Βασικά βαρέα μέταλλα θεωρούνται ο Μόλυβδος (Pb) που εκπέμπεται πρωτίστως από την καύση υγρών καυσίμων, το Αρσενικό (As) το οποίο εκπέμπεται ιδιαίτερα από την καύση καυσίμων, από χυτήρια αρσενικού, το Κάδμιο (Cd) που διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα, από τις παραγωγικές διαδικασίες παραγωγής διαφόρων μετάλλων και από την καύση καυσίμων και απορριμμάτων, το Νικέλιο (Ni) που απελευθερώνεται από την καύση καυσίμων, από μεταλλουργικές εργασίες παραγωγής χάλυβα ή νικελίου.[42]

### 3.5 Παράγοντες σχηματισμού της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ενός τόπου, είναι σύνθετο μιας και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που συμβάλλουν. Παρόλα αυτά η ρύπανση του αέρα μιας περιοχής εξαρτάται από τρεις βασικούς παράγοντες:

- τις πηγές ρύπανσης
- τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή
- τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής. [43]

#### 3.5.1 Πηγές ρύπανσης

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας μιας περιοχής οφείλεται στο συνολικό όγκο, το είδος και το χρόνο εκπομπής των ρυπαντών, στο είδος των πηγών εκπομπής, ανθρωπογενών ή φυσικών. [44]

### 3.5.2 Μετεωρολογικές συνθήκες

Η ρύπανση του αέρα μιας περιοχής ενισχύεται σημαντικά και από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που κυριαρχούν στην κάθε περιοχή. Τα μετεωρολογικά φαινόμενα που μεταβάλλουν δραστικά την εξέλιξη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι η δύναμη και η φορά του ανέμου, η ευστάθεια της ατμόσφαιρας και κυρίως για τους φωτοχημικούς ρύπους η χρονική περίοδος ηλιοφάνειας αλλά και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης, τα ποσοστά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αλλοιώνονται από τις ποσότητες του υετού, την σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας και από την θερμοκρασία. Με αυτό τον τρόπο, ευνοείται η ρύπανση της ατμόσφαιρας, όταν επικρατούν συνθήκες άπνοιας ή ελάχιστων ταχυτήτων του ανέμου. Η ταχύτητα του αέρα μίας περιοχής, οφείλεται πρωτίστως από τα βαρομετρικά συστήματα που κυριαρχούν. Επίσης, οι ρύποι είναι ικανοί να απομακρυνθούν από την ατμόσφαιρα είτε λόγω απόπλυσής τους από τη βροχή είτε εξαιτίας διάλυσής τους στα σταγονίδια των νεφών. [45]

### 3.5.3 Τοπογραφικά χαρακτηριστικά

Τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά μπορεί να τροποποιήσουν και τη φορά του ανέμου και την ταχύτητά του, τον αερισμό μιας περιοχής και επομένως, τη διάχυση των ρύπων. Γενικά, η διεύθυνση του ανέμου που προσανατολίζει την περιοχή που θα κινηθούν οι ρύποι είναι καθοριστικής σημασίας, για παράδειγμα η ρύπανση που εξέρχεται από σημειακές πηγές, όπως οι καμινάδες. Οι πιθανοί συνδυασμοί μεταξύ των τριών παραγόντων που αναφέρθηκαν, μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες που είτε να ευνοούν τη συσσώρευση των ρύπων, είτε να διεγείρουν τη φυσικοχημική μετατροπή των ρύπων με αποτέλεσμα να σχηματισθούν νέοι ρύποι στην ατμόσφαιρα, είτε να βοηθήσουν στην απομάκρυνσή τους.

Η ρύπανση μιας περιοχής παρουσιάζει ορισμένους κύκλους που αντανακλούν σε κάθε περίπτωση την ένταση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και των μετεωρολογικών συνθηκών και οι οποίοι αναλύονται στη συνέχεια. [46]

**Ο ημερήσιος κύκλος:** Η ατμοσφαιρική ρύπανση εμφανίζει αυξομειώσεις μέσα στην ημέρα μιας και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως οι αστικές και οι βιομηχανικές, είναι διαφορετικές, και συνήθως υψηλότερες κατά τη διάρκεια της ημέρας. Μάλιστα, για τους πρωτογενείς ρύπους, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και το μονοξείδιο του αζώτου (NO) αλλά και για τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), εντείνεται η παρουσία τους στην ατμόσφαιρα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας κυρίως σε ώρες λειτουργίας της



κεντρικής θέρμανσης και τις αιχμές κυκλοφορίας. Ταυτόχρονα, το χρονικό διάστημα που παρουσιάζεται το μέγιστο όταν κυριαρχούν ευνοϊκές μετεωρολογικές συνθήκες για τη συσσώρευση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Αντίθετα, το μέγιστο όλης της ημέρας για το όζον (O<sub>3</sub>) αναδεικνύεται κυρίως κατά τις μεταμεσημβρινές ώρες, όταν η δύναμη της ηλιακής ακτινοβολίας και η θερμοκρασία εμφανίζουν τη μέγιστη τιμή.

**Ο εβδομαδιαίος κύκλος:** Παρατηρείται γενικά ελαχιστοποίηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη διάρκεια μιας ημέρας με ανενέργεια ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, όπως η μειωμένη κυκλοφορία των οχημάτων.

**Ο εποχιακός κύκλος:** Το στάδιο αυτό από τη μία έχει σχέση με τις επανειλημμένες μετεωρολογικές μεταβολές κατά τη διάρκεια του χρόνου, όπως για παράδειγμα η αυξημένη ηλιοφάνεια με αυξημένη ένταση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Από την άλλη έχει σχέση με την εποχιακή αλλαγή των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και συνθηκών, όπως είναι η λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης και η αυξημένη κυκλοφορία που εμφανίζεται τους χειμερινούς μήνες και με τις δυσμενείς συνθήκες λειτουργίας των μηχανών των αυτοκινήτων.

### **3.6 Πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης**

Το 99% από τα συστατικά που αποτελείται η ατμόσφαιρα, δηλαδή 78% άζωτο (N) και 21% οξυγόνο (O<sub>2</sub>), παραμένει αμετάβλητο. Οι αλλαγές των αερίων όπου η συμμετοχή τους στον ατμοσφαιρικό αέρα δεν υπερβαίνει το 0,04% είναι ο λόγος όπου κάνουμε αναφορά για ατμοσφαιρική ρύπανση, με όλες εκείνες τις συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία, το οικοσύστημα και το ανθρωπογενές περιβάλλον. Όλη αυτή η αναταραχή στον αέρα της ατμόσφαιρας πηγάζει από διάφορες πηγές. Το μεγαλύτερο μέρος των διοχετευμένων αέριων ρύπων εξέρχονται τόσο από φυσικές πηγές όσο και από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

#### **3.6.1 Φυσικές πηγές ρύπανσης του αέρα**

Στην παρούσα παράγραφο γίνεται λόγος για τις πηγές εκείνες που δεν προκαλούνται από οποιαδήποτε μορφής ανθρώπινης δραστηριότητας. Σε κάθε περίπτωση, είτε γίνεται αναφορά στις φυσικές είτε στις ανθρωπογενείς πηγές, πρόκειται για πρωτογενείς εκπεμπόμενους ρυπαντές.

Από τις κυριότερες φυσικές πηγές αποτελούν οι κάτωθι:

1. Τα ηφαίστεια, από τα οποία απελευθερώνονται τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>), υδρόθειο (H<sub>2</sub>S), μεθάνιο (CH<sub>4</sub>).
2. Οι πυρκαγιές των δασών (αιωρούμενα σωματίδια (PM), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).
3. Η αποσάθρωση του εδάφους.
4. Οι ωκεανοί και γενικότερα οι θαλάσσιες εκτάσεις που διοχετεύουν στην ατμόσφαιρα κυρίως χλωριούχο νάτριο (NaCl) αλλά και θειικά άλατα.
5. Η φυσική αποσύνθεση της χλωρίδας και της πανίδας (υδρογονάνθρακες (HC), αμμωνία (NH<sub>3</sub>), υδρόθειο (H<sub>2</sub>S).
6. Τα φυτά και τα δέντρα (κυρίως υδρογονάνθρακες (HC).

### 3.6.2 Ανθρωπογενείς ατμοσφαιρικοί ρύποι

Τις κύριες πηγές προέλευσης ανθρωπογενών ατμοσφαιρικών ρυπαντών μπορούμε να τις κατατάξουμε στις εξής ομάδες:

1. Τις βιομηχανικές δραστηριότητες που περιλαμβάνουν διυλιστήρια, μεταλλουργία, τσιμεντοβιομηχανία και άλλα.
2. Τις μεταφορές (κινητές πηγές)
3. Την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
4. Την οικιακή θέρμανση

Δεν είναι εύκολο να υπολογιστεί η ποσοστιαία συνεισφορά που αντιστοιχεί σε κάθε μια από αυτές τις πηγές. Η ποσοτική συνεισφορά της κάθε μιας από τις αναφερθείσες δραστηριότητες διαμορφώνεται ανάλογα από το γεωγραφικό χώρο και χρόνο, καθώς αλλάζουν οι συνήθειες και ο τρόπος ζωής, αλλά επίσης και η ποσοτική και ποιοτική παραγωγή και βρώση των αγαθών.

Σε αυτές τις θεμελιώδεις περιπτώσεις εκπομπών έρχεται να συμπεριληφθεί και ένα πλήθος από άλλες πιο μικρής σημασίας, οι οποίες όμως συμβάλλουν στο συνολικό φαινόμενο. Μια από αυτές τις εκπομπές μπορεί να είναι, οι σωματιδιακοί ρύποι που απελευθερώνονται από τη φθορά των ελαστικών των αυτοκινήτων, κατασκευαστικών έργων κ.α.. Ακόμη, κάποιες οργανικές ενώσεις, οι οποίες αναδύονται αν και ευχάριστες στην όσφρηση, από αρώματα και άλλα καλλυντικά προϊόντα, συμμετέχουν και αυτά, με τη σειρά τους, ωστόσο σε μικρό ποσοστό στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Εύλογα καταλήγουμε στο συμπέρασμα, πως συνειδητά ή ασυνειδητά ο άνθρωπος συνεισφέρει στο πρόβλημα της ρύπανσης της ατμόσφαιρας σε καθημερινή βάση.[47]

### **3.6.3 Διάρκεια ζωής των ρύπων**

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως, οι ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης είναι λιγότερες ποσοτικά σε σχέση με τις φυσικές εκπομπές, με αποτέλεσμα να επιβαρύνουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας. Επίσης, όταν η «διάρκεια ζωής» ενός ρυπαντή που υπάρχει στην ατμόσφαιρα είναι ελάχιστη, δηλαδή για σύντομο χρονικό διάστημα όπως σε μια έκρηξη ηφαιστείου, η επίδραση του στο περιβάλλον συγκεντρώνεται γεωγραφικά στις πιο κοντινές περιοχές από όπου εξήλθε. Βέβαια, όταν η «διάρκεια ζωής» των ρύπων είναι μεγάλη, δηλαδή για μήνες ή για χρόνια, ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελούν οι βιομηχανικές εκπομπές, τότε υπάρχει πιθανότητα να επηρεάσει μέχρι και την άλλη άκρη του πλανήτη. Σύμφωνα με αυτή τη θεώρηση, εξηγούνται φαινόμενα, όπως είναι ο εντοπισμός εντομοκτόνων στους πάγους της Ανταρκτικής και τετραμεθυλου-μόλυβδου από τα καυσαέρια αυτοκινήτων στους πάγους της Γροιλανδίας, παρά το γεγονός ότι δεν έχει υπάρξει ποτέ απελευθέρωση τέτοιων ρύπων στις συγκεκριμένες περιοχές.[48]

### **3.7 Οι σημαντικές επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης**

Ήδη κιόλας από το δεύτερο μισό του 19ου αιώνα έχουν γίνει εμφανής οι αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιφέρει η ατμοσφαιρική ρύπανση. Η συνδυασμένη επίδραση περισσότερων του ενός ρύπου στην ατμόσφαιρα δρουν ακόμα πιο επιβαρυντικά. Στις μέρες μας, η χρήση των καινούργιων τεχνολογιών, όπως η δορυφορική απεικόνιση, εντοπίζει από απόσταση τις πηγές και τα επίπεδα της ρύπανσης, καταγράφοντας τις χρονικές τάσεις, τις εξελιγμένες χημικές αναλύσεις, καθώς επίσης, και πολυετείς επιδημιολογικές μελέτες έχουν βοηθήσει στην επιστημονική κατανόηση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας είναι πλέον ένα σοβαρό ζήτημα που θέτει σε κίνδυνο την υγεία δεκάτομμυριών ανθρώπων, ευθύνεται για ένα μεγάλο όγκο ασθενειών σε όλο τον πλανήτη. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας υποβαθμίζει τα οικοσυστήματα της Γης και συνδέεται στενά με την παγκόσμια αλλαγή του κλίματος. Επιπλέον θα λέγαμε ότι είναι πολύ «δαπανηρή». Ευθύνεται για τις απώλειες της παραγωγικότητας, το μεγάλο κόστος υγειονομικής περίθαλψης και το κόστος που εξέρχεται από μια πληθώρα ζημιών στα οικοσυστήματα. Το μέγεθος της ζημιάς που θα δημιουργηθεί, στην υγεία ή στο περιβάλλον, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι η τοξικότητα και οι συγκεντρώσεις του ρύπου, αλλά και ο χρόνος έκθεσης του.

### 3.7.1 Επιπτώσεις στην υγεία

Ο βασικότερος λόγος που οδηγεί στην αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι οι επικίνδυνες επιπτώσεις που έχει στην υγεία. Οι ασθένειες που δημιουργήθηκαν από την ρύπανση, για το έτος 2015, ευθύνονταν για 9 εκατομμύρια περίπου πρόωρους θανάτους σε όλο τον πλανήτη, ποσοστό τριπλάσιο από τους θανάτους που δημιουργούνται στο AIDS, την ελονοσία και τη φυματίωση μαζί, ή 15 φορές περισσότερο από τους θανάτους από τους πολέμους μαζί με άλλες μορφές βίας. Η ατμοσφαιρική ρύπανση θεωρείται πλέον σοβαρή αιτία αρκετών ασθενειών συμπεριλαμβανομένων, καρδιακών παθήσεων, του καρκίνου, χρόνιων αποφρακτικών πνευμονοπαθειών, εγκεφαλικών επεισοδίων, του άσθματος, νευρο-αναπτυξιακών διαταραχών και διαφόρων γενετικών ανωμαλιών σε παιδιά. [46]

### 3.7.2 Επιπτώσεις στη βλάστηση της Μεσογείου

Η επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα φυτά οφείλεται σε πολλούς παράγοντες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα, όπως τα είδη των φυτών, το ισοζύγιο των θρεπτικών, οι συνθήκες εδάφους, η ηλικία, η υγρασία, η θερμοκρασία και το ηλιακό φως. Σε πολύ μειωμένα επίπεδα έκθεσης δεν υπάρχει καμιά ιδιαίτερη επίδραση, σε αυξημένα όμως μπορεί να υπάρξει ακόμη και θρεπτική αξία. Παράδειγμα αποτελεί, το διοξείδιο του θείου



Εικόνα 3: *Phillyrea latifolia* Φιλλύκι το πλατύφυλλο Πηγή: [74]

που προσφέρεται ως πηγή θείου για το φυτό, ενώ αντίθετα σε αυξανόμενη έκθεση εμφανίζονται διάφορες βλάβες, έως τον τελικό θάνατο του φυτού.

Οι αέριοι ρύποι φτάνουν βαθιά στο σύστημα του φυτού άμεσα ή έμμεσα. Ο άμεσος τρόπος είναι παρόμοιος με την ανθρώπινη εισπνοή. Με τη διάχυση του αέρα μέσα και έξω από το φύλλο, οι αέριοι ρύποι έχουν ένα άμεσο δρόμο να εισχωρήσουν στο κυτταρικό σύστημα της δομής του φύλλου. Πραγματοποιείται ακόμη, άμεση απόθεση σωματιδιακής ύλης στις εξωτερικές επιφάνειες των φύλλων, αποτρέποντας την κανονική αναπνοή και τους

μηχανισμούς φωτοσύνθεσης. Ο έμμεσος τρόπος με τον οποίο οι αέριοι ρυπαντές εισέρχονται στο εσωτερικό του φυτού, είναι μέσα από το ριζικό σύστημα. Η απόθεση των αερίων ρυπαντών στο έδαφος και στα επιφανειακά νερά μπορεί να τροποποιήσει την περιεκτικότητα σε θρεπτικά του εδάφους.

Αυτή η αλλαγή των συνθηκών του εδάφους οδηγεί σε άμεσες και έμμεσες επιδράσεις των αερίων ρυπαντών στη βλάστηση και στα φυτά. Ζημιές στα φυτά και στη βλάστηση δημιουργούνται από ένα σύνολο παραγόντων και ένας από αυτούς είναι η αέρια ρύπανση. Ξηρασία, υπερβολική υγρασία, χαλάζι, ζέστη και κρύο, ζούφια, φτωχό σε θρεπτικά στοιχεία έδαφος, αρρώστιες, είναι κάποιες από τις πηγές πρόκλησης βλάβης ή και ζημίας. Έρευνες έχουν δείξει ότι λιγότερο από το 5% των απωλειών στις σοδειές οφείλεται στην αέρια ρύπανση. Η επίδραση της αέριας ρύπανσης διαφέρει από τόπο σε τόπο και από καλλιέργεια σε καλλιέργεια. Η αποτυχία της προσδοκώμενης συγκομιδής υπάρχει πιθανότητα να εξαρτάται από μια τοπική πηγή που εκπέμπει αέριους ρύπους ή από μια πιο εκτεταμένη και συχνή έκθεση σε αντίξοα επίπεδα ρύπανσης.

Οι συνέπειες της αέριας ρύπανσης στα φυτά κατατάσσονται σε ορατά συμπτώματα και μη ορατές ή ανεπαίσθητες επιπτώσεις. Ορατά συμπτώματα καθίστανται οι αποκλίσεις από την κανονική υγιή μορφή των φύλλων. Στα πλατύφυλλα φυτά, όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα 3 παραπάνω, ένα κανονικό και υγιές φύλλο έχει καλό χρώμα, με κανονική δομή των κυττάρων στα διάφορα στρώματα. Αποκλίσεις από την υγιή μορφή περιλαμβάνουν αλλοίωση των ιστών και διάφορες διαβαθμίσεις καταστροφής χρώματος. Άλλα σημάδια ορατής ζημιάς σχετίζονται με διάφορες αλλοιώσεις στη φυσιολογία. Επίσης, η αέρια ρύπανση μπορεί να επιφέρει πρόωρη γήρανση ή πτώση του φύλλου. Ο μίσχος του φύλλου μπορεί να επιμηκυνθεί ή να τροποποιηθεί. Διακοσμητικά και οπωροφόρα δένδρα μπορούν ακόμα να εμφανίσουν ορατές ζημιές στα άνθη και στους καρπούς, γεγονός που θα έχει ως αποτέλεσμα την μειωμένη παραγωγή.

Οι καθόλου ορατές ή ανεπαίσθητες συνέπειες των αερίων ρυπαντών έχουν να κάνουν με την ελλιπή ανάπτυξη του φυτού και την καταστροφή των φυσιολογικών και βιοχημικών διεργασιών, όπως ακόμα και αλλαγές στον κύκλο αναπαραγωγής τους. Μείωση της παραγωγής μπορεί να πραγματοποιηθεί και χωρίς την παρουσία ορατών συμπτωμάτων. Αυτός ο τύπος ζημιάς, συνήθως σχετίζεται με χαμηλού επιπέδου, μακροχρόνια έκθεση στην αέρια ρύπανση. Σημαντικότεροι τοξικοί ρύποι για τα φυτά αποτελούν το διοξείδιο του θείου και το διοξείδιο του αζώτου, οι φθοριούχες ενώσεις, οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), που σε υψηλές συγκεντρώσεις αιθυλενίου προκαλούν μάρανση των σέπαλων, σχηματίζονται δυσμορφίες στα φύλλα, πτώση των ανθών και των φύλλων όπως φαίνεται στην εικόνα 4 αλλά και αποτυχία στο να ανοίξουν τα φύλλα φυσιολογικά.



Εικόνα 4: Πτώση των φύλλων στο δέντρο της κερασιάς [75]

### 3.7.3 Επιπτώσεις στα υλικά και το δομημένο περιβάλλον

Ρύποι όπως το διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) και το όζον ( $\text{O}_3$ ) είναι γνωστά για την οξειδωτική και

διαβρωτική τους δράση. Έτσι το διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) με τη μορφή της όξινης βροχής, δημιουργεί οξείδωση στις μεταλλικές επιφάνειες και σε υλικά που εμπεριέχουν μέταλλα, σε μαρμάρινες επιφάνειες δημιουργώντας σε αυτές γυψοποίηση. Το όζον ( $\text{O}_3$ ), είναι ισχυρό οξειδωτικό και φθείρει τα ελαστικά και ιδιαίτερα αυτά που αποτελούνται από καουτσούκ.[31]

### 3.7.4 Επιπτώσεις σε ολόκληρο τον πλανήτη

#### 3.7.4.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Η κανονική λειτουργία του μηχανισμού του «φαινομένου του θερμοκηπίου» καθορίζει το κλίμα της Γης. Τα αέρια του θερμοκηπίου της ατμόσφαιρας απορροφούν και εκπέμπουν ξανά μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας της Γης διατηρώντας τη μέση θερμοκρασία στον πλανήτη κοντά στους  $15^\circ\text{C}$ . Είναι ένα ζήτημα ζωτικής σημασίας μιας και χωρίς τη φυσική αυτή λειτουργία η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη θα ήταν κοντά στους  $-20^\circ\text{C}$ , δηλαδή  $35^\circ\text{C}$  μικρότερη. Το πρόβλημα αρχίζει όταν το φαινόμενο το βοηθούν

σημαντικά οι ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου. Η μεταβολή αυτή στη σύσταση της ατμόσφαιρας διαμορφώνει το κλίμα της Γης όσο αυξάνεται η μέση θερμοκρασία του πλανήτη. Αποτέλεσμα αυτού είναι το λιώσιμο των πολικών πάγων και η άνοδος της μέσης στάθμης της θάλασσας. Μετράτε ότι τα τελευταία 100 χρόνια η στάθμη της θάλασσας έχει ανοδική πορεία περίπου κατά 10 έως 25 εκατοστά, με μία πρόβλεψη για το 2100 να μπορεί να ανέβει ακόμα και στα 94 εκατοστά. Ακραία καιρικά φαινόμενα όπως είναι οι συνεχόμενες και σφοδρές βροχοπτώσεις και οι μεγαλύτερες μέσες θερμοκρασίες σε αρκετές χώρες θεωρούνται ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής. [30]

### **3.8 Αντιμετώπιση της ρύπανσης**

#### **3.8.1 Έλεγχος των εκπομπών ρύπανσης**

Η βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας μπορεί να επιτευχθεί με ποικίλους τρόπους. Δραστικές, βιώσιμες λύσεις θα πρέπει να βασίζονται στην ελάττωση των εκπομπών των ρύπων που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Μίας και οι περισσότεροι ρυπαντές είναι προϊόντα καύσης, μια πρώτη προσέγγιση για τον έλεγχο των εκπομπών είναι η μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων. Για τον στόχο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο γενικές προσεγγίσεις:

- η πιο αποδοτική χρήση της ενέργειας
- η χρησιμοποίηση των εναλλακτικών μορφών ενέργειας και κυρίως ανανεώσιμων πηγών όπως είναι η γεωθερμία, η ηλιακή και η αιολική ενέργεια.

#### **3.8.2 Έλεγχος των εκπομπών από τις βιομηχανίες**

Εξαιτίας της τεράστιας ποικιλίας των βιομηχανικών διεργασιών οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των εκπομπών της ρύπανσης από βιομηχανικές μονάδες, καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα απαιτήσεων. Στις πιο πολλές μονάδες μάλιστα, για τον πιο αποτελεσματικό έλεγχο των εκπομπών, χρησιμοποιούνται συνδυασμοί των τεχνικών αυτών. Για τον έλεγχο των βιομηχανικών εκπομπών υπάρχουν τρεις γενικές προσεγγίσεις:

**1. Αλλαγή ή βελτίωση του καυσίμου.** Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται η χρήση καυσίμου με μικρότερη περιεκτικότητα σε θείο (π.χ. χρήση diesel αντί για μαζούτ), η επεξεργασία του κάρβουνου για την απομάκρυνση ενός μέρους του θείου, η χρησιμοποίηση φυσικού αερίου έναντι του πετρελαίου ή κάρβουνου καθώς και άλλα, μπορεί να μειώσουν τις εκπομπές των ενώσεων του θείου κατά 30-90%.

**2. Έλεγχος των εκπομπών κατά το στάδιο της καύσης.** Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της τεχνικής που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των εκπομπών των οξειδίων του θείου αποτελεί η καύση σε ρευστοποιημένα στρώματα. Οι βιομηχανικοί καυστήρες αυτής της εμφάνισης λειτουργούν με έναν άλλο τρόπο από τους κανονικούς. Αέρας με μεγάλες ταχύτητες διαπερνά το στρώμα που εμπεριέχει, εκτός των άλλων, το καύσιμο που πρέπει να αποθεωθεί και τον ασβεστόλιθο που θα απορροφήσει το θείο. Η χαμηλότερη παραγωγή NOx μπορεί να πραγματοποιηθεί με μετατροπή είτε της αναλογίας αέρα-καυσίμου είτε της θερμοκρασίας καύσης. Πολλά παραδείγματα τέτοιων τεχνικών αποτελούν ο συγχρονισμός του μίγματος καυσίμου-αέρα, η επανακυκλοφορία των αερίων της καύσης, ο συνεχής έλεγχος του διαθέσιμου για καύση οξυγόνου, ο ψεκασμός νερού ή η εισαγωγή ατμού στον καυστήρα είναι μερικοί εναλλακτικοί τρόποι.

**3. Έλεγχος εκπομπών μετά την καύση.** Σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιείται μια μίξη από συσκευές συλλογής των σωματιδίων και συσκευών απομάκρυνσης του θείου. Για παράδειγμα ο έλεγχος των σωματιδίων μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με την χρήση κυκλωνικών συλλεκτών, δηλαδή φυγόκεντρες διατάξεις που είναι ιδιαίτερα αποδοτικές για μεγάλα σωματίδια, είτε με ηλεκτροστατική κατακρήμνιση, κατά την οποία τα σωματίδια ηλεκτρίζονται και αποθηκεύονται σε αντίθετα φορτισμένες πλάκες. Επιπλέον, μια από τις πιο ασφαλής και αποδοτικές μεθόδους συλλογής σωματιδίων μικρής διαμέτρου αποτελούν τα φίλτρα. Μερικές εκατοντάδες ή και μερικές χιλιάδες φίλτρα, τοποθετούνται σε μια μεγάλη «σακούλα». Τα σωματίδια κυκλοφορούν ανάμεσα στα φίλτρα και προσκολλώνται σε αυτά. Τα φίλτρα έχουν μεγάλη απόδοση αλλά και ορισμένα μειονεκτήματα, όπως μεγάλο κόστος, κίνδυνο ανάφλεξης, μεγάλες απαιτήσεις σε διαθέσιμο χώρο και περιορισμούς όσον αφορά τη θερμοκρασία. Ο μέσος χρόνος ζωής ενός τέτοιου συστήματος είναι κοντά στους 18 μήνες. Τέλος, για την αποθείωση των βιομηχανικών αερολυμάτων γίνεται χρήση υγρών και ξηρών τεχνικών, ανάλογα με την φάση που γίνεται η κύρια αντίδραση. Σε μερικά συστήματα διενεργούνται μέσω δαπανηρών υλικών τα οποία χρησιμοποιούνται ξανά με σωστή επεξεργασία ενώ τα πιο πολλά συστήματα χρησιμοποιούν οικονομικότερα υλικά μιας χρήσης όπως, ασβεστόλιθο. Μειονέκτημα της δεύτερης μεθόδου είναι η ανάγκη για διάθεση των αποβλήτων που παράγονται σε τεράστιες ποσότητες.

### **3.8.3 Χρήση καταλυτών στα αυτοκίνητα**

Το πιο μεγάλο ποσοστό ρύπων, που εκπέμπει ένα αυτοκίνητο, εξέρχεται από την εξάτμιση του. Με αυτόν τον τρόπο, οι προσπάθειες βελτίωσης της ποιότητας του αέρα στις αστικές



περιοχές εστιάζονται ακριβώς στον έλεγχο αυτών των εκπομπών. Μια από τις κυριότερες μεθόδους μείωσης της ρύπανσης είναι η χρήση του καταλυτικού μετατροπέα που είναι μια συσκευή που τοποθετείται στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων των αυτοκινήτων με σκοπό την μετατροπή των εκπεμπόμενων ρύπων σε αβλαβή για την υγεία καυσαέρια όπως είναι το νερό και το διοξείδιο του άνθρακα. [48]

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης**

### **4.1 Γενικές αρχές**

Η Ευρωπαϊκή Περιβαλλοντική Πολιτική χρονολογείται από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο των Παρισίων του 1972, όπου οι αρχηγοί κρατών ή κυβερνήσεων (έπειτα από την πρώτη διάσκεψη του ΟΗΕ για το περιβάλλον) ζήτησαν να πλαισιωθεί η οικονομική επέκταση από μια κοινοτική περιβαλλοντική πολιτική και αιτήθηκαν ένα πρόγραμμα δράσης. Η Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη του 1987 θέσπισε ένα καινούργιο «περιβαλλοντικό κεφάλαιο» που αποτέλεσε την πρώτη νομική βάση μιας ενιαίας περιβαλλοντικής πολιτικής με στόχο την προστασία της ποιότητας του περιβάλλοντος, τη διαφύλαξη της ανθρώπινης υγείας και τη διασφάλιση της ορθολογικής χρήσης των φυσικών πόρων.

Η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης θεμελιώνεται στις αρχές της προφύλαξης, της πρόληψης και της επανόρθωσης των καταστροφών του περιβάλλοντος στην πηγή αλλά και στην αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Η αρχή της προφύλαξης παραμένει ένα μέσο διαχείρισης κινδύνων που μπορεί να ενεργοποιηθεί εάν υπάρχει επιστημονική αβεβαιότητα ως προς κάποιον εικαζόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία ή για το περιβάλλον, που προκύπτει από συγκεκριμένη ενέργεια ή πολιτική. Για παράδειγμα, αν υπάρχει αμφιβολία ως προς τις πιθανές επιβλαβείς συνέπειες ενός προϊόντος, δύναται να δοθούν εντολές να διακοπεί η διανομή του προϊόντος αυτού ή να αποσυρθεί από την αγορά εάν, μετά από αντικειμενική επιστημονική αξιολόγηση, παραμείνει η αμφιβολία. Τα μέτρα αυτά πρέπει να μην φέρουν διακρίσεις, να είναι αναλογικά και να επανεξετάζονται μόλις γίνονται διαθέσιμα περισσότερα επιστημονικά στοιχεία.

Η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» πραγματοποιήθηκε με την Οδηγία για την περιβαλλοντική ευθύνη, που αποβλέπει στην πρόληψη ή αλλιώς στην αποκατάσταση της περιβαλλοντικής ζημίας σε προστατευόμενα είδη και φυσικούς οικότοπους, σε ύδατα και έδαφος. Οι φορείς που εκτελούν συγκεκριμένες επαγγελματικές δραστηριότητες όπως η μεταφορά

επικίνδυνων ουσιών ή δραστηριότητες που παραπέμπουν σε απόρριψη στα ύδατα, υποχρεούνται να λαμβάνουν προληπτικά μέτρα σε περίπτωση άμεσης απειλής για το περιβάλλον. Εάν έχει ήδη δημιουργηθεί βλάβη, είναι υποχρεωμένοι να λάβουν τα απαραίτητα μέτρα για να την αποκαταστήσουν και να εξοφλήσουν τη δαπάνη. [49]

## **4.2 Προστασία και διαχείριση των υδάτων**

Το νερό δεν καθιστά εμπόρευμα, όπως ένα κοινό αγαθό, και έγκειται για πεπερασμένο πόρο που είναι απαραίτητο να διαφυλάσσεται και να χρησιμοποιείται με βιώσιμο τρόπο, από την πλευρά τόσο της ποιότητας όσο και της ποσότητας. Ωστόσο, τελεί υπό διαφορετικές χρήσεις σε διάφορους τομείς, όπως η γεωργία, οι μεταφορές, ο τουρισμός και η ενέργεια. Το 2012, η Επιτροπή έβγαλε στη δημοσιότητα το προσχέδιο για την φροντίδα των υδατικών πόρων της Ευρώπης, μια μακροπρόθεσμη στρατηγική που αποβλέπει στην κατοχύρωση επαρκούς επιπέδου ποιοτικού νερού για οποιαδήποτε θεμιτή χρήση διαμέσου της καλύτερης εφαρμογής της υφιστάμενης πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα ύδατα, της απορρόφησης των στόχων της πολιτικής για τα ύδατα σε διαφορετικούς τομείς της πολιτικής, και της κάλυψης κενών στο υφιστάμενο πλαίσιο. Αποβλέπει στη θέσπιση από τα κράτη μέλη λογαριασμών υδάτων και σκοπών όσον αφορά την αποδοτική χρησιμοποίηση του νερού, αλλά και την ανάπτυξη προτύπων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την επανάχρηση του νερού.

### **4.2.1 Οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα και ειδικές υποστηρικτικές οδηγίες για τα ύδατα**

Η οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα της ΕΕ επισημαίνει το πλαίσιο για τη διαφύλαξη των εσωτερικών επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και των υπόγειων υδάτων. Έχει ως κύριο σκοπό την πρόληψη και την ελάττωση της ρύπανσης, την προώθηση της βιώσιμης χρήσης του νερού, την φύλαξη και την ενίσχυση του υδάτινου περιβάλλοντος, και την ελάττωση των επιπτώσεων των πλημμυρών και της ξηρασίας. Ο συνολικός σκοπός συνίσταται στην εκπλήρωση καλής περιβαλλοντικής κατάστασης για όλα τα ύδατα. Επομένως, τα κράτη μέλη οφείλουν να καταγράφουν τα ενονομαζόμενα σχέδια διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού με βάση φυσικές γεωγραφικές λεκάνες απορροής ποταμών, αλλά και ειδικά προγράμματα μέτρων για την εκπλήρωση των σχεδίων.

Η οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα υποστηρίζεται από πιο τοποθετημένες οδηγίες, όπως η οδηγία για τα υπόγεια ύδατα, η οδηγία για τη νιτρορύπανση, η οδηγία για το πόσιμο νερό και η οδηγία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, η οδηγία για τα ύδατα

κολύμβησης, η οδηγία σχετικά με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος και η οδηγία για τις πλημμύρες, οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

Αρχικά, η οδηγία για την προστασία των υπόγειων υδάτων από τη ρύπανση και την διαφθορά καθορίζει συγκεκριμένα κριτήρια για την αξιολόγηση της καλής χημικής κατάστασης, την αναγνώριση απαραίτητων και συνεχών ανοδικών τάσεων και τον καθορισμό κομματιών έναρξης αναστροφής των εν λόγω τάσεων. Όλες οι οριακές αξίες για τους ρυπαντές εξαρτώνται από τα κράτη μέλη. Εξαιρέση αποτελούν τα νιτρικά και τα φυτοφάρμακα, τα όρια των οποίων έχουν ήδη θεσπιστεί από ειδική νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η διορθωμένη οδηγία για το πόσιμο νερό του 2020 θεσπίζει τα κυριότερα πρότυπα ποιότητας για το νερό που καθορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Έχει ως προϋπόθεση από τα κράτη μέλη να επιβλέπουν τακτικά την ποιότητά του με τη χρήση της μεθόδου των «σημείων δειγματοληψίας». Τα κράτη μέλη έχουν τη δυνατότητα να συγκαταλέγουν πρόσθετες απαιτήσεις ειδικά για την επικράτειά τους, αλλά μόνο στην περίπτωση που αυτό συνεπάγεται στη νομοθέτηση αυστηρότερων προτύπων. Ακόμη, η οδηγία απαιτεί την τακτική πληροφόρηση των καταναλωτών. Ανά τριετία είναι υποχρεωτικό να καταθέτεται έκθεση στην Επιτροπή σχετικά με την ποιότητα του πόσιμου νερού. Η επανεξεταζόμενη οδηγία προτάθηκε από την Επιτροπή την 1η Φεβρουαρίου 2018 ως απάντηση στην Ευρωπαϊκή Πρωτοβουλία Πολιτών «Right2Water» δηλαδή, δικαίωμα στο νερό, και υποκαθιστά την προηγούμενη οδηγία του 1998. Η αναθεωρημένη οδηγία κατοχύρωσε τα κύρια πρότυπα ασφαλείας και καλυτέρευσε την πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό με βάση τις τελευταίες συστάσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας. Επιπροσθέτως, μεγεθύνει τη διαφάνεια για τους καταναλωτές όσον αφορά την ποιότητα και την παροχή πόσιμου νερού, κατέχοντας καταλυτικό ρόλο με τον τρόπο αυτό στην ελάττωση του αριθμού των πλαστικών φιαλών διαμέσου της αύξησης της εμπιστοσύνης στο νερό της βρύσης. Μια εκτίμηση της ανυπαρξίας κινδύνου των υδάτων βάσει ανάλυσης κινδύνου σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης θα συμπεριλαμβάνεται στον εντοπισμό και την αντιμετώπιση πιθανών κινδύνων για τους υδάτινους πόρους ήδη σε επίπεδο κατανομής.

Η οδηγία για τα ύδατα κολύμβησης επικεντρώνεται στην ενίσχυση της δημόσιας υγείας και της διαφύλαξης του περιβάλλοντος με τον καθορισμό διατάξεων για την παρακολούθηση και την ταξινόμηση σε τέσσερις κατηγορίες των υδάτων κολύμβησης και για τη σχετική ενημέρωση των πολιτών. Κατά τη διάρκεια της κολυμβητικής περιόδου, τα

κράτη μέλη υποχρεούνται να έχουν υπό την κατοχή τους δείγματα των υδάτων κολύμβησης και να υπολογίζουν τη συγκέντρωση τουλάχιστον δύο ειδικών βακτηρίων μία φορά το μήνα σε κάθε τοποθεσία των νερών κολύμβησης. Το κοινό μπορεί να ενημερώνεται μέσω «προφίλ υδάτων κολύμβησης», που θα συμπεριλαμβάνουν, για παράδειγμα, πληροφορίες σε σχέση με το είδος της ρύπανσης και τις πηγές που διαμορφώνουν την ποιότητα των υδάτων κολύμβησης. Για την πληροφόρηση του κοινού σε σχέση με την ταξινόμηση των υδάτων κολύμβησης αλλά και την απαγόρευση της κολύμβησης υπάρχει τυποποιημένο σύμβολο. Κάθε χρόνο, η Επιτροπή και ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (ΕΟΠ) κοινοποιούν συνοπτική έκθεση σχετικά με την ποιότητα των νερών κολύμβησης.

Με την οδηγία σχετικά με τα πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος νομοθετούνται όρια σχετικά με τις συγκεντρώσεις των τριάντα τριών ουσιών προτεραιότητας, με σημαντικό κίνδυνο για το υδάτινο περιβάλλον ή μέσω αυτού σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, και άλλων οκτώ ρυπαντών στα επιφανειακά ύδατα. Κατά τη διάρκεια επανεξέτασης, συμπεριλήφθηκαν δώδεκα νέες ουσίες στον υφιστάμενο κατάλογο, ενώ δημιουργήθηκε η υποχρέωση της Επιτροπής να καταρτίσει επιπλέον κατάλογο ουσιών που θα ελέγχονται σε όλα τα κράτη μέλη, δηλαδή ένας κατάλογος επιτήρησης, για την υποστήριξη μελλοντικής επανεξέτασης του καταλόγου των ουσιών προτεραιότητας.

Η οδηγία για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων ειδικεύεται στην προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές συνέπειες της απόρριψης αστικών και βιομηχανικών λυμάτων. Η οδηγία ορίζει ελάχιστα πρότυπα και χρονοδιαγράμματα για τη συλλογή, την επεξεργασία και την απόρριψη αστικών λυμάτων, προσθέτει μηχανισμούς ελέγχου για την απόρριψη λυματολάσπης και υποχρεώνει τη σταδιακή παύση της στη θάλασσα.

Η Επιτροπή προτίθεται να κατοχυρώσει την εν λόγω οδηγία για την βέλτιστη αντιμετώπιση της λειψυδρίας, διευκολύνοντας την επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων λυμάτων για γεωργική άρδευση. Κατόπιν δημόσιας διαβούλευσης το πρώτο τρίμηνο του 2021, η Επιτροπή έχει σκοπό να εγκρίνει την πρότασή της για καινούργια οδηγία κατά το πρώτο τρίμηνο του 2022.

Η οδηγία για τη νιτρορύπανση επιδιώκει την προστασία των νερών από νιτρικά γεωργικής προέλευσης. Ένας συμπληρωματικός κανονισμός αποζητάει από τα κράτη μέλη να καταθέτουν ανά τετραετία έκθεση στην Επιτροπή, η οποία να περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τους κώδικες ορθών γεωργικών πρακτικών, τις καθορισθείσες ευπρόσβλητες

στη νιτρορύπανση ζώνες (NVZ), τα αποτελέσματα της επιτήρησης των νερών, καθώς και περίληψη των προγραμμάτων δράσης. Τόσο η οδηγία όσο και ο κανονισμός επιθυμούν την προστασία του πόσιμου νερού και την αποτροπή της επιβλαβής δράσης του ευτροφισμού. Τον Μάιο του 2018, η Επιτροπή ανακοίνωσε την τελευταία έκθεση εφαρμογής της, στην οποία επισήμανε ότι η ρύπανση των υδάτων που οφείλεται σε νιτρικά ιόντα γεωργικής προέλευσης έχει ελαττωθεί στην Ευρώπη κατά τις δύο τελευταίες δεκαετίες, αλλά συνεχίζουν να υπάρχουν περιοχές με υψηλά επίπεδα νιτρορύπανσης που απαιτούν την ανάληψη πιο αποφασιστικής δράσης.

Κύριος σκοπός της οδηγίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις πλημμύρες είναι η μείωση και η διαχείριση των κινδύνων που εμφανίζουν οι πλημμύρες για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, τις υποδομές και την περιουσία. Τα κράτη μέλη πρέπει να δρομολογούν προκαταρκτικές αξιολογήσεις με στόχο να εντοπίσουν τις λεκάνες απορροής ποταμών και τις σχετικές παράλιες τοποθεσίες που βρίσκονται σε κίνδυνο και, στη συνέχεια, να καταρτίσουν χάρτες κινδύνων πλημμύρας και σχέδια διαχείρισης που να επικεντρώνονται στην πρόληψη, την προστασία και την ετοιμότητα. Οι δράσεις αυτές διενεργούνται σε συμμόρφωση με την οδηγία για το πόσιμο νερό και τα ανάλογα σχέδια διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού.

#### **4.2.2 Πολιτική της ΕΕ για τις ακτές και τη θάλασσα**

Η οδηγία-πλαίσιο για τη θαλάσσια στρατηγική που συντελεί τον περιβαλλοντικό πυλώνα της ολοκληρωμένης θαλάσσιας πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που σχηματίστηκε με στόχο να βελτιωθεί η βιώσιμη εξέλιξη της θαλάσσιας οικονομίας, σε συνδυασμό με την αποτελεσματικότερη προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Πρωταρχικός σκοπός της οδηγίας ήταν η δημιουργία καλής περιβαλλοντικής κατάστασης των θαλάσσιων υδάτων έως το 2020, η διαρκής προστασία και διατήρησή της, και η αποτροπή πιθανής επιδείνωσης. Οριοθετεί ευρωπαϊκές θαλάσσιες περιφέρειες (της Βαλτικής Θάλασσας, του Βορειοανατολικού Ατλαντικού Ωκεανού, της Μεσογείου Θάλασσας και της Μαύρης Θάλασσας) και υποπεριφέρειες εντός των γεωγραφικών ορίων των υφιστάμενων περιφερειακών συμβάσεων για τις θάλασσες. Για την δημιουργία βέλτιστης περιβαλλοντικής κατάστασης έως το 2020, τα κράτη μέλη έπρεπε να δημιουργήσουν στρατηγικές για τα θαλάσσια νερά τους με κριτήριο το οικοσύστημα, που θα πρέπει να επανεξετάζονται ανά εξαετία. Ακόμη, ένας νόμος για την ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών καθορίζει τις αρχές του ορθού παράκτιου σχεδιασμού και διαχείρισης που πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τα κράτη μέλη.

Η Επιτροπή έχει εγκρίνει έκθεση σε σχέση με τον πρώτο κύκλο εφαρμογής της οδηγίας-πλαισίου για τη θαλάσσια στρατηγική τον Ιούνιο του 2020. Η καινούργια στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη βιοποικιλότητα με ορίζοντα το 2030, η οποία εγκρίθηκε τον Μάιο του 2020 στοχεύει στην περαιτέρω βελτίωση της διαφύλαξης των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, μεταξύ άλλων μέσω της επέκτασης των προστατευόμενων περιοχών και του σχηματισμού αυστηρά προστατευόμενων περιοχών για την αποκατάσταση των οικοτόπων και των ιχθυοαποθεμάτων.[49]

### **4.3 Πολιτικές της ΕΕ για την ποιότητα του αέρα**

Η καλύτερευση της ποιότητας του αέρα βρίσκεται στο θεματολόγιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης εδώ και δεκαετίες. Επί του παρόντος, το κύριο στρατηγικό έγγραφο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ποιότητα του αέρα είναι το πρόγραμμα «Καθαρός αέρας για την Ευρώπη», το οποίο πήρε έγκριση το 2013. Θεσπίζει δύο βασικούς σκοπούς για το 2030: ελάττωση του αριθμού των πρόωρων θανάτων από PM και O<sub>3</sub> κατά 52% και συρρίκνωση της περιοχής του οικοσυστήματος που ξεπερνάει τα όρια ευτροφισμού σε 35%. Και οι δύο στόχοι πρέπει να πραγματοποιηθούν διαμέσου ενός συνδυασμού ρυθμιστικών και μη ρυθμιστικών μέτρων. Πιο πρόσφατα, η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία δήλωσε τη δέσμευση της Ευρωπαϊκής Ένωσης να εργαστεί για την ελάττωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τους κύριους τομείς εκπομπών και για την αντιμετώπιση των αλληλένδετων προκλήσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με την έγκριση σχεδίου δράσης μηδενικής ρύπανσης, που θα συμπεριλαμβάνει μεταξύ των βασικών στόχων της τη καλύτερευση της ποιότητας του αέρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Για να διασφαλιστεί η βέλτιστη κατάσταση της ποιότητας του αέρα για τους πολίτες, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει συντελέσει ένα πλαίσιο πολιτικής που έχει ορίσει καθορισμένες δράσεις με βάση τρεις κύριους πυλώνες πολιτικής:

- Ο πρώτος πυλώνας συντελείται από τις δύο οδηγίες για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα (AAQ), που έχουν ως κύριους στόχους τον καθορισμό ιδίων μεθόδων για την παρακολούθηση και την επίβλεψη της ποιότητας του αέρα, τη κατοχύρωση προτύπων που πρέπει να δημιουργηθούν σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση, τη διασφάλιση της διάθεσης πληροφοριών για την ποιότητα του αέρα στο κοινό και τη διατήρηση της καλής ποιότητας του αέρα και τη βελτίωσή της στις περιοχές όπου δεν είναι ικανοποιητική.[50]
- Ο δεύτερος πυλώνας περιέχει την οδηγία ΕΑΟΕ για την ελάττωση των εκπομπών των κύριων ρύπων, δηλαδή των SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, NH<sub>3</sub> και PM<sub>2.5</sub> σε εθνικό επίπεδο.

- Ο τρίτος πυλώνας συμπεριλαμβάνει διάφορες νομοθετικές πράξεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης που επεξεργάζονται την ατμοσφαιρική ρύπανση από συγκεκριμένες πηγές σε τομείς όπως η βιομηχανία και οι μεταφορές.

Κατά την περίοδο 2000-2018, σημειώθηκε μια γενική μείωση των εκπομπών χάρη στις πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που οδήγησαν σε σημαντική αποσύνδεση των εκπομπών από την οικονομική δραστηριότητα, που είναι επιθυμητή τόσο για το περιβάλλον όσο και για την μεγέθυνση της παραγωγικότητας. Παρόλα αυτά, η ποιότητα του αέρα δεν αυξήθηκε στο ίδιο επίπεδο, συνεχίζει να έχει σοβαρό αντίκτυπο στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον και καλό είναι να καταβληθούν περαιτέρω προσπάθειες για την προστασία της υγείας των Ευρωπαίων πολιτών και του περιβάλλοντος. [51]

#### **4.3.1 Εφαρμογή των οδηγιών για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα**

Οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα ήταν αρκετά αποτελεσματικές όσον αφορά τον καθορισμό ίδιων προτύπων της ΕΕ για την ποιότητα του αέρα και τη διευκόλυνση της συλλογής και της ανταλλαγής πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα του αέρα, όμως δεν ήταν επιτυχείς όσον αφορά την ελάττωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των επιβλαβών επιπτώσεών της. Τα πιο πολλά κράτη μέλη δεν συμμορφώνονται με τα πρότυπα ποιότητας του αέρα στον μέγιστο βαθμό ούτε έχουν λάβει επαρκή μέτρα για να περιορίσουν στο ελάχιστο τις υπερβάσεις.

Οι οδηγίες για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα απαρτίζουν την τρίτη γενιά πολιτικών της ΕΕ για την ποιότητα του αέρα από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 και έχουν υιοθετήσει πρότυπα ποιότητας του αέρα, που σήμερα είναι 15 έως 20 ετών, αντίθετα τα περισσότερα από αυτά τα πρότυπα είναι μικρότερα από τις κατευθυντήριες γραμμές της ΠΟΥ. Αυτό πραγματοποιείται στην περίπτωση των  $PM_{2.5}$ . Για παράδειγμα, το 2017, το 8% του αστικού πληθυσμού της ΕΕ εκτέθηκε σε επίπεδα μεγαλύτερα από τα ενωσιακά πρότυπα ποιότητας του αέρα, ενώ με βάση τις συστάσεις της ΠΟΥ ο αριθμός ανέβηκε στο 77%. Ως εκ τούτου, η φιλοδοξία της ΕΕ να παραμείνει παγκόσμιος ηγέτης στον τομέα του κλίματος πρέπει ακόμη να συνοδεύεται από ένα φιλόδοξο θεματολόγιο και μέτρα για την ελαχιστοποίηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που θα υποδεικνύουν φιλόδοξα πρότυπα για όλους τους ατμοσφαιρικούς ρύπους.[52]

### **4.3.2 Ενίσχυση του δικτύου και των πληροφοριών παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα**

Η ΕΕ έχει σχεδιάσει ένα δίκτυο επιτήρησης της ποιότητας του αέρα με περισσότερους από 4.000 σταθμούς παρακολούθησης και 16.000 σημεία δειγματοληψίας με γνώμονα τα κριτήρια που ορίζονται στις οδηγίες για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, όμως οι διατάξεις που καθορίζουν την τοποθεσία των σταθμών παρακολούθησης επιτρέπουν έναν ορισμένο βαθμό ευελιξίας, που ενδέχεται να έχει συνέπειες στις μετρήσεις και στη σημασία των παρεχόμενων δεδομένων. Στο πλαίσιο αυτό, η Επιτροπή καλείται να βελτιώσει τις υποχρεώσεις της οδηγίας προκειμένου να εξασφαλίσει ότι η ποιότητα του αέρα μετράτε από τα κράτη μέλη στα κατάλληλα σημεία και πηγές εκπομπών, και ότι τα συλλεγόμενα δεδομένα να προσδίδουν στοιχεία σχετικά με το πού σημειώνονται οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ατμοσφαιρικών ρύπων.

### **4.4 COVID-19 και ατμοσφαιρική ρύπανση**

Η πανδημία COVID-19 αποτελεί παράδειγμα των άρρηκτων συνδέσεων μεταξύ της ανθρώπινης υγείας και της υγείας των οικοσυστημάτων. Τα περιοριστικά μέτρα που νομοθετήθηκαν από τις πιο πολλές χώρες της ΕΕ για τον έλεγχο της πανδημίας οδήγησαν σε σημαντική μείωση των εκπομπών των ατμοσφαιρικών ρύπων, κυρίως από τις οδικές μεταφορές, τις αεροπορικές μεταφορές και τη διεθνή ναυτιλία. Βρίσκονται επίσης στοιχεία που μαρτυρούν ότι η μακροχρόνια έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση υπάρχει πιθανότητα να αυξήσει την ευπάθεια στη νόσο COVID-19.

### **4.5 Αυστηρές πολιτικές για τις κύριες πηγές ρύπανσης**

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα διασυνοριακό πρόβλημα που αφορά όλες τις περιφέρειες και προκαλείται από ένα ευρύ φάσμα πηγών και, ως εκ τούτου, καλό είναι να αντιμετωπιστεί με μια ολιστική προσέγγιση. Παρόλα αυτά, οποιαδήποτε νέα μέτρα δεν θα έχουν αξία εάν η ποιότητα του αέρα δεν ιεραρχηθεί κατάλληλα και δεν ενσωματωθεί σε όλη τη νομοθεσία της ΕΕ, συμπεριλαμβανομένης της νομοθεσίας της ΕΕ για τις πηγές εκπομπών, όπως το κλίμα, οι μεταφορές, η ενέργεια, η γεωργία, η βιομηχανία και τα απόβλητα, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα συνέργειες μεταξύ όλων των τομέων της πολιτικής.

Τα περισσότερα κράτη μέλη όχι μόνο δεν ακολουθούν τα πρότυπα ποιότητας του αέρα, αλλά και δεν τηρούν τις δεσμεύσεις για ελάττωση των εκπομπών, όπως καθορίζονται στις οδηγίες για τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών (ΕΑΟΕ) στον βαθμό που θα έπρεπε. Είναι



μεγάλη η ανάγκη λήψης αυστηρών μέτρων για τις βασικές πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, κυρίως για τις μεταφορές, (ειδικότερα τις οδικές, θαλάσσιες και τις αεροπορικές μεταφορές), τη γεωργία και την παραγωγή ενέργειας, τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, και πρέπει να επιταχυνθεί η πράσινη μετάβαση των αστικών περιοχών μας, ο υψηλός μετασχηματισμός του βιομηχανικού μας τομέα και οι εργασίες για την ανάπτυξη των αγροτικών περιοχών μας προς ένα πιο βιώσιμο και ανθεκτικό μοντέλο.

#### **4.6 Βελτίωση των σχεδίων για την ποιότητα του αέρα και επιβολή των οδηγιών για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα**

Τα σχέδια για την ποιότητα του αέρα (ΣΠΑ) είναι κύρια απαίτηση των οδηγιών για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα όταν ένα κράτος μέλος δεν συνεργάζεται με τα πρότυπα ποιότητας του αέρα, αλλά τα σχέδια αυτά είναι τελικά αναποτελεσματικά όσον αφορά την επίτευξη των αναμενόμενων αποτελεσμάτων στις πιο πολλές περιπτώσεις. Ως εκ τούτου, η Επιτροπή πρέπει να λάβει μέτρα για τη βελτίωση της κατάρτισης και της εφαρμογής των ΣΠΑ, κατοχυρώνοντας ένα σύνολο μικρών απαιτήσεων, καθώς και για την ανταλλαγή των καλύτερων πρακτικών. Θεωρείτε επίσης αναγκαίο, οι οδηγίες για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα να ζητούν από τα κράτη μέλη να καταγράφουν εκθέσεις σχετικά με την εφαρμογή των ΣΠΑ στην Επιτροπή, θεσπίζοντας ετήσια υποχρέωση υποβολής εκθέσεων.

Τον Οκτώβριο του 2019, ήταν σε εκκρεμότητα 32 διαδικασίες επί παραβάση κατά 20 κρατών μελών. Η συνεχιζόμενη μη τήρηση των προτύπων ποιότητας του αέρα από τα κράτη μέλη αποτελεί ένδειξη της έλλειψης δέσμευσής τους να πάρουν πιο αποτελεσματικά μέτρα.

#### **4.7 Προώθηση της ευαισθητοποίησης και της δράσης των πολιτών**

Ένας από τους σκοπούς των οδηγιών για την ποιότητα του αέρα της ατμόσφαιρας αποτελεί η διασφάλιση των πληροφοριών για την ποιότητα του αέρα που διατίθενται στο κοινό, αλλά στην πράξη, οι πληροφορίες σε σχέση με τις πιθανές συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία που παρέχονται από τα κράτη μέλη είναι λιγοστές, ασαφείς και δεν είναι εύκολο να εντοπιστούν. Η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση του κόσμου διαδραματίζουν καίριο ρόλο στην αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, μιας και έχουν την δυνατότητα να επιφέρουν αλλαγή των συνηθειών, και ακόμη να ενθαρρύνουν τη συμμετοχή του κοινού στην εφαρμογή των οδηγιών για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, αλλά και τη λήψη μέτρων για τη διευκόλυνση της ενημέρωσης

σχετικά με την ποιότητα του αέρα και τη δρομολόγηση εκστρατειών ενημέρωσης του κοινού σχετικά με τους ατμοσφαιρικούς ρυπαντές και τις επιπτώσεις τους.[53]

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα**

### **Συμπεράσματα**

Έχει παρατηρηθεί πως η ζήτηση για νερό κυρίως γύρω από τις αστικές περιοχές μπορεί ακόμη να είναι υψηλότερη σε σχέση με τα διαθέσιμα αποθέματα και, στο σύντομο μέλλον, ενδέχεται να παρατηρηθούν ακόμη και φαινόμενα λειψυδρίας. Στο μέλλον, η παροχή νερού μπορεί να τροποποιηθεί και από τη μεταβολή του κλίματος.

Η γεωργία είναι ο βασικότερος χρήστης υδάτων στις χώρες της Μεσογείου, κυρίως για σκοπούς άρδευσης. Οι αρδευόμενες εκτάσεις και η αφαίρεση υδάτων για την άρδευση εμφανίζουν σταθερή αύξηση από το 1980 και εξής. Στις χώρες της Ν. Ευρώπης, το 60% της συνολικής ποιότητας του αντλούμενου νερού χρησιμοποιείται για τις ανάγκες της άρδευσης. Σε συγκεκριμένες περιοχές, η άντληση υπογείων υδάτων ξεπερνάει το ρυθμό εμπλουτισμού, δημιουργώντας μείωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα, απώλεια υδροβιότοπων και διεύδυση θαλασσιών υδάτων. Μεταξύ των μέσων για τον περιορισμό της μελλοντικής ζήτησης νερού συμπεριλαμβάνονται και οι βελτιώσεις για την αποτελεσματικότητα της χρήσης του νερού, ο έλεγχος μέσω της τιμολογιακής πολιτικής, αλλά και η γεωργική πολιτική.

Ο φωσφόρος και το άζωτο συνεχίζουν να προκαλούν ευτροφισμό στα επιφανειακά νερά. Οι βελτιώσεις στην επεξεργασία των λυμάτων και οι μειώσεις των εκπομπών από μεγάλες βιομηχανίες στο διάστημα μεταξύ 1980 και 1995, είχαν ως απόρροια τη μείωση κατά 40 έως 60% των συνολικών εκροών φωσφόρου σε ποταμούς σε πολλές χώρες. Οι συγκεντρώσεις φωσφόρου στα επιφανειακά νερά ελαττώθηκαν σημαντικά, κυρίως στις περιπτώσεις που εμφάνιζαν προηγουμένως τα σοβαρότερα επίπεδα ρύπανσης. Αναμένονται και περαιτέρω βελτιώσεις, μιας και ο χρόνος ανάκαμψης, ιδιαίτερα των λιμνών, μπορεί να είναι αρκετά χρόνια. Οι συγκεντρώσεις φωσφόρου στο ένα τέταρτο σχεδόν των σημείων παρακολούθησης ποταμών είναι ακόμη περίπου 10 φορές μεγαλύτερες από εκείνες που εμφανίζονται σε νερά καλής ποιότητας. Το άζωτο, η σημαντικότερη πηγή του οποίου είναι η γεωργία, δημιουργεί προβλήματα στους ποταμούς, όμως μπορεί να δημιουργήσει μεγαλύτερο πρόβλημα όταν διοχετεύεται στη θάλασσα. Οι εκπομπές πρέπει να ελεγχθούν σε υψηλότερο βαθμό για να διαφυλαχθεί το θαλάσσιο περιβάλλον.

Οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων και για τα νιτρικά άλατα υποχρεούνται να επιφέρουν ουσιαστικές βελτιώσεις στην ποιότητα, αλλά η επιτυχία τους σχετίζεται από το βαθμό που τα κράτη μέλη προβαίνουν σε χαρακτηρισμούς ευαίσθητων περιοχών και ευάλωτων ζωνών. Η πρόταση για μια Ευρωπαϊκή Οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα θα χρειαστεί ολοκληρωμένα προγράμματα διαχείρισης και βελτιώσεων. Εάν αυτή η Οδηγία πραγματοποιηθεί με συγκρίσιμους τρόπους σε ολόκληρη την ΕΕ και συνδυαστεί με περαιτέρω μετατόπιση προς τη διαχείριση της ζήτησης, θα πρέπει να οδηγήσει σε αισθητές ανελιξίες στην ποιότητα των υδάτων, καθώς και στη βιώσιμη διαχείριση των υδάτινων πόρων.

Όσο αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση, σε όλη την Ευρώπη και στο βόρειο ημισφαίριο, η ατμοσφαιρική ρύπανση παραμένει ένα τοπικό πρόβλημα. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που εκλύονται σε μία χώρα ενδέχεται να μετακινηθούν στην ατμόσφαιρα και να επιδεινώσουν ή να καταστήσουν κακή την ποιότητα του αέρα σε μια άλλη περιοχή.

Τα αιωρούμενα σωματίδια, το διοξείδιο του αζώτου και το τροποσφαιρικό όζον θεωρούνται πλέον κατά κανόνα ως οι τρεις σοβαρότεροι ρύποι από την άποψη των επιπτώσεων για την υγεία. Η μακροχρόνια και οξεία έκθεση στους παραπάνω ρύπους ενδέχεται να επιφέρει επιπτώσεις κυμαινόμενης βαρύτητας για την υγεία, από προσβολή του αναπνευστικού συστήματος έως πρόωρο θάνατο. Περίπου το 90% του ευρωπαϊκού αστικού πληθυσμού εκτίθεται σε συγκεντρώσεις ρύπων που ξεπερνούν τα όρια ποιότητας του αέρα τα οποία κρίνονται επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία.

Τα μέτρα που πάρθηκαν στο πλαίσιο μιας διεθνούς πολιτικής με σκοπό την προστασία της στιβάδας του όζοντος οδήγησαν στη μείωση της ετήσιας παγκόσμιας παραγωγής ουσιών που μειώνουν το όζον κατά 80-90% σε σχέση με τη μέγιστη τιμή της. Οι ετήσιες εκπομπές ελαττώθηκαν επίσης με γρήγορους ρυθμούς. Ωστόσο, ο ρυθμός εξέλιξης των διεργασιών στην ατμόσφαιρα είναι τόσο αργός ώστε δεν έχουν γίνει ακόμη εμφανή τα αποτελέσματα της διεθνούς κλίμακας μέτρων που σχετίζονται με τις συγκεντρώσεις όζοντος στη στρατόσφαιρα ή την ποσότητα της υπεριώδους -B (UV-B) ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης.

Η δραστηριότητα εξασθένησης του όζοντος από όλα τα χλωριούχα και βρωμιούχα παράγωγα (χλωροφθονάνθρακες, αλογονούχοι υδρογονάνθρακες, κ.λπ.) στη στρατόσφαιρα αναμένεται να αγγίξει τη μέγιστη τιμή της μεταξύ 2000 και 2010. Πάνω από την Ευρώπη, η ποσότητα του όζοντος στην ατμόσφαιρα μειώθηκε κατά 5% μεταξύ

1975 και 1995, επιτρέποντας τη διέλευση ποιο πολλής ακτινοβολίας UB-B στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και μέχρι την επιφάνεια της γης.

Υπέρβαση παρατηρήθηκε και όσον αφορά το όριο επικινδυνότητας για τη βλάστηση στις περισσότερες χώρες της ΕΕ κατά το 1995. Πολλές χώρες σημείωσαν υπερβάσεις για περισσότερες από 150 ημέρες σε συγκεκριμένες περιοχές. Κατά το ίδιο έτος, εμφανίστηκαν υπερβάσεις στο σύνολο σχεδόν των δασικών και καλλιεργήσιμων εκτάσεων της ΕΕ.

Η ενδεχόμενη επίτευξη των στόχων για τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου, όπως αυτοί ορίστηκαν στη σύμβαση σε σχέση με τη διασυννοριακή ρύπανση της ατμόσφαιρας σε μεγάλη απόσταση και στο πέμπτο Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Δράσης, θα επιφέρει μείωση των υψηλότερων συγκεντρώσεων του όζοντος μόνο κατά 5-10%. Η επίτευξη του μακροπρόθεσμου στόχου για τη μη υπέρβαση των καθορισθέντων ορίων θα οφείλεται κατά μείζονα λόγο από την ελάττωση των συνολικών συγκεντρώσεων του τροποσφαιρικού όζοντος. Προς τούτο θα χρειαστούν μέτρα για τις εκπομπές των πρόδρομων ρύπων, τα οποία να καταλαμβάνουν το σύνολο του βορείου ημισφαιρίου. Ένα πρώτο βήμα προς αυτή την πορεία θα είναι ο καθορισμός πρόσθετων εθνικών ορίων για τις εκπομπές, στο πλαίσιο του καινούργιου πρωτοκόλλου που θα καλύπτει πολλαπλούς ρύπους και πολλαπλές συνέπειες. [54]

## Βιβλιογραφία

- [1] Α. Α. Γ. Ζ. και Δ. Κ. , «Η Μεσόγειος θάλασσα,» σε *Γεωλογία - Γεωγραφία (Β' Γυμνασίου) - Βιβλίο Μαθητή (Εμπλουτισμένο)*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος», p. ΜΑΘΗΜΑ 14.
- [2] Α. Η., «Distribution and Peculiarity of Mediterranean Ecosystems.,» σε *Mediterranean Type Ecosystems* , Berlin, Springer-Verlag, 1973, pp. 11-19.
- [3] Α. Α. Γ. Ζ. και Δ. Κ. , «Το κλίμα της Ελλάδας,» σε *Γεωλογία - Γεωγραφία (Β' Γυμνασίου)*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος».
- [4] Γ. Β. Γ. Κ. Κ. Κ. και Κ. Σ. , «ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ,» σε *Γεωλογία - Διαχείριση Φυσικών Πόρων (Α Γενικού Λυκείου - Επιλογής)*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος», ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.
- [5] Α. Μελιάδου, «Βιοποικιλότητα (Οδηγός Εκπαιδευτικών),» Αθήνα: ΥΠ.Ε.Π.Θ. , 2000.
- [6] Κ. Β., «Η κατάσταση της Ελλαδικής πανίδας και οι κίνδυνοι που την απειλούν,» Πρακτικά Συνεδρίου Προστασίας Πανίδας-Χλωρίδας Βιοτόπων, Αθήνα: Ελληνική Εταιρεία Προστασίας της Φύσεως, 1979.
- [7] ΥΠΕΧΩΔΕ, ««Στο δρόμο για την Αειφορία, Ελληνικές Δράσεις για το Περιβάλλον και τη Βιώσιμη Ανάπτυξη AGENDA 21-5 χρόνια μετά το Ρίο,» Αθήνα, 1997.
- [8] Φ. Περγάντης, ««Ολοκληρωμένη Διαχείριση Οικοσυστημάτων στα Επιλεγμένα Θέματα Διαχείρισης Περιβάλλοντος,» Αθήνα: Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας, 1995.
- [9] Π. Δημόπουλος, ««Περιβαλλοντική Βιολογία,» ΑΘΗΝΑ, 1999.
- [10] Θ. Λαζαρέτου, ««Περιβαλλοντικά Προβλήματα και Δίκαιο,» Αθήνα: Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών & Γενική Γραμματεία Νέας Γενιάς, 2002.
- [11] R. Kimberly και a. t. S. E. S. , «HARVARD UNIVERSITY- The Graduate School of Arts and Sciences,» 26 September 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://sitn.hms.harvard.edu/water/>.
- [12] N. H. Omer, «Water Quality Parameters,» *Science, Assessments and Policy*, 16 October 2019.
- [13] Wateria, «ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ,» 2018.

- [14 Ε. Δ. Α. 2018-2021, «Γιατί Το Νερό Βρύσης Μυρίζει Ή Έχει Περίεργη Γεύση;» *εργαστήριο ΧΗΜΙΚΩΝ - ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ*, p. <https://lab.dialynas.com/odour/>, 26 Ιανουάριος 2019.
- [15 Γ. Βούτσινος, Γ. Κ. Κ. Κ. και Κ. Σ. , «ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ,» σε *Γεωλογία - Διαχείριση Φυσικών Πόρων*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος», 2009.
- [16 M. Mayer, «SCIENCING,» 12 June 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://sciencing.com/three-types-water-pollution-8171278.html>.
- [17 A. a. G. L. Jones-Lee, «Groundwater pollution by municipal landfills:Leachates, detection and water quality significance,» *Inter. Landfill Symposiums*, Oct 1993.
- [18 Β. Αντωνόπουλος, «Υποβάθμιση των υδατορευμάτων από το νερό που επιστρέφει,» σε *Γεωργική Έρευνα*, 1991.
- [19 Β. Γ. και Ζ. Ε. , Διάβρωση υλικών από την όξινη βροχή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 2004.
- [20 Javier Mateo-Sagasta (IWMI), Sara Marjani Zadeh (FAO) και and Hugh Turrall , «More people, more food, worse water? a global review of water pollution from agriculture,» *The Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome*, pp. 3-11, 2018.
- [21 L. Ngatia, J. M. Grace III, D. Moriasi και R. Taylor, «Nitrogen and Phosphorus Eutrophication in Marine Ecosystems,» 14 January 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.intechopen.com/books/monitoring-of-marine-pollution/nitrogen-and-phosphorus-eutrophication-in-marine-ecosystems#B42>.
- [22 Β. Χ. Πιτυρίγκα, «ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ - ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ,» *Intelligent Deep Analysis*, 29 06 2016.
- [23 «Συμπεράσματα κατά περιβαλλοντικό τομέα,» *ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ: ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ*, pp. (<https://www.eea.europa.eu/el/publications/92-9167-087-1>), 19 04 2016 .
- [24 Φ. Π. Κ. Π. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ, «Μέτρα Προστασίας των Νερών από τη Ρύπανση,» *Προστασία των νερών από τη ρύπανση*, p. Εκδόθηκε από το Γραφείο Τύπου και Πληροφοριών Εκτύπωση: Zavallis Litho Ltd, 2014.
- [25 Ξ. Βερούκιος, «Ελέγχου Εκπομπής τους Ι,» σε *Διαχείριση αέριων ρύπων: Ατμοσφαιρικοί Ρύποι και Τεχνολογία* , Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο., 2003, p. Τόμος Α΄.
- [26 Γ. Μπεργελές, Πηγές, Διασπορά και Έλεγχος Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης, Αθήνα, Ε.Μ.Π., Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών: Πανεπιστημιακή έκδοση, 2006.

- [27 Ε. Χαϊνά, «Η σωματιδιακή ατμοσφαιρική ρύπανση σε ελληνικά αστικά κέντρα. Η επίδραση της οικονομικής κρίσης στα επίπεδα της σωματιδιακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης.» Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. ΕΑΠ, Πάτρα, 2014.
- [28 <https://www.pkm.gov.gr/default.aspx?lang=el-GR&page=507>.
- [29 Α. Α. Α. Ν. και & Κ. Μ. , Βιβλίο μαθητή Β'ΕΠΑΛ, Ινστιτούτο Τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων Διόφαντος, 2016.
- [30 Γ. Ζιώμας, Ατμόσφαιρα –Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Αθήνα: Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2007.
- [31 Ε. Ρεμουντάκη, Οδηγός για το Περιβάλλον: Αέρας και Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Αθήνα: WWF Hellas, 2010.
- [32 ΥΠΕΝ, «<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=493>,» Αθήνα.
- [33 Δ. Μελάς, Φυσική ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. [Σημειώσεις μαθήματος]., Θεσσαλονίκη: Τμήμα Φυσικής, Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Α.Π.Θ., 2007.
- [34 Χ. & Μ. Χ. Καμπεζίδης, Διαχείριση αέριων ρύπων: Ατμοσφαιρικοί ρύποι και Τεχνολογία Ελέγχου Εκπομπής τους II, Τόμος Β', Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο., 2004.
- [35 Μ. & Ρ. Ε. Τσέζος, Περιβάλλον Ι: Εισαγωγή στην Επιστήμη & Τεχνολογία Προστασίας του Περιβάλλοντος, [Σημειώσεις μαθήματος]., Αθήνα: Ε.Μ.Π., 2010.
- [36 Ε. Χαϊνά, «Η σωματιδιακή ατμοσφαιρική ρύπανση σε ελληνικά αστικά κέντρα. Η επίδραση της οικονομικής κρίσης στα επίπεδα της σωματιδιακής ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.» ΕΑΠ, Πάτρα, 2014.
- [37 Κ. Γ. . Κ. Ρ. . Ρ. και J. & Κ. Ε. , «Benzene levels in the atmosphere of large Greek urban centers.» *17th International MESAEP Symposium*, Istanbul/Turkey Septemberr 28 to October 1 2013.
- [38 Υ. (. Π. κ. Ενέργειας), «Ετήσιες Εκθέσεις Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης 2010-2017,» Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας -ΕΔΠΑΡ, Αθήνα, 2018.
- [39 Γ. Κ. και Γ. Λ. , «Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών,» σε *Ξενοβιοτικά και Ρύποι*, ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ.
- [40 Ζ. Α. Τ. Α. και . Ε. V. , «Aspects of year-long differential optical absorption spectroscopy and ground station

- ] measurements in an urban street canyon near industrial pollution sources.,» *Atmospheric Environment*, 42, p. 4293–4303, 2008.
- [41 Ε. (Α. Αθηνών), «Ρύπανση και Θόρυβος στην Περιοχή Χαϊδαρίου μια Πρώτη Προσέγγιση.,» *Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης, υπό την αιγίδα του Υπουργείου Ανάπτυξης. Αθήνα.*, 2010.
- [42 Ζ. Κανελλοπούλου, «Διαχρονική μεταβολή των αέριων ρύπων στην πόλη της Θεσσαλονίκης. Αξιολόγηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας κατά την οικονομική κρίση στην Ελλάδα.,» ΕΑΠ Πάτρα., 2015.
- [43 Ι. & Ρ. Ε. Ζιώμας, «Η ατμόσφαιρα ως αποδέκτης Αποβλήτων, Τόμος Γ΄.,» σε *Φυσικό Περιβάλλον και Ρύπανση*, Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο., 2003.
- [44 Ι. Γεντεκάκης., *Ατμοσφαιρική Ρύπανση: Επιπτώσεις έλεγχος και εναλλακτικές τεχνολογίες.*, Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης. : Εκδόσεις "Κλειδάριθμος", 2010.
- [45 Ε. Χρέμου, *Μακροχρόνιες μεταβολές στις εκπομπές των αέριων ρύπων στην Ελλάδα.*, Αθήνα.: Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ε.Μ.Π, Σχολή Χημικών Μηχανικών Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας, 2013.
- [46 [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(17\)32345-0/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(17)32345-0/fulltext), «The Lancet Commission on pollution and health,» *THE LANCET COMMISSIONS*, αρ. VOLUME 391, pp. P462-512, October 19, 2017.
- [47 D. H.-D. Gregor, «. Ατμοσφαιρική ρύπανση και προσομοίωση μακροπρόθεσμων επιδράσεων,» *Η κατάσταση των δασών στην Ευρώπη*, p. σελ. 22, 2003.
- [48 Δ. Μ. Α. Α. Β. Α. Μ. Κ. και Ν. Σ. , «ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΑΝΣΗΣ,» σε *ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ [Οδηγός εκπαιδευτικών]*, ΑΘΗΝΑ, ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, 2000, pp. 42-43.
- [49 C. Kurrer, «Περιβαλλοντική πολιτική: γενικές αρχές και βασικό πλαίσιο,» *Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση*, 05 2021.
- [50 Ο. 2008/50/ΕΚ, « για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη και οδηγία 2004/107/ΕΚ της 15ης Δεκεμβρίου 2004 σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες σ,» της 21ης Μαΐου 2008,.
- [51 Ε. έ. α. 2. τ. Ε. Ε. Συνεδρίου, «Ατμοσφαιρική ρύπανση: Η προστασία της υγείας μας παραμένει ανεπαρκής,» 2018 .
- [52 Ε. Επιτροπή, «Σύνοψη του ελέγχου καταλληλότητας,» 2019 .
- ]



- [53 2. Ευρωπαϊκή Επιτροπή.  
]
- [54 T. E. i. a. a. o. t. E. Union, «Συμπεράσματα κατά περιβαλλοντικό τομέα,» 19 04 2016 .  
]
- [55 M. Sargen και D. Utter, «HARVARD UNIVERSITY- The Graduate School of Arts and Sciences,» 2019  
] SEPTEMBER 26. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://sitn.hms.harvard.edu/uncategorized/2019/biological-roles-of-water-why-is-water-necessary-for-life/>.
- [56 T. McQuade, «SCIENCING,» 13 March 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://sciencing.com/water-cycle-important-humans-plants-7452871.html>.  
]
- [57 M. McCoy, «SCIENCING,» 9 January 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://sciencing.com/list-6904747-types-waste-water.html>.  
]
- [58 K. Naik, «SCIENCING,» 22 November 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://sciencing.com/water-enters-earths-atmosphere-5166455.html>.  
]
- [59 USGS, «Pesticides in Groundwater,» [Ηλεκτρονικό]. Available: [https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/pesticides-groundwater?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/pesticides-groundwater?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects).  
]
- [60 V.H.Smith, «Eutrophication,» σε*Encyclopedia of Inland Waters - Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, University of Kansas, Lawrence, KS, USA, ACADEIMC PRESS, 2009.  
]
- [61 M. Breida, S. A. Younssi, M. Ouammou, M. Bouhria και M. Hafsi, «Pollution of Water Sources from Agricultural and Industrial Effluents: Special Attention to NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cr(VI), and Cu(II),» 25th November 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.intechopen.com/books/water-chemistry/pollution-of-water-sources-from-agricultural-and-industrial-effluents-special-attention-to-no-sub-3->.
- [62 D. Sen, «Types of Aquatic Ecosystems,» 22 November 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://sciencing.com/interesting-marine-biome-8615636.html>.  
]
- [63 C. Fiore, «Types of Water Resources,» SCIENCING, 23 April 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://sciencing.com/types-water-resources-5127497.html>.  
]
- [64 Z. W. και C.-H. L. , «Budget analysis for reactive plume transport over idealised urban areas,» *Geoscience Letters*, 5 January 2018.  
]
- [65 B. F. D. V. και S. C. , «Modeling combustion chemistry in Large-Eddy Simulation of turbulent flames, Flow,» *Turbul. Combust*, pp. pp. 3-42, 2015.  
]

- [66 N. S. . I. Y. T. S. και K. T. , «Development and validation of an assay method for benzene in the delgocitinib drug substance using conventional HPLC,» *Chem. Pap.*, 2018.
- [67 ]
- [68 W. S. School, «Ο υδρολογικός κύκλος, The Water Cycle, Greek,» USGS, [Ηλεκτρονικό]. Available: [https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/water-cycle-greek?qt-science\\_center\\_objects=0#](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/water-cycle-greek?qt-science_center_objects=0#).
- [69 [Ηλεκτρονικό]. ]
- [70 P. A. S. P. Z. I. M. D. και M. K. , «A spatially and temporally disaggregated anthropogenic emission inventory in the Southern Balkan region.,» *Water, Air, Soil Pollut.*, pp. 335-348..
- [71 E. K. και C. M.-C. & C. I. , «Atmospheric aerosol formation over Athens.,» *J. Aerosol SC*, τόμ. Suppl. I, αρ. Vol. 29, pp. pp. S25 - S26, 1998.
- [72 M. Δ. A. A. . A. B. K. M. και Σ. Ν. , «Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Διεύθυνση Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Υποέργο ΕΠΑΕΚ 1.1.ΣΤ.1Γ2, Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για την περιβαλλοντική εκπαίδευση.,» *Ατμοσφαιρική ρύπανση (Οδηγός Εκπαιδευτικών)*, 2000.
- [73 Π. Ζάνης, «Ρύπανση και Χημεία της Ατμόσφαιρας,» Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη., Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Μετεωρολογίας–Κλιματολογίας, 2014.
- [74 ΕΛΣΤΑΤ, Στατιστική επετηρίδα της Ελλάδος 2016 και 2017, Αθήνα: (<http://www.statistics.gr/>), 2017. ]
- [75 H. Bruyninckx, «Γη και έδαφος στην Ευρώπη — Ολοένα μεγαλύτερη εξάπλωση της χρήσης του σκυροδέματος στις αστικές περιοχές,» *Η γη και το έδαφος στην Ευρώπη*, pp. σελ.16-17, 2019.
- [76 . P. D. S. A. . S. S. και G. W. , « «The Red Data Book of Rare and Threatened Plants of Greece»,» Athens, ] 1995.
- [77 Ο. Ε. και Γ. Α. , « «Η ελληνική χλωρίδα που απειλείται και η ανάγκη δημιουργίας ενός Βιβλίου Ερυθρών Δεδομένων για την Ελλάδα»,» Πρακτικά Συνεδρίου Προστασίας Πανίδας- Χλωρίδας-Βιοτόπων, Ελληνική Εταιρεία Προστασίας της Φύσεως, Αθήνα, 1995.
- [78 Λ. Α. ««Το θαλάσσιο Περιβάλλον» στο Άνθρωπος και Περιβάλλον στην Ελλάδα (Επιμ. Κοκκώσης, Χ.),» Αθήνα: ΥΠΕΧΩΔΕ, 2002.

[79 K. R. A. R. Laurence JA, «Responses of red spruce seedlings exposed to ozone and simulated acidic precipitation in the field.» σε *Arch Environ Contam Toxicol*, 1989, pp. 18: 285-293.

[80 <https://www.agriamanitaria.gr/phillyrea-latifolia-%CF%86%CE%B9%CE%BB%CE%BB%CF%8D%CE%BA%CE%B9-%CF%84%CE%BF-%CF%80%CE%BB%CE%B1%CF%84%CF%8D%CF%86%CF%85%CE%BB%CE%BB%CE%BF/>,  
«Phillyrea latifolia Φιλλύκι το πλατύφυλλο,» 5 Μαΐου 2019.

[81 E. N., «Ασθένειες της Κερασιάς,»  
] [http://www.efthymiadis.gr/inst/redestos/gallery///Newsletters/KN%20EFTHYMIADIS/K\\_N\\_EFTHYMIADIS\\_newsletter\\_kerasia.pdf](http://www.efthymiadis.gr/inst/redestos/gallery///Newsletters/KN%20EFTHYMIADIS/K_N_EFTHYMIADIS_newsletter_kerasia.pdf), p. σελ. 16.