



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Πληροφορική»

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ, ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΗΣ DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF THE IMPACT OF ENVIRONMENTAL INFORMATION TECHNOLOGY, THROUGH ITS APPLICATIONS
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Κωνσταντίνος Λιάπατας
Πατρώνυμο	Γεώργιος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΠΛ 18042
Επιβλέπων	Μαρία Βίρβου, Καθηγήτρια

Ημερομηνία Παράδοσης **Σεπτέμβριος 2022**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Μαρία Βίρβου
Καθηγήτρια

.Κωνσταντίνα Χρυσafiάδη
Ε.Δι.Π. Δρ

Ευάγγελος Σακκόπουλος
Αναπληρωτής Καθηγητής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	7
ΚΑΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ – ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	8
2.1 ΤΟ «ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ»	8
2.1.1 ΤΑ «ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ»	9
2.1.2 ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO ₂).....	12
2.1.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ.....	14
2.1.4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ	18
2.2 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ	18
2.3 ΜΟΛΥΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ	19
2.3.1 ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ	19
2.3.2 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΔΑΤΑ	20
2.4 ΕΡΗΜΟΠΟΙΗΣΗ.....	20
2.5 ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	21
2.5.1 ΣΤΕΡΕΑ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ (ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΑ).....	22
2.5.2 ΥΓΡΑ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	23
2.6 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ Η ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ.....	26
3.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ.....	26
3.2 Η ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ	29
4.1 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ	29
4.2 ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	31
4.2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ	31
4.2.2 ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	32
4.2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	32
4.2.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	32
4.2.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ.....	33

4.2.6 ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	34
4.2.7 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	34
4.2.8 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (ΓΣΠ)	35
4.2.9 ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΗ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	37
4.2.10 ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	38
4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	39
4.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ	39
4.4.1 ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	39
4.4.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΤΟΝ 21° ΑΙΩΝΑ	48
5.1 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ.....	48
5.1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	48
5.1.2 «ΕΞΥΠΝΕΣ» ΠΟΛΕΙΣ & ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ – «ΕΞΥΠΝΟ» ΔΗΜΟΣΙΟ.....	50
5.1.3 ΨΗΦΙΑΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ & ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ.....	52
5.1.4 ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ, ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ & ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ.....	53
5.2 ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ..	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ.....	57
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	58
ΆΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	61

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Ισοζύγιο της ηλιακής ακτινοβολίας (Drazga, 2015)	9
Εικόνα 2: Ο κύκλος του νερού (Wikipedia).....	10
Εικόνα 3: Αύξηση του CH ₄ σε παγκόσμια κλίμακα, (Ευρωπαϊκός Οργανισμός διαστήματος)	11
Εικόνα 4: Συγκέντρωση CH ₄ σε σχέση με τα γεωγραφικά πλάτη (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος)	11
Εικόνα 5: Οι γιγατόνοι CO ₂ που ανταλλάσσονται κάθε χρόνο κατά τον κύκλο του άνθρακα (IPCC, 2014).....	12
Εικόνα 6: Μερίδιο συνολικής πρωτογενούς ζήτησης(TPED),ΑΕΠ(GDP), Πληθυσμού (Population) και εκπομπών CO ₂ , των χωρών του G20, σχετικά με τον υπόλοιπο κόσμο (IEA,2014).....	13
Εικόνα 7: Μεταβολή αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 1995-2015 στην Ελλάδα(ESA, ΕΚΠΑΑ, 2018).....	14
Εικόνα 8: Θερμοκρασία συσχετιζόμενη με την ηλιακή δραστηριότητα (NASA, 2019)	14
Εικόνα 9: Αύξηση του CO ₂ (NASA, 2013).....	15
Εικόνα 10: Αύξηση μέσης θερμοκρασίας ετησίως στην Ευρώπη (ESPON, 2017)	16
Εικόνα 11: Παρατηρήσεις της στάθμης της θάλασσας 1993-2019 (Nasa, 2019).....	17
Εικόνα 12: Μεταβολή μάζας πάγων της Γροιλανδίας 2002-2019 (Nasa, 2019).....	17
Εικόνα 13: Παγκόσμιος χάρτης φωτοσύνθεσης.....	33
Εικόνα 14: Παράδειγμα ενός Συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων για το John Day Dam.....	34
Εικόνα 15: Πληροφοριακό Σύστημα Ενημέρωσης Καιρικών Συνθηκών.....	35
Εικόνα 16: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών	36
Εικόνα 17: Δορυφορική εικόνα γεωμετρικής διόρθωσης.....	38
Εικόνα 18: Δορυφορική εικόνα ραδιομετρικής διόρθωσης.....	38
Εικόνα 19: Μοντελοποίηση οικοσυστημάτων γλυκού νερού.....	40
Εικόνα 20: Χάρτης πρόβλεψης μέσων καιρικών συνθηκών	40
Εικόνα 21: Η τρύπα του όζοντος πάνω από την Ανταρκτική, όπως καταγράφηκε το 2019 ..	42
Εικόνα 22: Θερμική απεικόνιση του Ρεύματος του Κόλπου του Μεξικό.....	43
Εικόνα 23: Πρόβλεψη μέσης θερμοκρασίας ανά περιοχή το 2100	44
Εικόνα 24: Απεικόνιση εξατμισοδιαπνοής παγκοσμίως (2001)	45
Εικόνα 25: Ισοδύναμο χιονιού – νερού (Η.Π.Α.).....	46
Εικόνα 26: Ενεργειακά συστήματα για εξοικονόμηση ενέργειας – «Πράσινο σπίτι»	49
Εικόνα 27: Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου	49
Εικόνα 28: Smart cities -λειτουργίες	50
Εικόνα 29: «Έξυπνος» φωτισμός.....	51
Εικόνα 30: «Έξυπνο» σπίτι.....	51
Εικόνα 31: «Έξυπνη» οδική κυκλοφορία	52
Εικόνα 32: Εφαρμογές ψηφιακής γεωργίας	53
Εικόνα 33: Ψηφιακό εμπόριο	54
Εικόνα 34: Ψηφιακή διαχείριση επιχειρήσεων-μεταφορών	54
Εικόνα 35: Ψηφιακός έλεγχος μεταφορών	54

Πίνακας 1: Πεδία εφαρμογής των ΓΠΣ.....	37
Διάγραμμα 1: Απεικόνιση σε διάγραμμα η συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα	41

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Περιβαλλοντική Πληροφορική μελετά πώς οι πληροφορίες μπορούν να αποκτηθούν, να επεξεργαστούν, να μοντελοποιηθούν και να κοινοποιηθούν για τις περιβαλλοντικές επιστήμες και τη διαχείριση. Είναι ένα σημαντικό διεπιστημονικό ερευνητικό πεδίο που καλύπτει πολλές εθνικές ερευνητικές προτεραιότητες, συμπεριλαμβανομένων των τεχνολογιών αιχμής, της έξυπνης χρήσης πληροφοριών. Οι εφαρμογές της περιλαμβάνουν την ενοποίηση πληροφοριών και γνώσεων, την εφαρμογή υπολογιστικής νοημοσύνης σε περιβαλλοντικά δεδομένα και τον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της τεχνολογίας της πληροφορίας.

Η Περιβαλλοντική Πληροφορική βοηθά τους επιστήμονες να καθορίσουν τις απαιτήσεις επεξεργασίας πληροφοριών, να αναλύσουν προβλήματα του πραγματικού κόσμου και να λύσουν αυτά τα προβλήματα χρησιμοποιώντας μεθοδολογίες και εργαλεία πληροφορικής. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο ορισμός της Περιβαλλοντικής Επιστήμης και η ανάλυση της επίδρασης της μέσω των εφαρμογών της σχετικά με την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και της αντιμετώπισης της κλιματικής κρίσης.

Λέξεις Κλειδιά: Περιβαλλοντική Πληροφορική, υπολογιστικά συστήματα, τεχνολογία, κλιματική κρίση.

ABSTRACT

Environmental Informatics studies how information can be acquired, processed, modeled, and shared for environmental science and management. It is an important interdisciplinary research field covering many national research priorities, including cutting edge technologies, intelligent use of information. Its applications include integrating information and knowledge, applying computational intelligence to environmental data, and determining the environmental impacts of information technology.

Environmental Informatics assists scientists determine information processing requirements, analyze real-world problems, and solve those problems using computer science methodologies and tools. The purpose of this thesis is the definition of Environmental Science and the analysis of its effect through its applications regarding the treatment of environmental problems and the treatment of the climate crisis.

Key Words: Environmental informatics, computer systems, technology, climate crisis.

ΚΑΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κόσμος αλλάζει με ταχείς ρυθμούς, ενώ υπάρχουν πολλές και αμέτρητες αλλαγές σε διαφορετικά είδη και σε διαφορετικούς τομείς και χώρους. Είμαστε όλοι μέσα στην κοινωνία και αποτελούμε ένα σημαντικό μέρος του φυσικού περιβάλλοντος. Η κοινωνική προώθηση και ανάπτυξη σχετίζεται άμεσα με τη συνολική ανάπτυξη της Οικονομικής προόδου ή απλά της λεγόμενης «Ανάπτυξης». Από μια άλλη προοπτική, αυτή η Κοινωνική και Οικονομική ανάπτυξη μπορεί να οδηγήσει σε Περιβαλλοντική Ανάπτυξη σε πολλά πλαίσια. Υπάρχουν διαφορετικά «όπλα», εργαλεία, τεχνικές, διαδικασίες στην περιβαλλοντική διαχείριση και παρακολούθηση και μεταξύ αυτών η «Πληροφορική Περιβάλλοντος» γίνεται ένα σημαντικό όνομα. Όσον αφορά την Περιβαλλοντική Πληροφορική είναι οι εφαρμογές και οι αξιοποιήσεις των αρχών και τεχνολογιών της Πληροφορικής στη διαχείριση περιβάλλοντος και φυσικών πόρων με διαφορετικό τρόπο.

Η Περιβαλλοντική Πληροφορική είναι ένα ευρύ πεδίο. Είναι ένα διεπιστημονικό και πολυεπιστημονικό γνωστικό πεδίο, αλλά εξασκούμενο στη φύση. Υπάρχουν πολλοί τομείς στους οποίους μπορεί να εφαρμοστεί η Περιβαλλοντική Πληροφορική και αυτοί τελικά έχουν ως αποτέλεσμα την κοινωνική ανάπτυξη και αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη της οικονομίας και της βιωσιμότητας. Η Περιβαλλοντική Πληροφορική συνδέεται στενά με την περιβαλλοντική μηχανική και τεχνολογία στο πρόσφατο παρελθόν. Οργανισμοί, κυβερνήσεις, ιδρύματα και ενώσεις συνεργάζονται στενά με το περιβάλλον και ως εκ τούτου μπορούν να χρησιμοποιούν την Τεχνολογία Πληροφορικής και την Υπολογιστική για ευρύτερες εφαρμογές και χρήσεις. Διαφορετικές αναδυόμενες τεχνολογίες πληροφορικής π.χ. Cloud Computing, Big Data, Analytics, Human Computer Interaction, Usability Systems, 3D και Graphics μπορούν να εμπλακούν ενεργά στο περιβάλλον και σε συναφείς δραστηριότητες και τομείς.

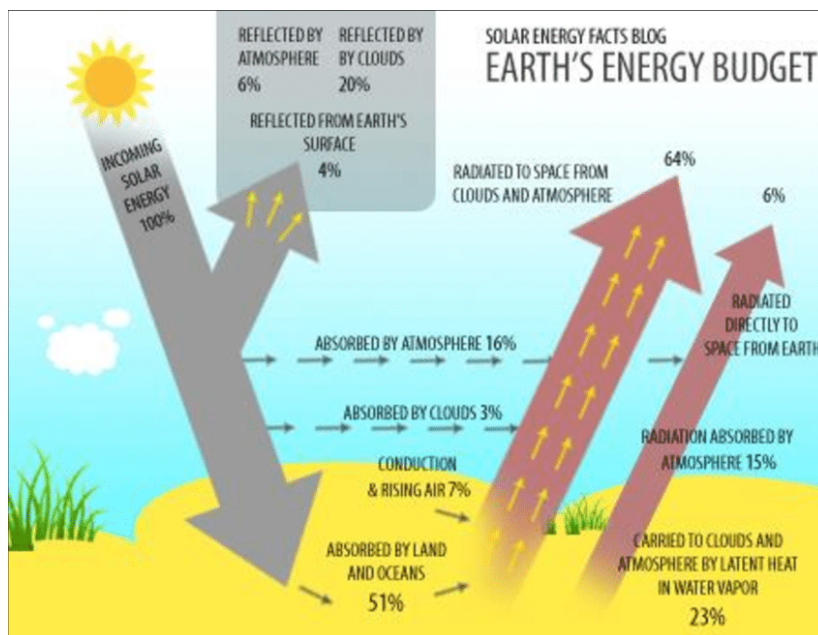
Η ανάπτυξη της κοινωνίας και της κοινότητας επομένως με πολλούς τρόπους εξαρτάται από την ισχυρή Περιβαλλοντική Πληροφορική και παρόμοιους τομείς και τομείς. Οι «Πράσινοι» Υπολογιστές και οι «Πράσινες» Τεχνολογίες Πληροφορίας είναι μερικοί από τους συναφείς τομείς που βοηθούν έμμεσα στην οικολογική και βιωσιμότητα σε διαφορετικό πλαίσιο. Η παρούσα εργασία είναι μια θεωρητική και σκοπός της είναι ο ορισμός της Περιβαλλοντικής Επιστήμης και η ανάλυση της επίδρασης της μέσω των εφαρμογών της σχετικά με την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και της αντιμετώπισης της κλιματικής κρίσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ – ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

2.1 ΤΟ «ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ»

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελεί τη διαδικασία κατά την οποία η ατμόσφαιρα της γης συγκρατεί θερμότητα, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης. Πληροφοριακά, ανακαλύφθηκε το 1824 από τον Ζοζέφ Φουριέ και διερευνήθηκε συστηματικά από τον Σβάντε Αρρένιους.

Συγκεκριμένα, από την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της Γης το 6% ανακλάται αμέσως πίσω στο διάστημα, το 20% από τα σύννεφα και περίπου το 4% από το έδαφος. Από το υπόλοιπο, περίπου το 51% απορροφάται από το έδαφος και τη θάλασσα και το 31% από την ατμόσφαιρα.



Εικόνα 1: Ισοζύγιο της ηλιακής ακτινοβολίας (Drazga, 2015)

Πιο αναλυτικά, η ακτινοβολία που φτάνει στη Γη από τον ήλιο ανήκει στην υπεριώδη και την υπέρυθη περιοχή του φάσματος. Το μεγαλύτερο μέρος από αυτή την ακτινοβολία απορροφάται από την ατμόσφαιρα και αυτή θερμαίνεται. Στην ατμόσφαιρα όμως, υπάρχουν και τα αέρια του θερμοκηπίου, τα οποία λειτουργούν σαν το γυαλί των συμβατικών θερμοκηπίων. Αυτό σημαίνει πως η ατμόσφαιρα εγκλωβίζει την ακτινοβολία που θα έπρεπε να επιστρέψει στο διάστημα, με αποτέλεσμα να επανεκπέμπεται η θερμική ακτινοβολία στην επιφάνεια της Γης. Συνεπώς, η γήινη ατμόσφαιρα λειτουργεί ως δεύτερη πηγή θερμότητας (μετά τον Ήλιο). Το συνολικό φαινόμενο έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης στους 14 βαθμούς Κελσίου και γίνεται κατοικήσιμη, χωρίς το φαινόμενο του θερμοκηπίου η θερμοκρασία της επιφάνειας της γης θα ήταν - 18 βαθμοί Κελσίου (Wikipedia).

2.1.1 ΤΑ «ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ»

➤ Υδρατμοί

Οι υδρατμοί αποτελούν το νερό στην αέρια μορφή του και βρίσκονται σε αφθονία στην ατμόσφαιρα της Γης. Είναι υπεύθυνοι για το 67% του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς δεσμεύουν τη θερμότητα που εκπέμπεται από τη Γη και την εκπέμπουν ξανά προς κάθε κατεύθυνση με αποτέλεσμα να θερμαίνεται σε συνέχεια η γήινη ατμόσφαιρα. Τα μόρια των υδρατμών δεν είναι ορατά. Το νερό ακολουθεί έναν κύκλο στη διάρκεια του οποίου μεταβαίνει από τη μία μορφή στην άλλη, άλλωστε είναι γνωστό πως το νερό που υπάρχει στην επιφάνεια ή την ατμόσφαιρα της Γης είναι πεπερασμένο (Καμπούρης, 2017).

Συνεπώς, η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε νερό αλλάζει ανά τακτά χρονικά διαστήματα, το ίδιο ισχύει και για τις μορφές του (χιόνι, βροχή, χαλάζι κ.λπ.). Είναι αυτονόητο πως όταν η θερμοκρασία σε μία περιοχή είναι μεγάλη, μεγάλη θα είναι και η συγκέντρωση υδρατμών στην ατμόσφαιρα λόγω της εξάτμισης του νερού από το έδαφος, τους ωκεανούς, τις λίμνες και τα ποτάμια. Σύμφωνα με αυτό, η συγκέντρωση υδρατμών είναι μεγαλύτερη στις περιοχές της τροπικής ζώνης και πολύ μικρότερη στους πόλους.



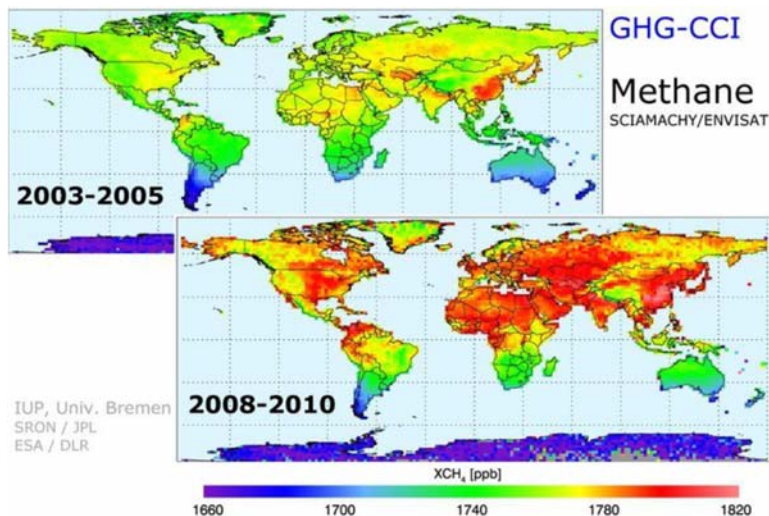
Εικόνα 2: Ο κύκλος του νερού (Wikipedia)

Αυτό που πρέπει να σημειωθεί σχετικά με τους υδρατμούς είναι πως αποτελούν έναν αστάθμητο παράγοντα, εφόσον οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες δεν επηρεάζουν τη συγκέντρωσή τους (Τζουμάκης, 2017).

➤ Μεθάνιο (CH₄)

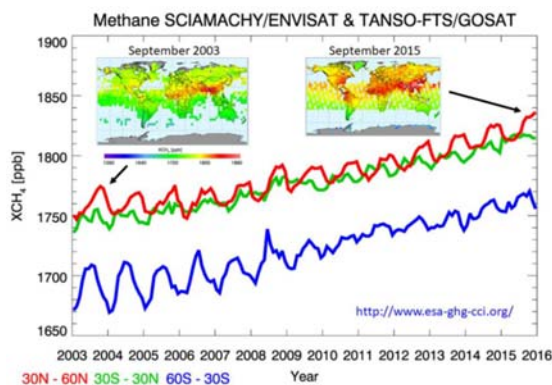
Το μεθάνιο αποτελεί το δεύτερο πιο σημαντικό αέριο, μετά τους υδρατμούς, που σχετίζεται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με την έκθεση της Διεθνούς Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (2014), η συνεισφορά του μεθανίου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου υπολογίζεται περίπου στο 16%. Ουσιαστικά, πρόκειται για έναν κορεσμένο υδρογονάνθρακα που υπό κανονικές συνθήκες το συναντάμε σε αέρια μορφή και παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά της αοσμίας και αχρωμίας. Οι μεγαλύτερες ποσότητες μεθανίου πάνω στη Γη βρίσκονται παγιδευμένες στον πυθμένα των θαλασσών και κάτω από το έδαφος. Αξίζει να αναφερθεί πως υπάρχει εγκλωβισμένη ποσότητα μεθανίου στους παγετώνες της Αρκτικής και της Ανταρκτικής, η οποία με το λιώσιμο των πάγων και την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, όπου μπορεί να «ζήσει» περίπου επτά (7) χρόνια.

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος (ESA), απεικόνισε τη συγκέντρωση του μεθανίου σε παγκόσμια κλίμακα ανά περιόδους.



Εικόνα 3: Αύξηση του CH₄ σε παγκόσμια κλίμακα, (Ευρωπαϊκός Οργανισμός διαστήματος)

Σύμφωνα με αυτές τις απεικονίσεις συμπεραίνουμε πως τα τελευταία χρόνια διαπιστώνεται συνεχής αύξηση της συγκέντρωσης του μεθανίου στην ατμόσφαιρα. Αυτό οφείλεται κυρίως, στην αυξητική τάση των ανθρώπων για εκμετάλλευση του φυσικού αερίου.



Εικόνα 4: Συγκέντρωση CH₄ σε σχέση με τα γεωγραφικά πλάτη (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος)

Έτσι, κατά τη διάρκεια εργασιών όπως παραγωγή, μεταφορά, επεξεργασία, διανομή και αποθήκευση υφίστανται απώλειες. Άλλοι ανθρωπογενείς παράγοντες που είναι υπαίτιοι για τη συγκέντρωση ποσοτήτων μεθανίου στην ατμόσφαιρα είναι οι χωματερές και οι ΧΥΤΑ, καθώς και οι κτηνοτροφικές μονάδες και τα ανθρακωρυχεία (Μαρέτας, 2017).

➤ Υποξείδιο του Αζώτου (N₂O)

Το υποξείδιο του αζώτου, μετά από μελέτες αποδείχτηκε πως είναι η χημική ένωση που συμβάλλει σε μεγαλύτερο βαθμό στην καταστροφή του όζοντος στη στρατόσφαιρα. Το στενόχωρο είναι πως αυτό το πόρισμα εξήχθη πρόσφατα με αποτέλεσμα να μην εμπεριέχεται στις διακρατικές συμφωνίες που υπογράφηκαν, ώστε να περιοριστεί η χρήση του. Ως άμεση συνέπεια των παραπάνω είναι η προοδευτική αύξηση της συγκέντρωσής του περίπου 0,2-0,3% τον χρόνο.

Η «συνεισφορά» στο φαινόμενο του θερμοκηπίου έγκειται στο γεγονός πως η απορροφητικότητα του κυμαίνεται στο 6%, δηλαδή παρουσιάζει 300 φορές μεγαλύτερη απορροφητικότητα από το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Το υποξείδιο του αζώτου «επιβιώνει» στην ατμόσφαιρα για περίπου 114 χρόνια έως ότου διαλυθεί στη στρατόσφαιρα (Τζουμάκης, 2017).

➤ Αλογονάνθρακες

Η εμφάνιση των αλογονανθράκων στην ατμόσφαιρα της Γης συμπίπτει με τη βιομηχανική επανάσταση, όταν δηλαδή η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, κυρίως των ψυκτικών και των προωθητικών, κατέστησε αναγκαία την παρασκευή νέων χημικών αλογονανθράκων.

➤ Άλλα αέρια

Εκτός των αερίων που αναφέρθηκαν παραπάνω υπάρχουν κι άλλα αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Κάποια από αυτά είναι το όζον, το υδρογόνο και το μονοξείδιο του άνθρακα. Για αυτά πρέπει να αναφέρουμε πως ο ρόλος τους είναι βοηθητικός στον σχηματισμό των υπόλοιπων αερίων.

2.1.2 ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί το σημαντικότερο αέριο για το ΦτΘ. Υπό κανονικές συνθήκες πρόκειται για ένα αέριο άγευστο, άοσμο και άχρωμο. Έχει την ιδιότητα να απορροφά έντονα την υπέρυθη ακτινοβολία, καθώς και την ακτινοβολία που υπάρχει στο υπέρυθρο φάσμα. Μέσα από έρευνες έχει διαπιστωθεί πως παλαιότερα υπήρχε στην ατμόσφαιρα σε μεγάλες ποσότητες, περίπου 20 φορές περισσότερο από σήμερα, όμως σταδιακά μειώθηκε. Όσο αφορά τη φύση, διοχετεύει τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα μέσω των εκρήξεων των ηφαιστίων, καθώς και η ύπαρξη των θερμών πηγών. Για τις δεύτερες μπορούμε να το καταλάβουμε από την αδυναμία επιβίωσης ζώων και εντόμων σε κοντινή απόσταση. Ακόμα, ποσότητες απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από τους έμβιους οργανισμούς, οι οποίοι κατά τη διάρκεια της αναπνοής-διαπνοής απελευθερώνουν διοξείδιο του άνθρακα.

Σε κάθε περίπτωση, η συγκέντρωση και η αύξηση του διοξειδίου οφείλονται στην ισορροπία ανάμεσα στις εκπομπές και στην απορρόφηση του διαθέσιμου στην ατμόσφαιρα διοξειδίου. Αξίζει να υπογραμμιστεί πως οι ωκεανοί έχουν την ικανότητα να διαλύσουν 50 φορές μεγαλύτερη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα από ότι η ατμόσφαιρα.



Εικόνα 5: Οι γιγατόνοι CO₂ που ανταλλάσσονται κάθε χρόνο κατά τον κύκλο του άνθρακα (IPCC, 2014)

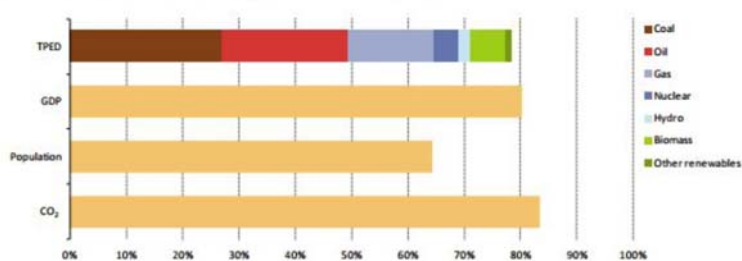
Συγκεκριμένα, οι ωκεανοί απορροφούν περίπου το 33% των εκπομπών διοξειδίου που οφείλονται στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Σχετικά με την ανθρωπογενή δραστηριότητα, η έντονη αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα σημειώθηκε κατά τη βιομηχανική επανάσταση. Αφορά κυρίως την καύση των ορυκτών καυσίμων, καθώς και την παραγωγή τσιμέντο.

Τα τελευταία χρόνια γίνονται όλο και περισσότερες συναντήσεις ηγετών αναπτυγμένων χωρών και χωρών με έντονη βιομηχανική δράση, προκειμένου να ελαττωθούν οι εκπομπές του διοξειδίου. Η τελευταία συνεδρίαση με τέτοιο περιεχόμενο έγινε στις 11 Δεκεμβρίου του 2020, όπου συμφωνήθηκε από τα κράτη- μέλη της Ε.Ε. να μειώσουν τα εκπομπές των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% μέχρι το 2030.

Οι χώρες της Ευρώπης, αν υπολογιστούν σαν ενιαία χώρα, συγκεντρώνουν περίπου το 80% του Α.Ε.Π. διεθνώς. Αυτό μεταφράζεται ως εξής, αποτελούν κύριο ρυθμιστικό παράγοντα για τη μελλοντική πορεία του διοξειδίου του άνθρακα και γενικότερα της κλιματικής αλλαγής. Συγκεκριμένα, έχει προβλεφθεί πως αν οι χώρες της Ε.Ε. τηρήσουν τις συμφωνίες, οι εκπομπές του διοξειδίου θα μειωθούν έως το 2050 σε ποσοστό 80%.

Figure 1.12 • Share of G20 members in key global indicators, 2014



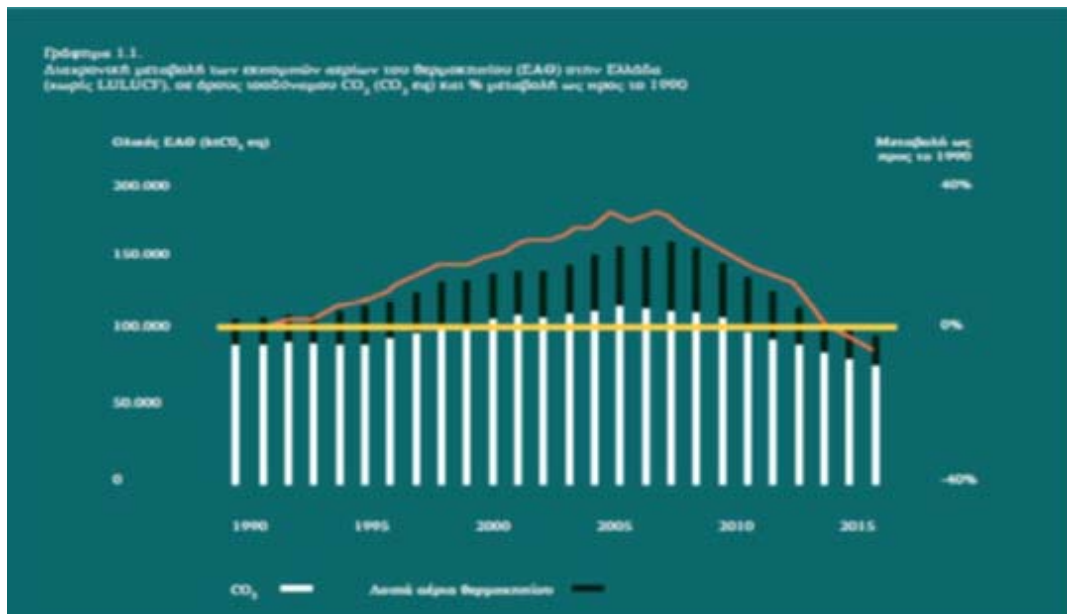
Note: TPED • total primary energy demand.
Source: IEA data and analysis.

Key message • G20 countries as a group account for the majority of global energy demand and energy-related CO₂ emissions.

Εικόνα 6: Μερίδιο συνολικής πρωτογενούς ζήτησης(TPED),ΑΕΠ(GDP), Πληθυσμού (Population) και εκπομπών CO₂, των χωρών του G20, σχετικά με τον υπόλοιπο κόσμο (IEA,2014).

Η Ελλάδα, ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης δε θα μπορούσε να μη συμμορφωθεί με τους κανονισμούς που έχουν ψηφιστεί. Εξάλλου, σε όποιον τομέα κι αν στραφούμε και μελετήσουμε η φράση «πράσινη ανάπτυξη» υφίσταται σε μεγάλο βαθμό. Κύριος στόχος της εγχώριας πολιτικής είναι η εξέλιξη και ανάπτυξη της τεχνολογίας και των υποδομών με φιλικό τρόπο προς το περιβάλλον, με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και με την υποστήριξη της λεγόμενης περιβαλλοντικής πληροφορικής.

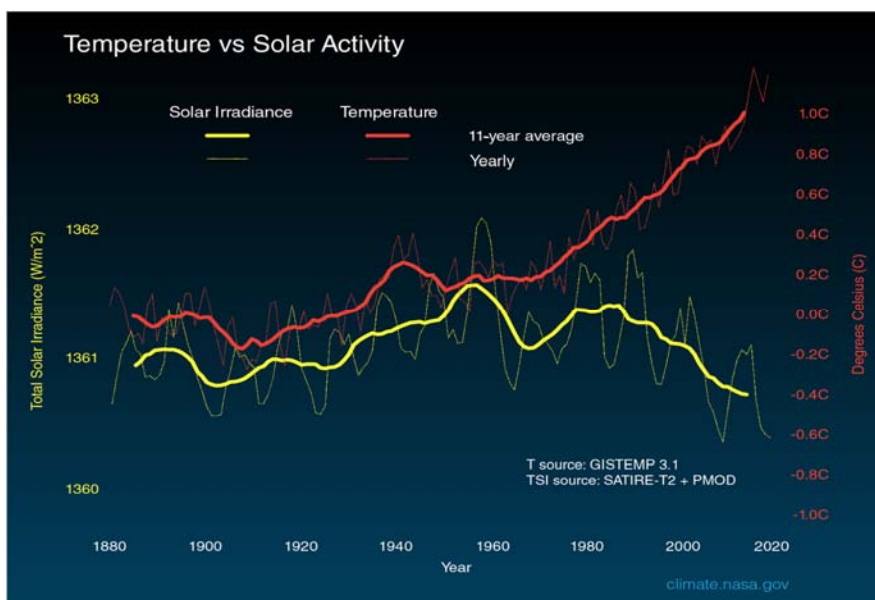
Μέσα από την έκθεση του Εθνικού Κέντρου Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης, το 2018, προκύπτει πως τα αέρια που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου προέρχονται κατά κύριο λόγο από τον τομέα της ενέργειας (74%), ενώ μόλις το 9% από τον πρωτογενή τομέα της γεωργίας και κτηνοτροφίας. Στην ίδια έκθεση, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γράφημα που αφορά τη μεταβολή των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά το διάστημα 1995-2015.



Εικόνα 7: Μεταβολή αερίων του θερμοκηπίου για την περίοδο 1995-2015 στην Ελλάδα(ESA, ΕΚΠΑ, 2018)

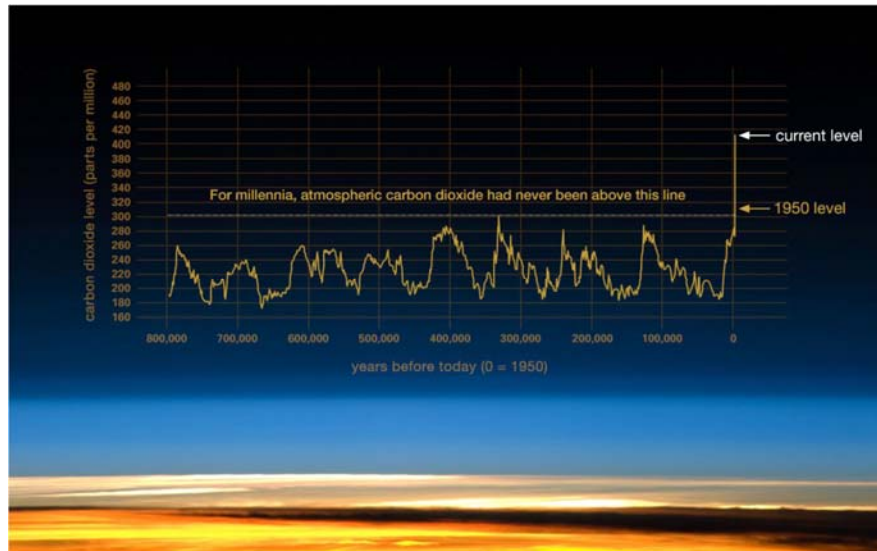
2.1.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Μέσα από παρατηρήσεις και διαγράμματα που εξήχθησαν από τη NASA και το Παρατηρητήριο του Μαούνα Λόα στη Χαβάη φαίνεται ολοκάθαρα η ραγδαία αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης σε συνδυασμό με την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.



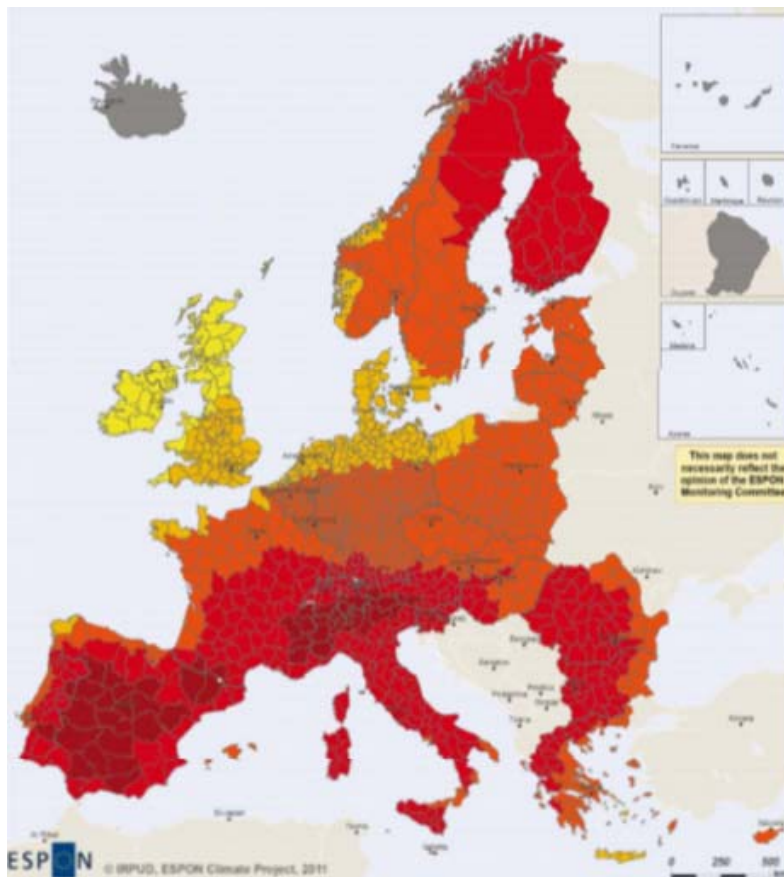
Εικόνα 8: Θερμοκρασία συσχετιζόμενη με την ηλιακή δραστηριότητα (NASA, 2019)

Ενδιαφέρον παρουσιάζει πως σε αυτά τα χρόνια η ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει φυσική πορεία, άρα είναι σχεδόν απίθανο να συνέβαλε η ηλιακή ακτινοβολία στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας.



Εικόνα 9: Αύξηση του CO₂ (NASA, 2013)

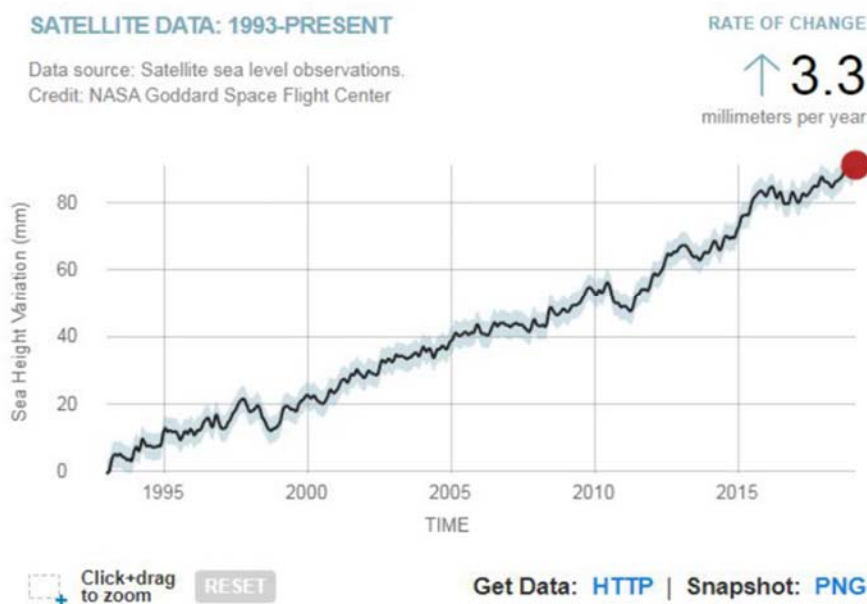
Όπως είναι φυσικό, οι μεγαλύτερες μεταβολές της ετήσιας μέσης θερμοκρασίας εμφανίζονται στη νότια Ευρώπη και πιο συγκεκριμένα στην Ιβηρική χερσόνησο, στο Βόρειο κομμάτι της Ιταλίας. Δεν περνά απαρατήρητη όμως και η αύξηση της θερμοκρασίας στις Σκανδιναβικές χώρες.



Εικόνα 10: Αύξηση μέσης θερμοκρασίας ετησίως στην Ευρώπη (ESPON, 2017)

Σύμφωνα με τις εφαρμογές μοντέλων που προβλέπουν την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης στα επόμενα χρόνια, φαίνεται πως η μέση θερμοκρασία αναμένεται να αυξηθεί, κάτι το οποίο ισχύει φυσικά και για την Ελλάδα. Συγκεκριμένα, προβλέπεται έντονη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα στην ηπειρωτική Ελλάδα, σε αντίθεση με τα νησιά.

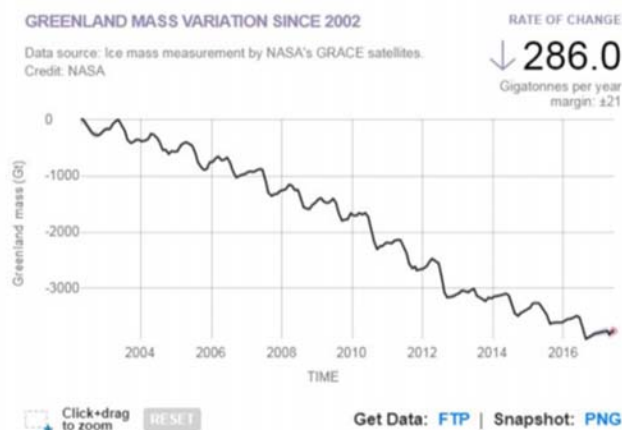
Άλλη μία σημαντική επίδραση της ανθρώπινης δραστηριότητας είναι η αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Η πρόκληση της ανόδου της στάθμης της θάλασσας οφείλεται κυρίως σε παράγοντες που συνδέονται άμεσα με την υπερθέρμανση του πλανήτη: α. το νερό από το λιώσιμο των πάγων που προστίθεται στη χωρητικότητα του παγκόσμιου υδάτινου όγκου, β. τη διαστολή του νερού των ωκεανών, η οποία προκαλείται από την αύξηση της θερμοκρασίας του, γ. τις μεταβολές που υφίσταται το επίγειο νερό, καθώς και δ. τις μεταβολές που λαμβάνουν χώρα στις ακτές. (Τζουμάκης, 2017).



Εικόνα 11: Παρατηρήσεις της στάθμης της θάλασσας 1993-2019 (Nasa, 2019).

Όπως φαίνεται από τη παραπάνω εικόνα, η μεταβολή της στάθμης της θάλασσας είναι ραγδαία και η αυξητική τάση συνεχίζεται έως και σήμερα. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις και τις μελέτες που έχουν γίνει έως σήμερα φαίνεται πως η στάθμη της θάλασσας δε μεταβάλλεται το ίδιο σε όλε τις περιοχές της γης. Χαρακτηριστικά, μέσα από έρευνα του IPCC (2014), αναφέρεται πως περίπου το 70% των ακτών θα παρουσιάσει μεταβολή έως το 2100.

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, όπως έχει ήδη αναφερθεί, οφείλεται κατά κύριο λόγο στο λιώσιμο των πάγων (περίπου στο 30%) και στη διαστολή του νερού λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας (περίπου 50%).



Εικόνα 12: Μεταβολή μάζας πάγων της Γροιλανδίας 2002-2019 (Nasa, 2019)

Στην εικόνα 12 διαφαίνεται η μείωση της μάζας των παγετώνων του καλύπτουν τις ακτές της Γροιλανδίας στο διάστημα 2002 - 2019.

2.1.4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ

Οι αλλαγές στο κλίμα του πλανήτη είναι δεδομένες μέσα στα χρόνια, όμως πάντα γίνονται από φυσικά αίτια όπως από μικροκινήσεις των πλανητών ή αλλαγές στην τροχιά της Γης γύρω από τον ήλιο. Στην προκειμένη περίπτωση που εξετάζεται σε αυτήν την εργασία, τα αίτια των κλιματικών αλλαγών εστιάζουν στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Η αδιάκοπη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου προκαλεί και πρόκειται να προκαλέσει σε ακόμη μεγαλύτερο βαθμό περαιτέρω θέρμανση και μακροχρόνιες μεταβολές. Όλα αυτά, όπως είναι φυσικό, αυξάνουν την πιθανότητα για εμφάνιση σοβαρών και μη αναστρέψιμων δυσάρεστων συνεπειών τόσο στους ανθρώπους όσο και στα οικοσυστήματα.

Μία από τις μεταβολές που πρόκειται να παρατηρηθούν είναι το επίπεδο των βροχοπτώσεων. Συγκεκριμένα, οι περιοχές του Ισημερινού πρόκειται να παρουσιάσουν αύξηση. Ακόμα, όπως ήδη έχει αρχίσει να παρατηρείται, πολλές φορές θα υπάρχουν ισχυρές κατακρημνίσεις σε περιόδους που δε δικαιολογείται η παρουσία τους. Οι κλιματικές μεταβολές ωθούν μεγάλο αριθμό ανθρώπων να αλλάζουν τόπο διαμονής, για να εξασφαλίσουν την επιβίωσή τους.

Από τη γεωγραφική σκοπιά, οι πιο ευάλωτες περιοχές σχετικά με την κλιματική αλλαγή θεωρούνται η περιοχή της Μεσογείου και οι Αρκτικές περιοχές. Όσο αφορά την Ελλάδα, έχει παρατηρηθεί αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από 2οC. Αυτό θα έχει ως άμεση μελλοντική συνέπεια: α. την αύξηση των άγονων εκτάσεων εις βάρος των θαμνωδών εκτάσεων, β. τη μειωμένη παραγωγικότητα των δασικών περιοχών και την αύξηση εμφάνισης των πυρκαγιών και γ. την ευαλωτότητα των παράκτιων υδροβιότοπων (Διανέοσις, 2017).

2.2 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Η ατμοσφαιρική ρύπανση βλάπτει τόσο την υγεία του ανθρώπου, όσο και το περιβάλλον. Αποτελεί ένα από τα κυριότερα προβλήματα ολόκληρης της Ευρώπης και γενικώς του βόρειου ημισφαιρίου, καθώς σε αυτές τις περιοχές λαμβάνει χώρα το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας βιομηχανικής παραγωγής. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που εκλύονται από την έκαστη εγχώρια παραγωγή μεταφέρονται και επιδεινώνουν ή καθιστούν επικίνδυνη την ποιότητα του αέρα σε μια γειτονική χώρα.

Κύριοι ρύποι-υπεύθυνοι για τις επιπτώσεις στην υγεία είναι τα αιωρούμενα σωματίδια, τα διοξείδιο του αζώτου και το όζον που υπάρχει στην τροπόσφαιρα. Όταν τα άτομα έρχονται σε μακροχρόνια επαφή με αυτούς τους ρύπους, επιβαρύνεται η υγεία του και μπορεί να προκληθεί προσβολή του αναπνευστικού συστήματος έως και πρόωρο θάνατο. Ο Hans Bruyninckx, διευθυντής του ΕΟΠ (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος) έχει πει χαρακτηριστικά: «Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι επιβλαβής για την υγεία μας και τα οικοσυστήματα. Μεγάλο τμήμα του πληθυσμού δεν ζει σε υγιές περιβάλλον, σύμφωνα με τα τρέχοντα πρότυπα. Για μια βιώσιμη πορεία, η Ευρώπη πρέπει να είναι φιλόδοξη και να μην περιορίζεται στις τρέχουσες νομοθετικές ρυθμίσεις».

Εκτός από τις επιπτώσεις που προκαλούνται στην υγεία των ανθρώπων, η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλεί μεγάλες καταστροφές στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα: α. τα ευαίσθητα οικοσυστήματα έχουν υποστεί όξινες εναποθέσεις πλεονάζοντος θείου και αζωτούχων ενώσεων, β. παρατηρούνται ζημιές σε καλλιέργειες λόγω υψηλών συγκεντρώσεων όζοντος, ενώ γ. ο ευτροφισμός σημείωσε πολύ μικρή πρόοδο.

Σύμφωνα με τον ΕΟΠ, οι πηγές της ατμοσφαιρικής ρύπανσης περιλαμβάνουν τόσο ανθρωπογενούς όσο και φυσικής προέλευσης:

- Η καύση των ορυκτών καυσίμων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, βιομηχανία, μεταφορές και νοικοκυριά.

- Η εκτεταμένη χρήση διαλυτών.
- Η γεωργία.
- Η διαχείριση αποβλήτων.
- Οι ηφαιστειογενείς εκρήξεις, η εκνέφωση θαλάσσιου άλατος, οι εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως μακροπρόθεσμο στόχο την επίτευξη επιπέδων ποιότητας του αέρα. Οι δράσεις της Ε.Ε. συναντάται σε πολλαπλά επίπεδα όπως στη νομοθεσία, στη συνεργασία με διεθνείς και εθνικές αρχές καθώς και μέσω της έρευνας. Σε γενικές γραμμές, οι πολιτικές της Ε.Ε. έχουν ως κύριο σκοπό τη μείωση της έκθεσης σε ατμοσφαιρική ρύπανση σε συνδυασμό με τη μείωση των εκπομπών των επικίνδυνων αερίων.

2.3 ΜΟΛΥΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ

Η ρύπανση των υδάτων αποτελεί μία από τις κυριότερες μορφές ρύπανσης του περιβάλλοντος, μαζί με την ατμοσφαιρική, την ηχητική και την αισθητική. Οι κυριότερες μορφές της μόλυνσης των υδάτινων πόρων είναι αυτή των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων. Στα επιφανειακά ύδατα περιλαμβάνονται τα ποτάμια, οι λίμνες και οι ωκεανοί και καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας της Γης. Από την άλλη, τα υπόγεια ύδατα αποτελούν τα «αποθέματα νερού που υπάρχουν σε βάθος, κάτω από ορισμένη στάθμη, σε φυσικές υπόγειες δεξαμενές, πετρώματα, τα οποία είναι διαποτισμένα με νερό» (Tietenberg, 2001).

2.3.1 ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ

Τα υπόγεια ύδατα αποτελούν τη μεγαλύτερη πηγή γλυκού νερού στον υδρολογικό κύκλο, συγκεντρώνοντας το μεγαλύτερο ποσοστό από τα νερά ποταμών, λιμνών και υδροβιότοπων. Η μόλυνση των υπόγειων υδάτων υφίσταται όταν επιβλαβείς ουσίες εισβάλουν σε έναν υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Σε γενικές γραμμές, τα υπόγεια ύδατα είναι καλής ποιότητας λόγω της φυσικής διαδικασίας καθαρισμού και χρειάζονται ελάχιστη παρέμβαση, ώστε να γίνουν καταναλώσιμα από τον άνθρωπο, με εξαίρεση την περίπτωση υψηλής συγκέντρωσης τοξικών ουσιών. Πρέπει να τονιστεί πως τα τοξικά οργανικά χημικά δε διυλίζονται και η διαδικασία απομάκρυνσής τους είναι σχεδόν αδύνατη. Κύριες πηγές για τη μόλυνση των υπόγειων υδροφόρων οριζόντων αποτελούν οι χώροι απόθεσης των βιομηχανικών αποβλήτων, οι χωματερές, τα υγρά κατάλοιπα σε βαθιά φρεάτια, οι διαρροές πετρελαίου και τα παρασιτοκτόνα (Καρβούνης και Γεωργακέλλος, 2003).

Όπως είναι γνωστό, το μεγαλύτερο ποσοστό του πόσιμου νερού στην Ευρώπη προέρχεται από τα υπόγεια ύδατα. Συνεπώς, η ρύπανσή τους αποτελεί μεγάλο πλήγμα. Ακόμα, τα επιφανειακά ύδατα επηρεάζονται άμεσα από τα υπόγεια ύδατα, καθώς τα τροφοδοτούν. Αυτό σημαίνει πως επηρεάζουν και την ποιότητά τους και τα οικοσυστήματα που συνδέονται με αυτά (Tietenberg, 2001).

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί πως σε περίπτωση που ο βαθμός άντληση των υπόγειων υδάτων υπερβαίνει τον βαθμό αναπλήρωσης, τότε προκαλείται ερημοποίηση, αφαλάτωση του νερού και ελάττωση των υδροβιότοπων.

2.3.2 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΔΑΤΑ

Η μόλυνση των επιφανειακών υδάτων εξαρτάται από τους εξής παράγοντες: α. το φυσικό περιβάλλον, όπου περιέχεται η κύρια μάζα του νερού, η λεκάνη απορροής του, δηλαδή οι δραστηριότητες που αλλοιώνουν το περιβάλλον αυτό, όπως τα λιπάσματα ή τα βιομηχανικά απόβλητα που χύνονται σε λίμνες ή ποτάμια και γ. οι ανθρώπινες δραστηριότητες, οι οποίες μολύνουν τα επιφανειακά ύδατα εμμέσως, όπως μέσω της ατμοσφαιρικής μεταφοράς εκπεμπόμενων ουσιών και της απόθεσής τους.

Πιο συγκεκριμένα, οι κύριες πηγές της υδάτινης ρύπανσης αποτελούν οι γεωργικές δραστηριότητες, οι απορροές του νερού από τις καταιγίδες στις αστικές περιοχές, η αποψίλωση των δασικών περιοχών και τα αποχετευτικά συστήματα. Όταν γίνεται αναφορά στις γεωργικές δραστηριότητες, συμπεριλαμβάνονται τα φυτοφάρμακα και τα λιπάσματα. Σχετικά με τις απορροές των καταιγίδων στις αστικές περιοχές, παρατηρείται υψηλή συγκέντρωση μολύβδου. Η αποψίλωση των δασικών περιοχών οδηγεί σε διάβρωση του εδάφους και μείωση της σκίασης που έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της θερμοκρασίας των συνήθως σκιασμένων υδάτινων ρευμάτων. Τέλος, τα αποχετευτικά συστήματα καταλήγουν στα επιφανειακά ύδατα (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα), σε μεγάλο ποσοστό, χωρίς καμία σχεδόν επεξεργασία (Tietenberg, 2001).

Σύμφωνα με την οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, 2008/56/EK του 2008, ως ωκεάνια μόλυνση ορίζεται «η άμεση ή έμμεση εισαγωγή ουσιών ή ενεργειών στο θαλάσσιο περιβάλλον ως αποτέλεσμα ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, μεταξύ των οποίων και ανθρωπογενής υποθαλάσσιος θόρυβος, οι επιπτώσεις του οποίου είναι ή πιθανόν να είναι αρκούντως επιβλαβείς για τους ζωντανούς οργανισμούς και τα θαλάσσια οικοσυστήματα, οδηγώντας ιδίως στην απώλεια βιοποικιλότητας, να θέτουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία, να εμποδίζουν τις θαλάσσιες δραστηριότητες όπως η αλιεία, ο τουρισμός και η αναψυχή καθώς και άλλες θεμιτές χρήσεις της θάλασσας, να υποβαθμίζουν ποιοτικά τη χρήση του θαλάσσιου νερού και να αμαυρώνουν τα θέληγτρα του ή, γενικότερα, να υποβαθμίζουν την αειφόρο χρήση των θαλάσσιων αγαθών και υπηρεσιών» (Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2008).

Σχετικά με τη μόλυνση των θαλάσσιων υδάτων, οι κυριότερες πηγές ρύπανσης είναι οι διαρροές πετρελαίου και η απόρριψη λυμάτων. Χαρακτηριστικές και υποδειγματικές είναι οι προβλεπόμενες ποινές για τους υπαίτιους πρόκλησης διαρροής πετρελαίου στις Η.Π.Α. Πιο συγκεκριμένα, ο υπαίτιος είναι υποχρεωμένος να ειδοποιήσει άμεσα την ακτοφυλακή. Σε περίπτωση μη έγκαιρης ενημέρωσης τιμωρείται με πρόστιμο 10.000\$ ή ακόμα και φυλάκιση ενός έτους. Ακόμα, ο υπαίτιος οφείλει να αναλάβει ο ίδιος τον καθαρισμό της πετρελαιοκηλίδας ή να επωμιστεί το κόστος καθαρισμού της από τις αρμόδιες κρατικές υπηρεσίες. Η μόνη επιτρεπόμενη «ρυπογόνος» δραστηριότητα είναι η απόρριψη λάσπης από εργασίες εκβάθυνσης στις θάλασσες και μόνο εάν υπόκειται σε ειδικές διαδικασίες και κατά περίπτωση (Tietenberg, 2001).

2.4 ΕΡΗΜΟΠΟΙΗΣΗ

Η ερημοποίηση αποτελεί, στη σημερινή εποχή, μία ορατή απειλή για την υποβάθμιση των οικοσυστημάτων των Μεσογειακών χωρών. Χαρακτηριστικό είναι το στοιχείο πως σχεδόν το 1/3 του ελλαδικού χώρου αντιμετωπίζει τον κίνδυνο ερημοποίησης, αν δεν έχει ήδη αρχίσει να ερημοποιείται. Η ερημοποίηση αποτελεί μία φυσική διεργασία και οφείλεται σε συνδυασμό φυσικών-περιβαλλοντικών και ανθρωπογενών παραγόντων, οι οποίοι είτε δρουν μεμονωμένα είτε αλληλοεπηρεάζονται. Η κύρια αιτία της ερημοποίησης είναι η διάβρωση των εδαφών, από την οποία κινδυνεύουν με υποβάθμιση οι λοφώδεις περιοχές, επιφέρει μείωση του βάθους του εδάφους και του διαθέσιμου ύδατος για την ανάπτυξη και επιβίωση όλων των ζωντανών οργανισμών.

Κύριος υπεύθυνος για τη διάβρωση των εδαφών και κατ' επέκταση για την ερημοποίηση είναι ο άνθρωπος, καθώς με τις παρεμβάσεις του επιταχύνει: α. τους ρυθμούς διάβρωσης, β. την υποβάθμιση των φυσικών, βιολογικών και χημικών ιδιοτήτων των φυσικών πόρων, καθώς και την απώλεια της χλωρίδας και πανίδας. Τα μεσογειακά οικοσυστήματα, αν και διαφέρουν μεταξύ τους,

περιλαμβάνουν διαφορετικούς πολιτισμούς και διαφορετικού τύπου ανθρώπινες παρεμβάσεις, μοιράζονται κοινούς παράγοντες που συμβάλλουν στην ερημοποίησή τους. Τέτοιοι παράγοντες είναι οι κλιματικές συνθήκες με τις μεγάλες διακυμάνσεις έντονων βροχοπτώσεων και εποχικών ξηρασιών, το έντονο γεωμορφολογικό ανάγλυφο και την περιορισμένη φυτική κάλυψη. Τέλος, η μεγάλη παρέμβαση στο περιβάλλον, η μείωση του αγροτικού πληθυσμού και η εγκατάλειψη των αγροτικών περιοχών δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για την εξάπλωση του φαινομένου.

Όσο αφορά τον ελλαδικό χώρο, οι περιοχές που εμφανίζουν τον υψηλότερο κίνδυνο ερημοποίησης είναι η δυτική Στερεά Ελλάδα, η Πελοπόννησος, η Κρήτη, τα νησιά του Αιγαίου και η Εύβοια. Όπως προκύπτει μέσα από έρευνες, το 35% περίπου του ελλαδικού χώρου απειλείται με ερημοποίησης. Η κύρια αιτία ερημοποίησης της Ελλάδας, εκτός από την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της, αποτελεί η μεγάλη υψομετρική κλίση του εδάφους της στο μεγαλύτερο μέρος της. Η επιφάνεια του ελλαδικού χώρου παρουσιάζει απότομες υψομετρικές διαφορές που καλύπτουν πάνω από το 50% της επιφάνειάς της. Ως συνέπεια των μεγάλων κλίσεων είναι οι έντονες απορροές των όμβριων υδάτων από τις βροχοπτώσεις και οι έντονες διαβρώσεις λόγω της ήδη ανεπαρκούς φυτοκάλυψης.

Τα οικοσυστήματα της Ελλάδας οδηγούνται στην ερημοποίηση, καθώς καταστροφικές παρεμβάσεις του ανθρώπου στο περιβάλλον υποβαθμίζουν τους φυσικούς πόρους και μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής: α. καταστροφή της φυσικής βλάστησης, β. υποβάθμιση των υδάτινων και γ. εδαφικών πόρων. Η καταστροφή της φυτοκάλυψης συντελείται με τις συνεχείς εκχερσώσεις των δασικών εκτάσεων, τις δασικές πυρκαγιές, την υπερβόσκηση και την άναρχη δόμηση των υπεραστικών περιοχών.

Η ερημοποίηση έχει πολύ σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία, αφού υποβαθμίζοντας τους φυσικούς πόρους, μειώνεται η παραγωγικότητα ενός τόπου, μετατοπίζοντας έτσι τον αγροτικό πληθυσμό σε περιοχές με περισσότερες δυνατότητες απασχόλησης. Ειδικότερα η ερημοποίηση συνεπάγεται τα εξής: «απώλεια της βιο-ποικιλότητας μιας περιοχής, μείωση της παραγωγικότητας του εδάφους, μεταβολή των τοπικών κλιματικών συνθηκών, μείωση της διαθεσιμότητας του γλυκού νερού, αύξηση της συχνότητας και του μεγέθους των πλημμύρων στις κατώτερες περιοχές, ιζηματογένεση των φραγμάτων, μείωση του αγροτικού εισοδήματος, εγκατάλειψη της γης, μετανάστευση του πληθυσμού» (Παυλόπουλος, 2020).

2.5 ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση και τα αρμόδια, για την προστασία του περιβάλλοντος, όργανα προωθούν μέσω ειδικών ρυθμίσεων τη μείωση της συνολικής ποσότητας των αστικών αποβλήτων σε ποσοστό 35%. Στα αστικά απόβλητα, τα λεγόμενα βιοαποικοδομήσιμα αστικά απόβλητα, συγκαταλέγονται, εκτός των άλλων, τα χρησιμοποιημένα μαγειρικά φυτικά έλαια και λίπη, απόβλητα και ληγμένα τρόφιμα από εστιατόρια, σουπερ μάρκετ.

Η ορθολογική διαχείριση των αστικών αποβλήτων θέτει ως κύριους στόχους τα εξής:

- τη μείωση της ποσότητας των αποβλήτων που καταλήγει σε χώρους υγειονομικής ταφής.
- την αύξηση των ποσοτήτων ενέργειας που ανακτώνται από αυτά.
- την αύξηση της κλίμακας λιπασματοποίησής τους.
- την ποσοτική και ποιοτική βελτίωση των διαδικασιών ανακύκλωσης.

Τα οφέλη που προέρχονται από τη διαχείριση των αποβλήτων είναι, αρχικά, οικονομικά, καθώς αναμένεται μείωση του κόστους της διαχείρισης των αποβλήτων, αλλά και κέρδη από την παραγωγή ενέργειας. Επιπλέον, αναμένεται να περιοριστούν τα εμπόδια των δραστηριοτήτων ανακύκλωσης και να αξιοποιηθούν σχετικές δαπάνες υπέρ του περιβάλλοντος, όπως ελάττωση της μόλυνσης των υδάτων, μείωση εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κ.α.

Ακόμα, πρέπει να αναφερθούν οι αρχές από τις οποίες διέπεται η διαχείριση των αποβλήτων, οι οποίες έχουν νομιμοποιηθεί στη σχετική ΚΥΑ (50910). Οι αρχές αυτές είναι οι εξής:

1. Η αρχή της προφύλαξης και πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων, η οποία αποσκοπεί στον περιορισμό του συνολικού όγκου των αποβλήτων και τη μείωση των συνεπειών σε υγεία και περιβάλλον, καθώς και στην ανάκτηση ενέργειας χωρίς ρύπανση του περιβάλλοντος.
2. Η αρχή του «ο υπαίτιος πληρώνει», τονίζοντας την ευθύνη όποιου παράγει τα απόβλητα.
3. Η αρχή της εγγύτητας, δηλαδή τα απόβλητα οδηγούνται στην πλησιέστερη εγκεκριμένη εγκατάσταση επεξεργασίας αποβλήτων.
4. Η αρχή της επανόρθωσης των περιβαλλοντικών ζημιών.

2.5.1 ΣΤΕΡΕΑ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ (ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΡΡΙΜΑΤΑ)

Για την καλύτερη διαχείριση και εκμετάλλευση των αστικών αποβλήτων, η χώρα μας έχει προχωρήσει στη διάκρισή τους ως προς στερεά αστικά απόβλητα(αστικά απορρίμματα) και υγρά αστικά απόβλητα. Σχετικά με τα αστικά απορρίμματα, η μέθοδος που προτείνεται είναι ο διαχωρισμός του σύμμικτου σκουπιδιού και η κομποστοποίηση του οργανικού ζυμώσιμου κλάσματος. Η μέθοδος αυτή χαίρει μεγάλης αποδοχής τόσο από τον επιστημονικό κόσμο, όσο και από τις περιβαλλοντικές οργανώσεις (Greenpeace, WWF κ.α.).

Πριν αναλύσουμε την προτεινόμενη μέθοδο είναι απαραίτητο να γίνει κατανοητό το υπάρχον πρόβλημα της χώρας μας. Κάθε κάτοικος της Ελλάδας παράγει ετησίως περίπου 500 κιλά απορριμμάτων. Κατά την τελευταία δεκαετία, η παραγωγή σκουπιδιών παρουσίασε αύξηση μεγαλύτερη του 40%. Η Ελλάδα παράγει συνολικά 20 εκατ. τόνους απορριμμάτων. Από αυτά, περίπου οι 6.500 τόνοι παράγονται μόνο από τους κατοίκους της Αθήνας (μόνο νοικοκυριά). Ακόμα, από τα απορρίμματα μόνο 17% ανακυκλώνεται και το 2% κομποστοποιείται. Το υπόλοιπο ποσοστό καταλήγει στους ΧΥΤΑ (Χώροι Υγειονομικής Ταφής).

Η πρόταση που έχει διατυπωθεί για το παραπάνω πρόβλημα, όπως προαναφέρθηκε, είναι ο διαχωρισμός του σύμμικτου σκουπιδιού και η κομποστοποίηση του οργανικού ζυμώσιμου κλάσματος. Η επιλογή αυτής της πρότασης έγινε καθώς πρόκειται για μια οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον μέθοδο, σύμφωνη με τις κείμενες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς επίσης παρέχει και οφέλη σε συγγενικούς τομείς, όπως την παραγωγή βιοαερίου για την έπειτα παραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας. Το τελικό προϊόν από την κομποστοποίηση, το λεγόμενο «κομπόστ», είναι ακίνδυνο και παράλληλα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό υλικό, με το οποίο μπορούν να καλυφθούν οι ΧΥΤΑ, χωματερές και λατομεία.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου είναι τα εξής:

- Μικρότερο κόστος, τόσο επενδυτικό όσο και λειτουργικό.

- Η μονάδα επεξεργασίας δύναται να εγκατασταθεί σε μικρή απόσταση από τα σημεία όπου παράγονται τα απόβλητα, συνεπώς υπάρχει μικρότερο κόστος μεταφοράς.
- Απαιτείται μικρός χρόνος κατασκευής.
- Απουσία επικίνδυνων, τοξικών και καρκινογόνων αέριων εκπομπών.
- Απουσία τοξικών στερεών υπολειμμάτων.
- Κοινωνική αποδοχή.
- Εκμετάλλευση τελικού προϊόντος ως εδαφοβελτιωτικό για ανάπτυξη εδαφικών εκτάσεων.

2.5.2 ΥΓΡΑ ΑΣΤΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

Ως υγρά αστικά απόβλητα ορίζονται οι υγρές απορροές κατοικιών, εμπορικών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων, οι οποίες προκύπτουν από τη χρήση του νερού. Ακόμα, είναι πιθανό να περιέχουν υπόγεια, επιφανειακά ή όμβρια ύδατα. Τα υγρά απόβλητα, λοιπόν, παράγονται λόγω της χρήσης νερού σε διάφορες δραστηριότητες.

Τα υγρά απόβλητα προκαλούν οξείδωση στο περιβάλλον, δεσμεύουν και καταναλώνουν το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο, προκαλώντας ανοξικές συνθήκες. Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα τροποποιήσεις, ακόμα και καταστροφή, υδατικών οικοσυστημάτων, καθώς και πρόκληση φαινομένων δυσοσμίας. Μέσα στα λύματα, όπως είναι γνωστό, υπάρχουν αιωρούμενα στερεά, τα οποία δημιουργούν αποθέματα λάσπης, αναερόβιες συνθήκες και το υδατικό περιβάλλον υποβαθμίζεται αισθητικά, ενώ παρεμποδίζεται και η διέλευση του φωτός.

Ακόμα, τα αστικά λύματα είναι υπεύθυνα για τη μετάδοση ασθενειών, καθώς ευνοούν την καρκινογένεση και τις μεταλλάξεις. Ένα σημαντικό κομμάτι της μόλυνσης που προκαλούν τα αστικά λύματα είναι η περιεκτικότητά τους σε βαρέα μέταλλα, τα οποία δεν μπορούν να αποικοδομηθούν, αλλά συσσωρεύονται και απορροφώνται από το έδαφος. Τα βαρέα μέταλλα πρέπει να απομακρύνονται από τα λύματα, κυρίως τα βιομηχανικά, πριν τη διάθεση των αποβλήτων στη κεντρική παροχή ή την επαναχρησιμοποίησή τους.

Τα αστικά λύματα έχουν ορισμένα οργανικά και ανόργανα χαρακτηριστικά. Όσο αφορά τα οργανικά αποτελούνται από πρωτεΐνες (40-60%), υδατάνθρακες (25-50%) και λίπη-έλαια (10%). Σχετικά με τα ανόργανα χαρακτηριστικά: α. το pH απαιτείται να είναι από 6-9 (βασικό), ενώ όταν διαπιστωθεί πως τα απόβλητα είναι όξινα, απαιτείται ρύθμιση για να μπορέσουν να υποστούν επεξεργασία, β. δε θα πρέπει να υπάρχει μεγάλη ποσότητα χλωριδίων, καθώς μπορούν να εμποδίσουν τη βιολογική επεξεργασία, γ. όταν γίνεται αναφορά στην αλκαλικότητα, εννοούμε την αντοχή των υγρών αποβλήτων στις μεταβολές του pH, δ. η ύπαρξη αζώτου, κυρίως ως αμμωνία στα αστικά απόβλητα που δεν έχουν υποστεί επεξεργασία και ε. το θείο, ο φώσφορος και άλλες τοξικές ενώσεις.

Η σημερινή τάση διαχείρισης των αστικών αποβλήτων είναι η επαναχρησιμοποίησή τους, η οποία παίρνει τη μορφή της χρήσης τους ως νερό ψύξης, τη χρήση τους για αναπλήρωση νερών των λεβήτων και γενικώς την αξιοποίησή τους σε διάφορες βιομηχανικές διεργασίες, εξαιρούμενης βέβαια της παραγωγής προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Η επαναχρησιμοποίηση των αστικών υγρών αποβλήτων έχει νομιμοποιηθεί από την ΚΥΑ 14511/2011, στην οποία

καθορίζονται τα μέτρα, οι όροι και οι διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν. Συγκεκριμένα, υπογραμμίζεται η προώθηση της αξιοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων και την εξοικονόμηση των υδάτινων πόρων και η βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου μέσω της τροφοδότησης των υπόγειων υδροφόρων.

Όσο αφορά τα βιομηχανικά υγρά απόβλητα, αυτά διακρίνονται σε:

- Απόβλητα παραγωγικής διαδικασίας, τα οποία εξαρτώνται κυρίως από το είδος της επεξεργασίας.
- Απόβλητα επεξεργασίας πρώτων υλών, τα οποία εξαρτώνται από το είδος των πρώτων υλών.
- Απόβλητα νερού ψύξης, τα οποία εντοπίζονται με υψηλή θερμοκρασία και μεγάλη περιεκτικότητα σε άλατα.
- Απόβλητα επιφανειακής ροής, τα οποία εξαρτώνται από τον τρόπο αποθήκευσης των πρώτων υλών, την ύπαρξη ή μη διάστρωσης του περιβάλλοντα χώρου, το κατάλληλο σύστημα συλλογής όμβριων υδάτων.
- Αστικά λύματα προσωπικού.

Η επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων γίνεται εξ ολοκλήρου σε εγκατάσταση της ίδιας της βιομηχανικής μονάδας και αυτό ώστε να σχεδιαστεί με βάση της ανάγκες της. Σε περίπτωση που δύο ή περισσότερες βιομηχανικές μονάδες στεγάζονται στην ίδια ΒΙΠΕ (Βιομηχανική Περιοχή) και οι ανάγκες τους είναι παρόμοιες μπορούν να έχουν κοινή εγκατάσταση επεξεργασίας των βιομηχανικών τους λυμάτων.

2.6 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

Είναι δεδομένο πως τόσο το κλίμα όσο και οι καιρικές συνθήκες αποτελούν δύο από τους κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία. Συνήθως, όμως, δε δίνεται η αρμόζουσα προσοχή, καθώς τα περισσότερα άτομα πιστεύουν πως η ατομική τους υγεία εξαρτάται από παράγοντες όπως διατροφικές συνήθειες, άσκηση και κληρονομικότητα.

Μέσα από μελέτες και έρευνες που έχουν διεξαχθεί, έχει διαπιστωθεί πως η κλιματική αλλαγή έχει επηρεάσει και επηρεάζει τον ανθρώπινο οργανισμό με άμεσο και έμμεσο τρόπο. Το άτομο έρχεται σε άμεση έκθεση με την κλιματική αλλαγή μέσω των συνεχώς μεταβαλλόμενων καιρικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία, οι βροχοπτώσεις, η στάθμη της θάλασσας και γενικώς τα ακραία καιρικά φαινόμενα, που κάνουν όλο και πιο συχνά την εμφάνισή τους στην επιφάνεια της γης σε όλα τα μήκη και πλάτη του πλανήτη. Σχετικά με την έμμεση έκθεση, αυτή οφείλεται στη χαμηλή ποιότητα νερού, αέρα και φαγητού, καθώς επίσης και στις συντελούμενες αλλαγές στα οικοσυστήματα, στον τρόπο της γεωργικής καλλιέργειας, της βιομηχανικής παραγωγής και της οικονομικής ανάπτυξης. Συνεπώς, η κλιματική αλλαγή συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην αύξηση των ήδη υπάρχουσών ασθενειών, όπως και στη δημιουργία νέων.

Αν μπορούσαμε να εξαγάγουμε ένα γενικό συμπέρασμα από τις μελέτες που έχουν εκπονηθεί και δημοσιευτεί έως τώρα θα λέγαμε πως η κλιματική αλλαγή είναι βασική αιτία για (WHO, 2003):

Αυξημένη θνησιμότητα λόγω αύξησης της θερμοκρασίας.

- Μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης επιδημιών και μεταδοτικών ασθενειών λόγω των πλημμυρών και των ακραίων καιρικών φαινομένων.

- Λοιπές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και «μεταφορά» ασθενειών λόγω της μετακίνησης των πληθυσμών που οφείλεται στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας, ή της μεγαλύτερης συχνότητας εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων.

Σύμφωνα με τις προβλέψεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ), ο συνδυασμός των κλιματικών αλλαγών με την υπερθέρμανση του πλανήτη, θα οδηγήσουν σε σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία. Μέσα από τα επιδημιολογικά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί αποδεικνύεται πως οι πλέον ευάλωτες ομάδες λόγω της κλιματικής αλλαγής είναι:

- Οι ηλικιωμένοι.
- Τα παιδιά.
- Τα άτομα με χρόνια προβλήματα υγείας.
- Οι άνθρωποι στα όρια της φτώχειας, με προβληματική διατροφή, υποσιτισμό και δύσκολη πρόσβαση σε υπηρεσίες υγείας.
- Οι κάτοικοι νησιωτικών και ορεινών περιοχών, λόγω λειψυδρίας.
- Μετανάστες που βιώνουν κοινωνικό αποκλεισμό από την αγορά εργασίας, τις κοινωνικές και υγειονομικές υπηρεσίες.

Η μεγαλύτερη, έως τώρα, προσπάθεια που έχει γίνει σε Ευρωπαϊκό επίπεδο σχετικά με την κλιματική αλλαγή και τις επιπτώσεις της στους διάφορους τομείς της καθημερινότητας, είναι το σχέδιο PESETA (Projection of Economic Impacts of Climate Change in Sectors of the European Union based on Bottom-Up Analysis). Το σχέδιο PESETA χωρίζεται σε δύο χρονικές περιόδους, η πρώτη είναι από το 2011 έως το 2040 και η δεύτερη από το 2071 έως το 2100.

Τα ευρήματα του σχεδίου PESETA έδειξαν τα εξής:

- Στα επόμενα χρόνια θα υπάρχει μια μικρή αύξηση των θανάτων που οφείλονται στη ζέστη. Ο αριθμός εκτιμάται στους 25000 επιπλέον θανάτους τον χρόνο. Όπως είναι φυσικό, η αύξηση αυτή θα είναι ιδιαίτερα σημαντική έως το 2080 (περίπου 105000 επιπλέον θάνατοι τον χρόνο).
- Αυτοί οι αριθμοί θα μπορούσαν να μειωθούν σημαντικά, αν το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού προσαρμοστεί στις νέες συνθήκες, είτε πρακτικά είτε συμπεριφοριστικά.
- Θα μειωθούν οι θάνατοι που προκαλούνται ετησίως από το ψύχος. Αυτή η ένδειξη, όμως, είναι επισφαλής καθώς αναφερόμαστε στο μακρινό μέλλον και ίσως άλλοι παράγοντες να αντιστρέψουν τις μέχρι τώρα προβλέψεις.
- Οι περισσότεροι θάνατοι που θα προκληθούν από τη ζέστη θα καταγραφούν στις Μεσογειακές χώρες, ενώ οι λιγότεροι θάνατοι που θα προκληθούν από το ψύχος αφορούν, κυρίως, τις Σκανδιναβικές χώρες.

- Ακόμα, υπάρχει πρόβλεψη πως θα αυξηθούν σημαντικά τα κρούσματα σαλμονέλας, ως αποτέλεσμα της αύξησης της θερμοκρασίας και άμεσης σύνδεσής της με τα τρόφιμα.

Κλείνοντας, θα πρέπει να αναφέρουμε πως η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1 βαθμό Κελσίου πρόκειται να επιφέρει αύξηση της παγκόσμιας θνησιμότητας κατά 1% - 4%, ενώ συγκεκριμένα για την Ευρώπη, αναμένονται 86000 πρόσθετοι θάνατοι ετησίως σε περίπτωση αύξησης της μέσης θερμοκρασίας της Γης κατά 3 βαθμούς Κελσίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ Η ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Η τρίτη ενότητα έχει σκοπό να παρουσιάσει στους φοιτητές τις βασικές έννοιες της Περιβαλλοντικής Πληροφορικής (Environmental Informatics ή Enviromatics). Η Περιβαλλοντική Πληροφορική αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και υποστηρίζει μεθοδολογικά την χρήση υπολογιστών για την προστασία του περιβάλλοντος. Στο πλαίσιο αυτό, επιστρατεύονται μέθοδοι, τεχνικές και εργαλεία από την Επιστήμη Υπολογιστών για την ανάλυση, υποστήριξη και εδραίωση διαδικασιών επεξεργασίας πληροφορίας που συμβάλλουν στην διερεύνηση, την αποφυγή και τον περιορισμό της υποβάθμισης και της καταστροφής του περιβάλλοντος.

Στα πλαίσια της ενότητας παρουσιάζεται η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης στα πλαίσια έξι κρίσιμων παγκόσμιων προκλήσεων: κλιματική αλλαγή, βιοποικιλότητα και διατήρηση, υγιείς ωκεανοί, ασφάλεια των υδάτινων πόρων, καθαρός αέρας, προσαρμοστικότητα στα καιρικά φαινόμενα και στις καταστροφές.

3.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Η τεχνολογία της πληροφορίας, όπως πολλές άλλες δημιουργίες, έχει αντίκτυπο στην κοινωνία, την οικονομία και το σημαντικότερο, το περιβάλλον. Οι επιπτώσεις που έχει η τεχνολογία της πληροφορίας μπορεί να είναι είτε θετικές είτε αρνητικές και άμεσες ή έμμεσα βλαβερές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Οι επιπτώσεις της Πληροφορικής έχουν ως επί το πλείστο άμεσες επιπτώσεις προς το περιβάλλον. Μεταξύ των επιπτώσεων που βαθμολογούνται ως πρώτης τάξης είναι η κατασκευή πληροφορικής εξοπλισμός όπως υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα, περιφερειακές συσκευές και δορυφόροι. Μέσα σε αυτά τα προϊόντα, υπάρχουν διάφορα πρόσθετα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή εξοπλισμού πληροφορικής. Πλέον, οι διαδικασίες παραγωγής αυτών των εξαρτημάτων ρυπαίνουν το περιβάλλον. Ένα από τα παραδείγματα της ρύπανσης είναι η παραγωγή ημιαγωγών που απελευθερώνουν επικίνδυνα αέρια στην ατμόσφαιρα, όπως αναθυμιάσεις οξέων (Berkhout & Hertin, 2001). Σύμφωνα με τους Hilty και Ruddy (2000) στην εργασία τους με τίτλο «Towards a Sustainable Information Society», μόνο το 2% των υλικών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή προσωπικών υπολογιστών γίνονται μέρη του προϊόντος. Τα υπόλοιπα (98%) απορρίπτονται ως απόβλητα.

Ο δεύτερος άμεσος αντίκτυπος είναι η μεταφορά εξαρτημάτων και προϊόντων πληροφορικής. Τα περισσότερα από τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή εξοπλισμού πληροφορικής προέρχονται από όλο τον κόσμο. Αυτά τα εξαρτήματα εισάγονται σε ένα κέντρο συναρμολόγησης για τη συναρμολόγηση των προϊόντων. Αφού ολοκληρωθεί η παραγωγή, τα τελικά προϊόντα πληροφορικής εξάγονται σε άλλα μέρη. Η διαδικασία μεταφοράς της παραγωγής εξοπλισμού πληροφορικής θα αφήσει ένα σημαντικό αποτύπωμα άνθρακα που βλάπτει το

περιβάλλον. Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό, ο άμεσος αντίκτυπος της πληροφορικής είναι η συνεχώς αυξανόμενη ποσότητα ηλεκτρονικών απορριμμάτων (e-waste) που περιλαμβάνει παλιές και θεωρούμενες απαρχαιωμένες ηλεκτρονικές συσκευές. Η διαχείριση θα οδηγήσει σε ρύπανση λόγω διαρροής μόλυβδου, υδραργύρου και άλλων τοξικών υλικών από τα ηλεκτρονικά απόβλητα στους χώρους υγειονομικής ταφής.

Από την άλλη, οι επιπτώσεις δεύτερης τάξης των ΤΠΕ είναι κυρίως θετικές για το περιβάλλον. Πιθανότατα οφείλεται στο πώς η ανάπτυξη των ΤΠΕ γίνεται για να αυξήσει την οικονομία μέσω της χρήσης της τεχνολογίας της πληροφορίας. Μέσω της χρήσης της πληροφορικής, το κόστος για την ολοκλήρωση αυτών των διαδικασιών μπορεί να μειωθεί σημαντικά. Παρακάτω είναι μερικά λεπτομερή παραδείγματα για το πώς οι ΤΠΕ μπορούν να βελτιώσουν τις διαδικασίες παραγωγής προϊόντων:

- Ευφυείς διαδικασίες παραγωγής: Μέσω προσεκτικού σχεδιασμού παραγωγής με τη βοήθεια υπολογιστή εγκαταστάσεις και ακριβής έλεγχος των εργασιών κατά την παραγωγή που κατέστη δυνατός από εκτεταμένες αισθητήρες και αυτοματοποιημένα χειριστήρια.
- Έξυπνος σχεδιασμός και λειτουργία προϊόντων: ενεργοποιείται από προσομοιώσεις με τη βοήθεια υπολογιστή της απόδοσης του προϊόντος έχουν ως αποτέλεσμα «ελαφρύτερα» προϊόντα που χρησιμοποιούν λιγότερα υλικά για την κατασκευή τους λειτουργούν πιο αποτελεσματικά· αποτελεσματικοί αισθητήρες και χειριστήρια διασφαλίζουν ότι οι υπηρεσίες/λειτουργίες είναι παραδίδονται αποτελεσματικά όταν και όπου απαιτούνται.
- Αναδιοργάνωση των αλυσίδων εφοδιασμού και της επιχειρηματικής οργάνωσης: Το ηλεκτρονικό εμπόριο οδηγεί στην κλείσιμο καταστημάτων λιανικής, πιο αποτελεσματική προμήθεια αποθεμάτων και διαχείριση αλυσίδας και η άνοδος της τηλεργασίας.

Η διαδικασία της ηλεκτρονικής υλοποίησης: Η αντικατάσταση των υλικών αγαθών από τα άυλα υπηρεσίες (για παράδειγμα, αγορά ηλεκτρονικών βιβλίων αντί βιβλίου ή αγορά μουσικής διαδικτυακά και όχι μουσικά CD).

3.2 Η ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Είναι γεγονός πως η παγκόσμια ανάπτυξη και η περιβαλλοντική κατάσταση γίνονται όλο και πιο επικίνδυνες και κρίσιμες. Οι παράγοντες που τις καθοδηγούν είναι η ανεξέλεγκτη αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού σε συνδυασμό με την αύξηση της κατανάλωσης στις ανεπτυγμένες χώρες. Και οι δύο τάσεις θεωρήθηκαν σε όλη την ιστορία ως ομόφωνα θετικές. Η προστασία του περιβάλλοντος μας εξακολουθεί να είναι μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις στις βιομηχανοποιημένες κοινωνίες μας. Αυτή η πρόκληση αφορά την πολιτική, την οικονομία, τους πολίτες καθώς και τα τεχνολογικά αποτελέσματα. Είναι σαφές ότι τα διάφορα προβλήματα και η προστασία του περιβάλλοντος, ο περιβαλλοντικός σχεδιασμός, η έρευνα και η μηχανική μπορούν να επιλυθούν μόνο με βάση μια ολοκληρωμένη και αξιόπιστη βάση πληροφοριών. Η κατάσταση και η δυναμική του περιβάλλοντος περιγράφονται από βιολογικά, φυσικά, χημικά, γεωλογικά, μετεωρολογικά και κοινωνικοοικονομικά δεδομένα. Αυτά τα δεδομένα εξαρτώνται από τον χρόνο και τον χώρο και αφορούν την προηγούμενη ή την τρέχουσα κατάσταση. Η επεξεργασία αυτών των δεδομένων και η παραγωγή ουσιαστικών πληροφοριών για το περιβάλλον σχετικά με τους παράγοντες πίεσης και τους μηχανισμούς αμοιβαίας επιρροής είναι θεμελιώδεις για κάθε είδους περιβαλλοντικό σχεδιασμό και προληπτικά μέτρα (Page B. & Wohlgemuth V., 2010).

Η αιεφόρος ανάπτυξη είναι μια σημαντική έννοια. Ωστόσο, είναι δύσκολο να λειτουργήσει και να γίνει συγκεκριμένο. Μάλλον θα βρεθούμε αντιμέτωποι με αρκετά περίπλοκα αντεπιχειρήματα και μπορεί να συμβεί -όπως έχει συμβεί τόσο συχνά στο παρελθόν- η ασυντόνιστη εξέλιξη να οδηγήσει στην πραγματικότητα σε μια κατάσταση πραγμάτων που δεν είναι αποδεκτή από κανέναν. Δεν είναι καθόλου σαφές τι μπορεί να γίνει για να βοηθήσει στην καταπολέμηση μιας τόσο αρνητικής εξέλιξης. Σίγουρα οι πληροφορίες θα είναι μια πολύ κρίσιμη πηγή για την αλλαγή στάσεων και για να γίνουν δυνατές αποφασιστικές πολιτικές ενέργειες (Friend , 1991). Οι ακόλουθες τάσεις στην επεξεργασία περιβαλλοντικών πληροφοριών είναι κρίσιμες από αυτή την άποψη (Radermacher, 1994; Hilty, 1994): περιβαλλοντική παρακολούθηση μέσω τηλεπισκόπησης και σύζευξη ροών δεδομένων από όλο τον κόσμο, πολιτική ανταλλαγής και ενσωμάτωσης περιβαλλοντικών πληροφοριών πέρα από πολιτικά και οργανωτικά όρια, προηγμένες τεχνικές ανάλυσης δεδομένων, μετατόπιση της εστίασης από τα δεδομένα στη δυναμική δομή του συστήματος, βιομηχανικές εφαρμογές επεξεργασίας περιβαλλοντικών πληροφοριών, με στόχο την υψηλότερη οικολογική απόδοση του οικονομικού συστήματος. Από τη μία πλευρά, οι προηγμένες εφαρμογές υπολογιστών παίζουν προφανώς πρωταγωνιστικό ρόλο σε αυτές τις εξελίξεις. Από την άλλη πλευρά, το αυξανόμενο πεδίο της επεξεργασίας περιβαλλοντικών πληροφοριών αποτελεί μεγάλη πρόκληση για τις μεθοδολογίες της επιστήμης των υπολογιστών και τις εφαρμογές τους. Από αυτή τη διαδικασία αμοιβαίας διέγερσης, προέκυψε ένας νέος κλάδος, γνωστός ως περιβαλλοντική πληροφορική.

Η περιβαλλοντική πληροφορική είναι η επιστήμη των πληροφοριών που εφαρμόζεται στην περιβαλλοντική επιστήμη. Ως εκ τούτου, παρέχει την υποδομή επεξεργασίας πληροφοριών και επικοινωνίας στο διεπιστημονικό πεδίο της περιβαλλοντικής επιστήμης με στόχο την ενοποίηση δεδομένων, πληροφοριών και γνώσεων, την εφαρμογή της υπολογιστικής νοημοσύνης σε περιβαλλοντικά δεδομένα καθώς και τον εντοπισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της Πληροφορικής. Το Συμβούλιο έρευνας φυσικού περιβάλλοντος του Ηνωμένου Βασιλείου ορίζει την περιβαλλοντική πληροφορική ως *«έρευνα και ανάπτυξη συστημάτων που εστιάζει στις περιβαλλοντικές επιστήμες που σχετίζονται με τη δημιουργία, συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία, μοντελοποίηση, ερμηνεία, εμφάνιση και διάδοση δεδομένων και πληροφοριών»*. Η περιβαλλοντική πληροφορική εμφανίστηκε στις αρχές του 1990 και στην Κεντρική Ευρώπη.

Με τον όρο περιβαλλοντικές πληροφορίες, εννοούμε δεδομένα σχετικά με την κατάσταση της πρώτης βιόσφαιρας και τις διαδικασίες που την επηρεάζουν. Οι περιβαλλοντικές πληροφορίες διαφέρουν από τις γενικές πληροφορίες στο ότι η διάστασή τους περιλαμβάνει πάντα χώρο και χρόνο και η σωστή ερμηνεία τους απαιτεί σημαντικό επιστημονικό πλαίσιο (Frew J. & Dozier J., 2012). Το πρώτο σχήμα περιγράφει την ενοποιητική δομή μεταξύ της μοντελοποίησης περιβαλλοντικών συστημάτων, της περιβαλλοντικής παρακολούθησης και μέτρησης και της περιβαλλοντικής πληροφορικής.

Μια σχεδόν ανάλογη κατάσταση παρατηρείται σήμερα σε ό,τι αφορά τον περιβαλλοντικό τομέα, που οδηγεί στη διαμόρφωση της περιβαλλοντικής πληροφορικής. Ωστόσο, κατ' αναλογία με την ιατρική πληροφορική δεν ισχύει απόλυτα, αφού ο περιβαλλοντικός τομέας είναι από μόνος του ένα διεπιστημονικό ερευνητικό πεδίο. Ενσωματώνει γνώσεις από τη φυσική, τη χημεία, τη βιολογία, την οικολογία, την κοινωνιολογία, τα οικονομικά, τη διαχείριση, τη δημόσια διοίκηση, το δίκαιο, την ιατρική και άλλους κλάδους. Ως εκ τούτου, μια ειδική ευθύνη ανήκει στην περιβαλλοντική πληροφορική, καθώς παρέχει την υποδομή επεξεργασίας πληροφοριών και επικοινωνίας σε αυτό το διεπιστημονικό πεδίο. Ένα σημαντικό και δύσκολο έργο για την περιβαλλοντική πληροφορική είναι να χρησιμεύσει ως καταλύτης για την ενοποίηση δεδομένων, πληροφοριών και γνώσεων από διάφορες πηγές στον περιβαλλοντικό τομέα:

- Η ενοποίηση δεδομένων σημαίνει υπέρβαση της ετερογένειας που προκαλείται από την ποικιλία των λειτουργικών συστημάτων και των συστημάτων βάσεων δεδομένων, των μορφών δεδομένων και των συμβάσεων τεκμηρίωσης, των διεπαφών προγραμμάτων και των εργαλείων λογισμικού που χρησιμοποιούνται σε διαφορετικούς οργανισμούς και κλάδους.

- Η ολοκλήρωση πληροφοριών σημαίνει να επιτραπεί η ουσιαστική ερμηνεία των δεδομένων σε διαφορετικά οργανωτικά και πειθαρχικά πλαίσια.
- Η ενσωμάτωση της γνώσης είναι ένας μακροπρόθεσμος στόχος που στοχεύει στη συμβατότητα των εννοιολογικών πλαισίων διαφορετικών κλάδων και παραδόσεων.

Η περιβαλλοντική πληροφορική μετράει από τη δεκαετία του ογδόντα. Στη Γερμανία, αυτό τεκμηριώνεται από τα πρακτικά του ετήσιου συνεδρίου που διοργανώνονται από την ομάδα εργασίας «Πληροφορική και Προστασία του Περιβάλλοντος» και τη Γερμανική Ένωση Πληροφορικής (Gesellschaft für Informatik e. V., GI) από το 1987. Αυτά τα συνέδρια και ορισμένα πρόσθετα Εργαστήρια έχουν αποφέρει έναν αυξανόμενο αριθμό συμμετεχόντων, έργων και δημοσιεύσεων (Iaesckhe, 1989; Pillmann, 1990; Schwabl,; Hilty, 1994). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η περιβαλλοντική πληροφορική δεν διερευνά μόνο τα πιθανά οφέλη της πληροφορικής στην επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων, αλλά εξετάζει επίσης τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις της Πληροφορικής (Rolf, 1992; Hilty, 1994). Σήμερα, η περιβαλλοντική πληροφορική αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της Εφαρμοσμένης Πληροφορικής. Παρέχει μεθοδολογική υποστήριξη για εφαρμογές υπολογιστών στην προστασία του περιβάλλοντος συνδυάζοντας προηγμένα ερευνητικά πεδία όπως συστήματα βάσεων δεδομένων, συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών, μοντελοποίηση και προσομοίωση, γραφικά υπολογιστών, διεπαφές χρήστη, νευρωνικά δίκτυα, επεξεργασία γνώσης και ενοποίηση συστημάτων.

Πρόσφατες τάσεις (Malla, 2015):

- Περιβαλλοντική παρακολούθηση μέσω τηλεπισκόπησης και συνδυασμού ροών δεδομένων από όλο τον κόσμο.
- Μια πολιτική που μοιράζεται και ενσωματώνει περιβαλλοντικές πληροφορίες πέρα από πολιτικά, τεχνικά και οργανωτικά όρια, κάνοντας ευρεία χρήση της τεχνολογίας του Διαδικτύου.
- Προηγμένες τεχνικές ανάλυσης δεδομένων βάσης μοντέλων, μετατόπιση της εστίας από δομές δυναμικών συστημάτων δεδομένων, βιομηχανικές εφαρμογές επεξεργασίας περιβαλλοντικών πληροφοριών, με στόχο την υψηλότερη οικολογική απόδοση του οικονομικού συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

4.1 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

Σύμφωνα με το πρώτο κοινοτικό πρόγραμμα δράσης για το περιβάλλον, ο ορισμός που του δόθηκε είναι «*το σύνολο των στοιχείων που συγκροτούν και οι σχέσεις, το πλαίσιο, τα μέσα και οι συνθήκες ζωής του ανθρώπου και της κοινωνίας*» (Ακριβοπούλου, 2010). Η αλληλεπίδραση ανθρώπου - περιβάλλοντος αποτελεί μια φυσική διεργασία, καθώς ο άνθρωπος καθ' όλη τη διάρκεια της εξέλιξής του προσαρμόζεται σε αυτό, ώστε να μπορεί να επιβιώσει, ενώ παράλληλα προσπαθεί να προσαρμόσει το περιβάλλον για να ανταποκρίνεται στις ανάγκες του.

Ένας άλλος όρος που πρέπει να αποσαφηνίσουμε είναι αυτός της «προστασίας του περιβάλλοντος», με τον οποίο νοείται «το σύνολο των ενεργειών που έχουν ως στόχο την πρόληψη της υποβάθμισης του περιβάλλοντος ή την αποκατάσταση, βελτίωση ή διατήρησή του».

Σχετικά με την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, θεωρήθηκε ως πρωταρχικής σημασίας η περιβαλλοντική εκπαίδευση, δηλαδή η ανάπτυξη φιλοπεριβαλλοντικών στάσεων των ατόμων για την επίτευξη των στόχων της προστασίας του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, «η περιβαλλοντική εκπαίδευση δύναται να βοηθήσει άτομα και κοινωνικές ομάδες να αποκτήσουν ένα σύνολο αξιών και αισθημάτων ενδιαφέροντος για το περιβάλλον και το κίνητρο για ενεργό συμμετοχή στη βελτίωση και την προστασία του» (Unesco, 1978).

Όσο αφορά τον ευρωπαϊκό χώρο, η Προστασία του Περιβάλλοντος έχει αναχθεί τις τελευταίες δεκαετίες ως μείζον ζήτημα, που απαιτεί συλλογική προσπάθεια με κοινό προσανατολισμό. Η Ε.Ε. προχώρησε σε πολλαπλές ρυθμίσεις και έκδοση οδηγιών για την καθοδήγηση των κρατών μελών προς αυτή την κατεύθυνση, καθώς και υπήρξε πολλές αποφάσεις του Ευρωπαϊκού δικαστηρίου που επέβαλε ποινές σε κράτη μέλη για την ολιγωρία ή αδιαφορία τους.

Ενδεικτικά, το 1972 στο Παρίσι υπογράφηκε η πρώτη περιβαλλοντική ευρωπαϊκή Σύμβαση για την εξασφάλιση της Παγκόσμιας Πολιτιστικής και Φυσικής κληρονομιάς. Το 1975 στο Ελσίνκι υπογράφηκε η σύμβαση για τη συνεργασία στην Ευρώπη για τα θέματα περιβάλλοντος, ενώ το 1983 στη Βέρνη υπογράφηκε η σύμβαση όπου το κάθε κράτος έπρεπε να θέσει σε εφαρμογή τις νομοθετικές οδηγίες της Ε.Ε. για τη διατήρηση της χλωρίδας και της πανίδας. Η ελληνική πλευρά δεν ικανοποίησε τις προσδοκίες της Ε.Ε., καθώς δεν τήρησε τις οδηγίες και παραπέμφθηκε στο Ευρωπαϊκό Δικαστήριο. Κάποιες φορές, μάλιστα, κρίθηκε πως είχε παραβιάσει τις οδηγίες.

Συνεχίζοντας, πρέπει να υπογραμμιστεί το Πρωτόκολλο του Κιότο, που υπογράφηκε το 1997 και σε αυτό καταγράφεται η ανάγκη μείωσης των εκπομπών των αερίων τουλάχιστον 5% έως το 2012. Το 2001, στο Γκαίτενμποργκ στη Σουηδία παρουσιάζεται μελέτη για την Ευρωπαϊκή στρατηγική Βιώσιμης ανάπτυξης με έμφαση στην περιβαλλοντική προστασία. Το 2007 Η Ε.Ε. δεσμεύει τα κράτη μέλη για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% έως το 2020. Σήμερα, οι Ευρωπαϊκές οδηγίες που σχετίζονται με το περιβάλλον είναι πάνω από 400 και αναφέρονται σε όλα τα επίπεδα της ανθρώπινης δραστηριότητας που σχετίζονται με το φυσικό περιβάλλον, την ατμόσφαιρά, τα απόβλητα κ.λπ. Επιπλέον, το Ευρωπαϊκό Δικαστήριο απαιτεί την άμεση εφαρμογή όσων έχουν αποφασιστεί για να στηριχθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η περιβαλλοντική νομοθεσία.

Σχετικά με την ελληνική νομοθεσία, αποτέλεσε καινοτομία η εισαγωγή του άρθρου 24 στο ελληνικό Σύνταγμα όπου κατοχυρώνεται η προστασία του περιβάλλοντος. Έκτοτε, έχουν εκδοθεί πληθώρα νομοθετικών διαταγμάτων, υπουργικών αποφάσεων και εγκυκλίων όπου προβλέπεται η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος σε συνδυασμό με τον πολεοδομικό και χωροταξικό σχεδιασμό, ενώ κάθε παρανομία τιμωρείται.

Επιπλέον, πρέπει να αναφερθεί πως για την εξασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος έχουν υιοθετηθεί πρότυπα ISO. Ένα δημοφιλές πρότυπο είναι το ISO 9000, το οποίο επιφέρει τα αναμενόμενα αποτελέσματα στις επιχειρήσεις. Το πιο σημαντικό όμως πρότυπο αποτελεί το ISO 14001:2004, βασικό του σημείο είναι ο τρόπος αντιμετώπισης και βελτίωσης των ρυπογόνων ουσιών των βιομηχανικών προϊόντων και η ανταπόκριση στις ευρωπαϊκές οδηγίες για την εξασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος. Ακόμα, έχουν εκδοθεί πρότυπα ISO (14010, 14011, 14012) περιβαλλοντικής διαχείρισης, επιθεώρησης και αξιολόγησης, η υιοθέτηση των οποίων μπορεί να επιφέρει τα εξής:

- Εξασφάλιση περιβαλλοντικής προστασίας μέσω ελάττωσης χρήσης των περιβαλλοντικών πόρων.
- Ανάπτυξη ικανοτήτων στους εργαζομένους για ανταπόκριση αναγκών της εκάστοτε επιχείρησης με την ταυτόχρονη προστασία του περιβάλλοντος.

- Ανταγωνιστική επιχείρηση μέσω των διεθνών προτύπων.
- Επανασχεδιασμός για επαναχρησιμοποιούμενα προϊόντα.
- Μη εφαρμογή ευρωπαϊκής οδηγίας σημαίνει και πληρωμή αντίστοιχης εισφοράς.
- Συμμόρφωση με διεθνή, ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, για να επιτευχθούν τόσο η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος όσο και η διατήρηση της βιωσιμότητάς του προϋποτίθεται ο περιορισμός των περιβαλλοντικών προβλημάτων στο σύνολό τους, καθώς και η πιστή εφαρμογή της περιβαλλοντικής νομοθεσίας σε διεθνές, ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο. Σε αυτό συμβάλλουν οργανισμοί και Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις που στοχεύουν στην ευαισθητοποίηση και τις δράσεις πάνω σε περιβαλλοντικά προβλήματα. Ακόμα, σημαντική είναι η αξία των επιστημονικών μελετών και των αποτελεσμάτων τους με την απαραίτητη διάχυσή τους, καθώς μέσω αυτών μπορεί να δημιουργηθεί πρόσφορο έδαφος για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Συμπερασματικά, στη σύγχρονη εποχή της 4^{ης} βιομηχανικής επανάστασης, η πληροφορική αποκτά πρωταγωνιστικό ρόλο και συνδέεται άρρηκτα με τις μελέτες του φυσικού περιβάλλοντος ξεκινώντας από τις μετρήσεις, τη συλλογή στοιχείων, τη διαχείριση και την ανάλυσή τους μέχρι τις εκτιμήσεις- προβλέψεις και την οπτικοποίηση τόσο της αρχικής όσο και της τελικής επεξεργασμένης πληροφορίας. Στα πλαίσια, λοιπόν, της περιβαλλοντικής πληροφορικής έχουν αναπτυχθεί πακέτα επεξεργασίας δεδομένων με τη χρήση κλασικών και σύγχρονων αλγορίθμων για την ανάπτυξη λογισμικών και εφαρμογών όπως τα περιβαλλοντικά δίκτυα μετρήσεων, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, η Δορυφορική Τηλεσκοπήση και τα περιβαλλοντικά μοντέλα.

4.2 ΤΥΠΟΛΟΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα συστημάτων επεξεργασίας περιβαλλοντικών πληροφοριών που μπορούν να διαφοροποιηθούν με βάση τη φύση των προς επεξεργασία πληροφοριών. Αυτό περιλαμβάνει τα συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου, τα συμβατικά πληροφοριακά συστήματα, τα υπολογιστικά συστήματα αξιολόγησης και ανάλυσης, τα συστήματα ανάλυσης και εξομοίωσης, τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, τα δίκτυα και όργανα μετρήσεων, τα ολοκληρωμένα περιβαλλοντικά πληροφοριακά συστήματα, τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (ΓΣΠ), τη δορυφορική τηλεπισκόπηση, και τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα.

4.2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Τα Συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου αποτελούν τη βάση των συστημάτων της περιβαλλοντικής διαχείρισης και οι κύριοι πάροχοι πρωτογενών πληροφοριών. Τέτοια συστήματα είναι το σύστημα παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης του λεκανοπεδίου της Αττικής, τα δίκτυα παρακολούθησης εκπομπών μιας βιομηχανικής μονάδας, τα δίκτυα παρακολούθησης της ρύπανσης ενός ποταμού, πηγών ή υπόγειων υδάτων, τα δίκτυα παρακολούθησης των λυμάτων κ.λπ. Στη σημερινή εποχή η διαδικασία καταγραφής και αποστολής των δεδομένων αυτοματοποιείται και αποστέλλονται σε κεντρικό υπολογιστικό σύστημα, όπου γίνεται, αρχικά, πρωτογενής έλεγχος ποιότητας και έπειτα αποθηκεύονται για περαιτέρω επεξεργασία.

Η ιδιαιτερότητα που παρουσιάζουν τα περιβαλλοντικά συστήματα είναι η ασάφεια της πρωτογενούς πληροφορίας, μεγάλη συνθετότητα, η οποία είναι ανάλογη με τη χαμηλή αξιοπιστία των αισθητήρων οργάνων, η δυσκολία της πιστοποίησης της πληροφορίας και η ανάγκη χρήσης μεθόδων σύντηξης πληροφορίας από πολλαπλές πηγές. Τόσο τα χαρακτηριστικά όσο και η αρχιτεκτονική του συστήματος καθορίζονται από το εύρος της γεωγραφικής περιοχής που καλύπτεται από το δίκτυο, ο όγκος της καταγραφόμενης πληροφορίας, καθώς και η συχνότητα καταγραφής.

4.2.2 ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα συμβατικά συστήματα πληροφοριών είναι συστήματα εισαγωγής, αποθήκευσης, δόμησης, ολοκλήρωσης, ανάκτησης και παρουσίασης διαφόρων ειδών περιβαλλοντικών πληροφοριών όπως ακατέργαστα δεδομένα μετρήσεων, περιγραφές περιβάλλοντος όπως γεωγραφικά αντικείμενα ή χημικές ουσίες, καθώς και επίσημες, ημιτυπικές και άτυπα έγγραφα, όπως περιβαλλοντικοί κανονισμοί ή βιβλιογραφικές αναφορές. Οι ειδικές και χρονικές πτυχές παίζουν συχνά σημαντικό ρόλο στη διαχείριση αυτού του είδους των πληροφοριών. Διάφορα είδη εργαλείων λογισμικού, συμπεριλαμβανομένων συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών, συστημάτων υπερμέσων κ.λπ., είναι απαραίτητα για την αντιμετώπιση αυτών των απαιτήσεων.

4.2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

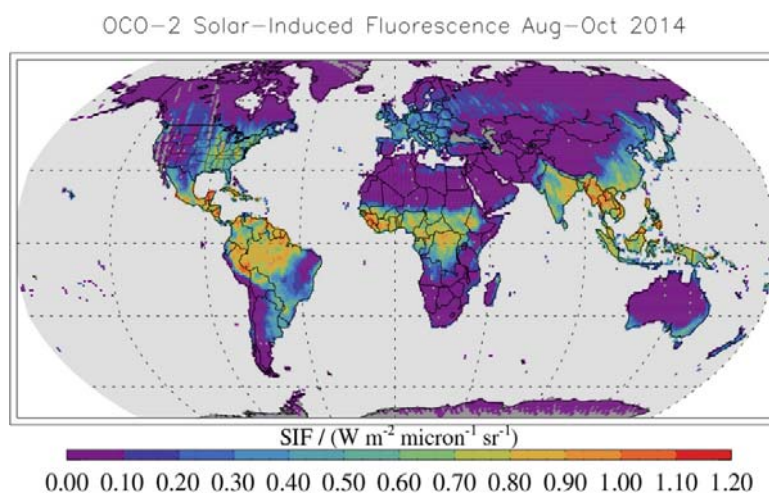
Ο υπολογισμός συστημάτων αξιολόγησης και ανάλυσης Υποστήριξη επεξεργασίας περιβαλλοντικών δεδομένων με χρήση πολύπλοκων μεθόδων μαθηματικής-στατιστικής ανάλυσης και τεχνικών μοντελοποίησης. Αυτό περιλαμβάνει την προσομοίωση διαφόρων περιβαλλοντικών σεναρίων. Πιθανές επιπτώσεις αυτών των συστημάτων είναι ο εντοπισμός πιθανών αιτιών περιβαλλοντικών επιπτώσεων ή η εξαγωγή πιθανών επιπτώσεων διαφορετικών μέτρων σχεδιασμού π.χ. αιτιώδη μοντέλα στα αποτελέσματα ζημιών στα δάση ή προβλέψεις των νόμων εκπομπών για τις υπερωρίες και την περιοχή.

4.2.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΟΜΟΙΩΣΗΣ

Η ανάπτυξη και η εφαρμογή συστημάτων εξομοίωσης και ανάλυσης απαιτούν την ύπαρξη πληροφορικής και υπολογιστών στο περιβάλλον από τα πρώτα της βήματα. Η ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων, για παράδειγμα η διασπορά σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, απαιτεί μαθηματική προσέγγιση, έχει επιχειρηθεί επί σειρά ετών και έχει αποδώσει εργαλεία χρήσιμα σε ερευνητές και μελετητές του περιβάλλοντος. Τα μαθηματικά μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη και κατανόηση σχετικών φαινομένων αφού αυτά έχουν ήδη συμβεί και οι τιμές επιλεγμένων παραμέτρων (διαγνωστικά μοντέλα), έχουν καταγραφεί. Επίσης, τα μοντέλα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προβλέψουν την εξέλιξη των περιβαλλοντικών δεικτών, με βάση υποθέσεις για την εξέλιξη σχετικών παραμέτρων και αρχικές συνθήκες (προγνωστικά μοντέλα).

Όσο αυξάνονται οι δυνατότητες της υπολογιστικής ισχύος και αποθηκευτικού χώρου των υπολογιστών, έχει επιτραπεί η χρήση των εργαλείων αυτών σε πραγματικό χρόνο, αλλά επιπλέον έχει επιτραπεί η χρήση όλο και πιο σύνθετων μοντέλων τα οποία προσεγγίζουν ακριβέστερα τα σύνθετα φαινόμενα που παρατηρούνται. Επιπροσθέτως, οι προηγμένες δυνατότητες χρήσης γραφικών στα σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα έχουν επιτρέψει στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με αυτά, έχοντας ως αποτέλεσμα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμα και από μη εξειδικευμένο προσωπικό.

Σίγουρα μια σημαντική προϋπόθεση για την αποτελεσματική λειτουργία αυτών των συστημάτων είναι η ύπαρξη σημαντικού όγκου αξιόπιστων πληροφοριών σχετικά με ορισμένους προαπαιτούμενους δείκτες. Για παράδειγμα, η μελέτη της διασποράς ενός αερίου προϋποθέτει την ύπαρξη αξιόπιστων τιμών του πεδίου ανέμου για το διάστημα προσομοίωσης και λεπτομερής καταγραφή της συμπεριφοράς των πηγών εκπομπών. Αυτή η συνθήκη δεν είναι πάντα εύκολο να ικανοποιηθεί. Έτσι οι μελετητές των φαινομένων καταφεύγουν συχνά σε μοντέλα που βασίζονται σε άλλες τεχνικές όπως στατιστικά μοντέλα, νευρωνικά δίκτυα ή τεχνικές που βασίζονται στη γνώση (έμπειρα συστήματα (expert systems), δέντρα αποφάσεων (decision trees) και άλλες επαγωγικές τεχνικές (induction techniques), περιπτώσιακά συστήματα (case based systems)) τα οποία είναι δομημένα βασισμένα κυρίως σε εμπειρικούς κανόνες ερευνητών και συμπεράσματα που προέρχονται από ανάλυση καταγεγραμμένων ιστορικών πληροφοριών. Ο συνδυασμός μαθηματικών και εμπειρικών μοντέλων έχει επικρατήσει και ξεπεράστηκαν οι αδυναμίες των διαφορετικών προσεγγίσεων.



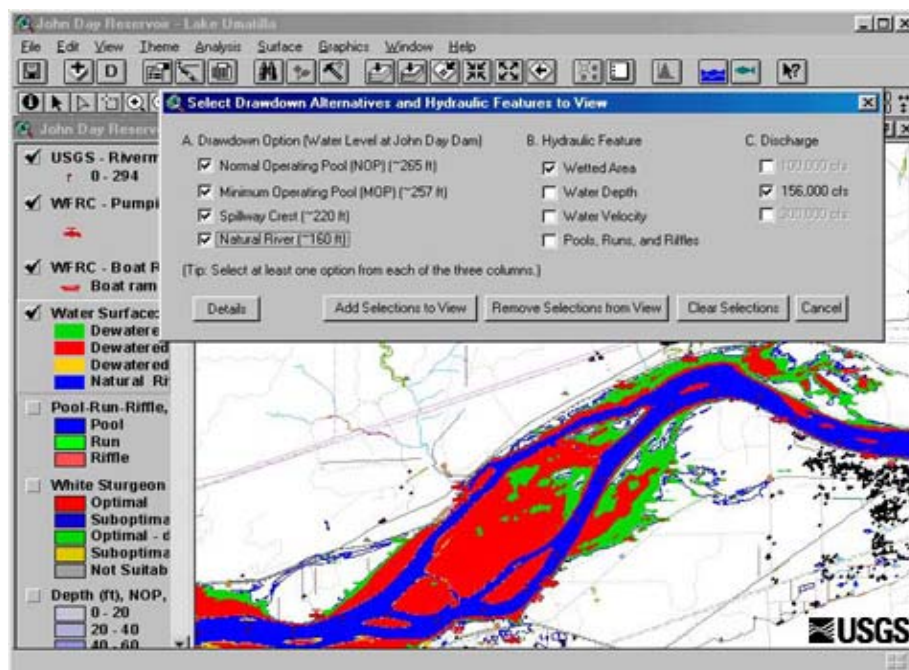
Εικόνα 13: Παγκόσμιος χάρτης φωτοσύνθεσης

4.2.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Μια άλλη κατηγορία εφαρμογών πληροφορικής είναι η ανάπτυξη συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων (decision support systems). Αυτά τα συστήματα περιέχουν κωδικοποιημένα κριτήρια για την αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων και την αιτιολόγηση περιβαλλοντικών αποφάσεων. Οι περιπτώσεις εφαρμογής τέτοιων συστημάτων είναι η υποστήριξη αποφάσεων στα πλαίσια των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η διαχείριση επικίνδυνων ουσιών, η διαχείριση λυμάτων, οι αποφάσεις στο πλαίσιο των οχλουσών βιομηχανιών έτσι ώστε το αποτέλεσμα για το περιβάλλον να είναι το λιγότερο επιβλαβές.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται συχνότερα σε αυτή την κατηγορία εφαρμογών είναι ο γραμμικός προγραμματισμός και άλλες τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας, έμπειρα συστήματα, δέντρα αποφάσεων, τεχνικές επαγωγικής εκμάθησης κ.λπ.

Η ανάπτυξη αυτών των τεχνικών είναι απαραίτητη, όπως και οι αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν για το περιβάλλον πρέπει να βασίζονται σε ολοένα και πιο περίπλοκα κριτήρια, κανονισμούς και γνώσεις, με αποτέλεσμα να γίνεται όλο και πιο δύσκολο για τους ειδικούς να κατακτήσουν στο σύνολό τη γνώση και να την λάβουν υπόψη τους όταν απαιτείται. Γι' αυτό η ύπαρξη εργαλείων υποστήριξης αποφάσεων μπορεί να λειτουργήσει ως παράγοντας ορθολογισμού και αντικειμενικότητας στη διαδικασία λήψης αυτών των αποφάσεων.



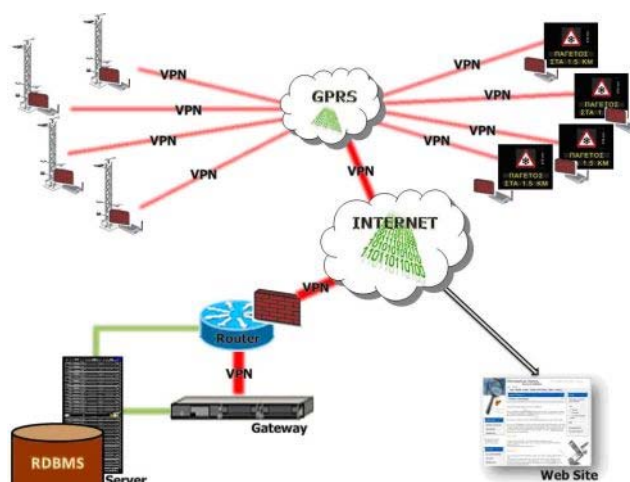
Εικόνα 14: Παράδειγμα ενός Συστήματος υποστήριξης λήψης αποφάσεων για το John Day Dam

4.2.6 ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Σύμφωνα με τους ορισμούς της Περιβαλλοντικής Πληροφορικής, σε αυτήν συμπεριλαμβάνεται και ο τρόπος λειτουργίας των δικτύων από αισθητήρες και τα όργανα που χρησιμοποιούνται για να μετρούνται, να αποθηκεύονται και να αναλύονται οι παράμετροι που σχετίζονται με το περιβάλλον. Στην περίπτωση των δικτύων μέτρησης, η πληροφορική βοηθά στην άμεση σύνδεση της επικοινωνίας των αισθητήρων με κεντρικές μονάδες υπολογιστών, οι οποίες μπορούν να επεξεργάζονται τις πληροφορίες. Η ταχεία ανάπτυξη των υπολογιστικών συστημάτων, των ασύρματων επικοινωνιών και των μικροσυσκευών δίνει ώθηση στον επιστημονικό κλάδο των Περιβαλλοντικών δικτύων μέτρησης. Ακόμα, τα τελευταία χρόνια η παροχή των πραγματικών μετρήσεων συνεισφέρουν στη δημιουργία πολλών περιβαλλοντικών μοντέλων, τα οποία οδηγούν με τη σειρά τους σε εκτιμήσεις διαφόρων παραμέτρων. Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα απεικονίζονται οι αρχές λειτουργίας των περιβαλλοντικών δικτύων μετρήσεων.

4.2.7 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα ολοκληρωμένα συστήματα περιβαλλοντικών πληροφοριών δεν μπορούν να συσχετιστούν μοναδικά με τους τύπους συστημάτων που αναφέρονται παραπάνω, καθώς αποτελούνται από υπηρεσίες πολλαπλών στοιχείων που εξυπηρετούν διάφορους σκοπούς. Αναμένεται ότι τα ολοκληρωμένα περιβαλλοντικά συστήματα πληροφοριών θα σχεδιάζονται όλο και περισσότερο ως κατανεμημένα συστήματα. Η ενσωμάτωση διαφόρων εννοιών για την επεξεργασία πληροφοριών, που απαιτείται για την κατασκευή αυτού του είδους συστημάτων, αποτελεί ιδιαίτερη πρόκληση για την εφαρμοσμένη πληροφορική, με παρόμοια σημασία με άλλα πεδία εφαρμογών.



Εικόνα 15: Πληροφοριακό Σύστημα Ενημέρωσης Καιρικών Συνθηκών

4.2.8 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (ΓΣΠ)

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών ανήκουν στην ομάδα των Περιβαλλοντικών Πληροφοριακών Συστημάτων τα οποία είναι συστήματα καταχώρησης και διαχείρισης μεγάλου όγκου περιβαλλοντικής πληροφορίας και προέρχονται από συστήματα καταγραφής και μετρήσεων (online & offline) τα οποία με τη σειρά τους περιλαμβάνουν επιπλέον περιβαλλοντικές πληροφορίες, όπως νόμους, γεωγραφική πληροφορία κ.λπ., πάντα σε ηλεκτρονική μορφή. Τα ΠΠΣ είναι ιεραρχικά δομημένα και περιέχουν βάσεις δεδομένων ειδικού σκοπού, όπως είναι τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS).

Πριν επεξηγηθεί η λειτουργία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών απαιτείται η ανάλυση του όρου. Όταν γίνεται λόγος για Σύστημα Πληροφοριών εννοείται το σύνολο των αλληλένδετων λειτουργιών που συντελούν στη συλλογή, την αποθήκευση και την ανάλυση δεδομένων. Ο όρος γεωγραφικά προστέθηκε, καθώς περιλαμβάνει το σύνολο των στοιχείων που βοηθούν την απεικόνιση γεωγραφικών δεδομένων, με άλλα λόγια αναφέρονται σε δραστηριότητες και συμβάντα τα οποία ορίζονται στον χώρο ως σημεία, γραμμές ή επιφάνειες.

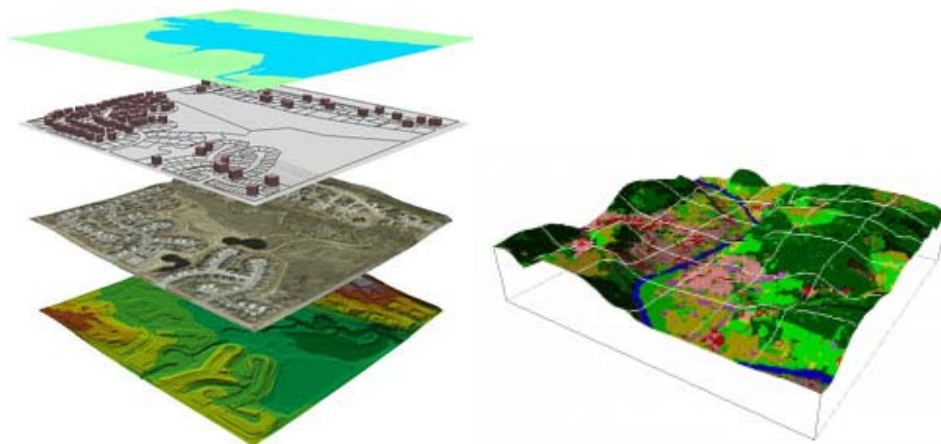
Συνεπώς, ο όρος Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) ή Geographical Information Systems (GIS) αναφέρεται στα συστήματα τα οποία συλλέγουν και επεξεργάζονται γεωγραφικά και μη στοιχεία, όπως οικονομικές, δημογραφικές και βιολογικές πληροφορίες και με βάση αυτά προβαίνουν στη λήψη αποφάσεων και στην επίλυση διαφόρων θεμάτων. Η παραπάνω διαδικασία γίνεται μέσω των ηλεκτρονικών υπολογιστών, οι οποίοι επιπρόσθετα στον εξοπλισμό και το λογισμικό, χρησιμοποιούν ειδικές συσκευές και ένα σύστημα επικοινωνιών για τη σύνδεση του συνόλου των δεδομένων μεταξύ τους αλλά και για τη δημιουργία χαρτών.

Τα ΓΣΠ μπορούν να χαρακτηριστούν, ανάλογα με τον σκοπό τους, σε σύνολο εργαλείων, βάση δεδομένων ή αναπτυσσόμενο σύστημα σύμφωνα με τις ανάγκες ενός οργανισμού. Όταν θεωρούνται σύνολο εργαλείων χρησιμοποιούνται «για τη συλλογή, την αποθήκευση, τον μετασχηματισμό και την παρουσίαση στοιχείων και γεγονότων που συμβαίνουν σε ένα γεωγραφικό χώρο για έναν συγκεκριμένο σκοπό». Από την άλλη, ως βάση δεδομένων, είναι ένα σύνολο λογισμικών όπου οπτικοποιούνται γεωμετρικές πληροφορίες με ταυτόχρονη εκτέλεση των κατάλληλων υπολογισμών. Τέλος, όταν τα ΓΠΣ αναπτύσσονται στο εσωτερικό ενός οργανισμού τότε αποτελούν ένα σύστημα λήψης αποφάσεων όπου γίνεται η διαχείριση γεωγραφικών πληροφοριών με σκοπό την επίλυση ενός ή περισσότερων προβλημάτων.

Τα δομικά στοιχεία των ΓΠΣ είναι τα εξής: ο υλικός εξοπλισμός (hardware), το λογισμικό (software), τα δεδομένα, το ανθρώπινο δυναμικό και οι μέθοδοι εφαρμογής. Όλα είναι αλληλένδετα με σημαντικό και μοναδικό ρόλο για την ορθή ανάπτυξη και λειτουργία ενός ΓΠΣ.

Για να λειτουργήσει ένα ΓΠΣ περνά από πέντε (5) διακριτά στάδια ή φάσεις: α. εισαγωγή δεδομένων, β. αποθήκευση, γ. μετασχηματισμός, δ. παρουσίαση – εξαγωγή δεδομένων και ε. αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Στο πρώτο στάδιο της εισαγωγής των δεδομένων γίνεται ψηφιοποίηση των υπαρχόντων δεδομένων τα οποία είναι συνήθως χωρικά δεδομένα- χάρτες από αεροφωτογραφίες ή τηλεπισκόπηση. Στη συνέχεια, αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων όπου όλα τα χαρακτηριστικά συνδέονται με οργανωμένο και δομημένο τρόπο. Έπειτα, κατά τη μετατροπή των δεδομένων γίνεται επεξεργασία και έλεγχος για να διορθωθούν τυχόν λάθη, ενημερώνεται η βάση με τα νέα δεδομένα και γίνονται αλλαγές στην κλίμακα, την προβολή ή το σύστημα συντεταγμένων. Ακόμα, σε αυτό το στάδιο αναλύονται δεδομένα χρησιμοποιώντας λογικές εκφράσεις, καθώς και υπολογίζονται οι επιφάνειες και οι περιμέτροι. Κατά την παρουσίαση, τα αποτελέσματα εξάγονται με τη μορφή διαγραμμάτων, χαρτών ή πινάκων είτε με ψηφιακό είτε με αναλογικό τόπο, σε οθόνη υπολογιστή, σε εκτυπωτή ή σε αυτόματους σχεδιαστές. Τέλος, στα πιο σύγχρονα λογισμικά μπορούν να δημιουργηθούν προγράμματα όπου ο χρήστης αλληλοεπιδρά με την εφαρμογή και την προσαρμόζει στις δικές του ατομικές ανάγκες.

Η λειτουργία των ΓΠΣ στηρίζεται σε βάση δεδομένων όπου αποθηκεύεται πλήθος πληροφοριών προερχόμενες από διαφορετικά θεματικά επίπεδα. Τα δεδομένα μπορεί να είναι είτε χωρικά είτε περιγραφικά. Και στις δύο περιπτώσεις, προϋπόθεση είναι να αναφέρονται στην ίδια γεωγραφική περιοχή. Η μεταξύ τους συσχέτιση γίνεται μέσω γεωγραφικών συντεταγμένων δύο διαστάσεων. Το λογισμικό των ΓΠΣ κάνει τις κατάλληλες συσχετίσεις ανάμεσα στα διαφορετικά θεματικά επίπεδα και τα απεικονίζει σε μορφή χαρτών με συνδυασμένες πληροφορίες. Τα χαρακτηριστικά των χαρτών που αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων διακρίνονται στη γεωγραφική πληροφορία, την προβολή πάνω στην οποία εκφράζεται και στις ιδιότητες του χαρακτηριστικού.



Εικόνα 16: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Τα ΓΠΣ έχουν πολλές δυνατότητες και οι χρήσεις τους από διάφορους οργανισμούς και επιχειρήσεις ποικίλλουν. Κάποιες χαρακτηριστικές χρήσεις τους είναι οι εξής:

- Η δημιουργία ψηφιακών δυναμικών τοπογραφικών χαρτών, οι οποίοι ενημερώνονται γρήγορα και εύκολα μέσω της διαχείρισής τους σε ηλεκτρονική μορφή.
- Η δημιουργία χαρτών με τρισδιάστατη απεικόνιση και ανάγλυφο έδαφος.
- Η οπτική απεικόνιση δεδομένων πάνω σε χάρτες και η παραγωγή γραφημάτων σχετικά με αυτά.
- Ο σχεδιασμός, η ανάλυση και η διαχείριση δικτύων.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω, τα ΓΠΣ χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση διαδικασιών και την επίλυση προβλημάτων. Στη σημερινή εποχή η χρήση τους αφορά ένα μεγάλο εύρος τομέων της καθημερινής ζωής, όπως κυβέρνηση, εκπαίδευση, επιστήμες, έρευνες φυσικών πόρων κ.λπ. Στον παρακάτω πίνακα αναγράφονται κάποια πεδία, τα οποία συνηθίζουν την εφαρμογή των ΓΠΣ.

Πίνακας 1: Πεδία εφαρμογής των ΓΠΣ

Γεωλογία	Δασοπονία	Γεωπονία
Έργα σχεδιασμού	Χαρτογραφία	Αρχιτεκτονική
Ωκεανογραφία	Έργα ανάπτυξης & κατασκευαστικά έργα	Αεροπλοΐα
Ταχυδρομικές υπηρεσίες	Δίκτυα μεταφοράς ενέργειας	Διαχείριση φυσικών καταστροφών
Αστυνόμευση	Διαχείριση επικίνδυνων υλικών	Εγκληματολογική έρευνα
Κτηματολόγιο	Πολιτικό σχεδιασμός	Αρχαιολογία
Τηλεπικοινωνίες	Εξυπηρέτηση πολιτών	Επιδημιολογία
Διαχείριση φυσικών καταστροφών	Υποδομές αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών	Διαχείριση πωλήσεων

4.2.9 ΔΟΥΡΥΦΟΡΙΚΗ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Η διαστημική τεχνολογία μέσω της ραγδαίας και ταχύτατης προόδου βοήθησε στη δημιουργία εξελιγμένων δορυφορικών συστημάτων τηλεπισκόπησης, τα οποία παρέχουν εικόνες υψηλής ανάλυσης με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται σε πολλούς κλάδους της επιστήμης, ανάμεσα των οποίων είναι και οι περιβαλλοντικές επιστήμες. Αποτελεί ένα εξαιρετικά σημαντικό εργαλείο, καθώς μέσω της τηλεπισκόπησης, μπορούν να μελετώνται οι μεταβολές που συμβαίνουν στο περιβάλλον.

Προκειμένου να διεξαχθεί μια ολοκληρωμένη μελέτη βασισμένη στις δορυφορικές εικόνες, απαιτείται προεπεξεργασία η οποία περιλαμβάνει διαδικασίες για μείωση θορύβου, την αντιπροσωπευτικότητα των περιοχών σε σχέση με την πραγματικότητα κ.α. Η προεπεξεργασία των δορυφορικών εικόνων διακρίνεται στις εξής κατηγορίες: α. γεωμετρικές διορθώσεις και β. ραδιομετρικές διορθώσεις.



Εικόνα 17: Δορυφορική εικόνα γεωμετρικής διόρθωσης



Εικόνα 18: Δορυφορική εικόνα ραδιομετρικής διόρθωσης

Σήμερα, τα δορυφορικά όργανα μπορούν να καταγράφουν πληθώρα περιβαλλοντικών παραμέτρων σχετικά με την ατμόσφαιρα, την επιφάνεια της Γης και το υδάτινο περιβάλλον.

4.2.10 ΤΕΧΝΗΤΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα, που ονομάζονται ακριβέστερα μοντέλα σύνδεσης, έχουν τη δυνατότητα να μαθαίνουν ένα περιορισμένο εύρος εργασιών αντί να προγραμματίζονται. Στην περιβαλλοντική πληροφορική, είναι χρήσιμα ως μέσο για την αναγνώριση προτύπων σε μεγάλα σύνολα δεδομένων.

4.3 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Η τεχνολογία των πληροφοριών έχει καταστεί απολύτως απαραίτητη για τη σύγχρονη περιβαλλοντική διαχείριση και προστασία για την παροχή των απαιτούμενων περιβαλλοντικών πληροφοριών στο κατάλληλο επίπεδο λεπτομέρειας, πληρότητας, ακρίβειας και ταχύτητας. Ωστόσο, οι Εφαρμογές Υπολογιστών και η Περιβαλλοντική Διαχείριση και προστασία, συχνά στερούνται καλής εννοιολογικής και επιστημονικής βάσης. Αυτό σίγουρα δεν είναι μόνο μια επιστήμη των υπολογιστών, αλλά ένα διεπιστημονικό έργο όπου πολλοί επιστημονικοί κλάδοι πρέπει να συνεισφέρουν, για παράδειγμα, γεωγραφικές και βιοεπιστήμες, μηχανική περιβάλλοντος, οικονομία και δίκαιο, τεχνολογία μέτρησης, διοικητικές επιστήμες.

Ωστόσο, η επιστήμη των υπολογιστών ή πιο συγκεκριμένα η πληροφορική ως η επιστήμη της θεμελιώδους μεθοδολογίας της επεξεργασίας πληροφοριών και γνώσης, των εφαρμογών και των επιπτώσεων της έχει την ικανότητα - και επομένως πρέπει να αναλάβει την ευθύνη - να διαδραματίσει κεντρικό ρόλο σε αυτή τη διεπιστημονική ερευνητική διαδικασία. Η εφαρμοσμένη πληροφορική ή η εφαρμοσμένη επιστήμη των υπολογιστών, αντίστοιχα, δεν μπορούν να παρέχουν μόνο τον αριθμό των καθιερωμένων τεχνικών και εργαλείων, αλλά μπορούν επίσης να προωθήσουν την επέκταση της δικής τους μεθοδολογίας χρησιμοποιώντας τις σύνθετες και πολλαπλές περιβαλλοντικές προβληματικές περιοχές ως ένα απαιτητικό πεδίο δοκιμών για εφαρμογή και έρευνα προσανατολισμένη στις δημόσιες ανάγκες.

4.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

4.4.1 ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Η περιβαλλοντική πληροφορική ενδιαφέρει ανθρώπους, οργανισμούς και ιδρύματα που ασχολούνται με την προστασία και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων σε τοπική, περιφερειακή και πλανητική κλίμακα. Η περιβαλλοντική μοντελοποίηση με τη βοήθεια υπολογιστή μπορεί να βοηθήσει τους επιστήμονες να αναπτύξουν μακροπρόθεσμες προβλέψεις για τον καιρό και το κλίμα. Παραδείγματα περιλαμβάνουν πρόβλεψη ξηρασίας, πρόβλεψη του αναμενόμενου χρόνου και έκτασης φαινομένων όπως το El Nino και η La Nina και εκτιμήσεις για την έκταση και τις επιπτώσεις της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Η περιβαλλοντική πληροφορική μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στη μεταγενέστερη διαχείριση περιβαλλοντικών καταστροφών, για τη διαχείριση της αστικής ανάπτυξης και της ανάπτυξης και για την παροχή συμβουλών στην κυβέρνηση σχετικά με τον σχεδιασμό και την εφαρμογή πολιτικής.

Η τηλεπισκόπηση έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως ως πηγή περιβαλλοντικών πληροφοριών για οικολογική έρευνα. Για παράδειγμα, σε σχέση με τη βιοποικιλότητα, οι μελέτες συχνά επιδίωξαν να αντλήσουν πληροφορίες και μεταβλητές όπως ο πλούτος των ειδών και να προσπαθήσουν να διευκολύνουν τις δραστηριότητες παρακολούθησης της βιοποικιλότητας. Το τελευταίο μπορεί να προκύψει χρησιμοποιώντας μια άμεση σχέση μεταξύ ενός μέτρου βιοποικιλότητας και της απόκρισης από απόσταση, συχνά με τη μορφή ενός δείκτη βλάστησης. Πράγματι, πολλές μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει δεδομένα που καλύπτονται από τη γη, συχνά ως υποκατάστατο για δεδομένα σχετικά με τον τύπο του οικοτόπου, και συχνά εκμεταλλεύονται την εύρυθμη διάσταση της τηλεπισκόπησης για την παρακολούθηση της δυναμικής της κάλυψης γης. Η τηλεπισκόπηση και το ΓΠΣ έχουν τη δυνατότητα να συμβάλλουν σημαντικά στη διατήρηση της βιοποικιλότητας. Μπορούν, για παράδειγμα, να βοηθήσουν στην ιεράρχηση των υποψήφιων τοποθεσιών για νέα αποθέματα.



Εικόνα 19: Μοντελοποίηση οικοσυστημάτων γλυκού νερού



Εικόνα 20: Χάρτης πρόβλεψης μέσω καιρικών συνθηκών

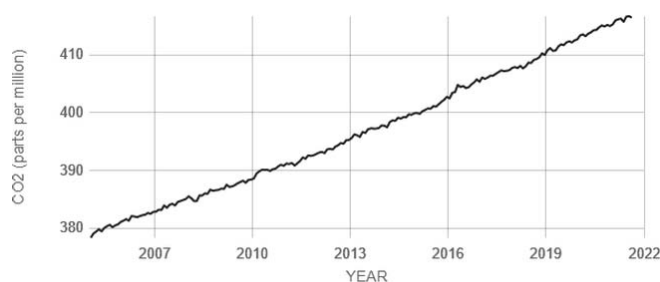
4.4.2 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Στη συνέχεια, παρουσιάζουμε έξι (6) σημαντικά επιτεύγματα στην ανακάλυψη βάσει δεδομένων, όπου ανακαλύφθηκαν ή διευκρινίστηκαν σημαντικές περιβαλλοντικές γνώσεις. Παραδείγματα προέρχονται από την ατμοσφαιρική επιστήμη, την ωκεανογραφία, την αειφορία, την οικολογία και την υδρολογία. Οι τρεις πρώτες - συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) της ατμόσφαιρας, η

καταστροφή του όζοντος και η δομή του Ρεύματος του Κόλπου - απεικονίζουν περιπτώσεις όπου η εξέταση των δεδομένων οδήγησε σε σημαντικές και εκπληκτικές γνώσεις για το περιβάλλον μας. Οι τρεις τελευταίοι - δείκτες βιωσιμότητας στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής και οι χωρικές κατανομές της εξατμισοδιαπνοής και του χιονιού - απεικονίζουν προβλήματα που μόλις αρχίζουν να επιλύονται και που απαιτούν έννοιες και τεχνικές από την περιβαλλοντική πληροφορική.

A. Αυξανόμενες συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας

Η καμπύλη Keeling, ίσως το πιο αναγνωρίσιμο γράφημα στην περιβαλλοντική επιστήμη, δείχνει την καταγραφή των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων CO₂ που ξεκίνησε ο Charles David Keeling το 1958 στο Mauna Loa στη Χαβάη (Keeling, 1961). Μέσα σε λίγα χρόνια, οι συνεχείς μετρήσεις από το Mauna Loa έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις CO₂ διέφεραν εποχιακά ως απόκριση στη φωτοσύνθεση και την αναπνοή, αλλά - μαζί με τις ταυτόχρονες μετρήσεις από τον Νότιο Πόλο - έδειξαν σαφώς μια ανοδική τάση. Αν αντ' αυτού είχε μετρηθεί το CO₂ από παγκόσμιες περιοδικές έρευνες, στοιχεία για την τάση θα είχαν προκύψει μόνο μετά από δεκαετίες. Η ιστορία παρέχει ένα πολύτιμο παράδειγμα ανακάλυψης που βασίζεται σε δεδομένα, σημαντικά οφέλη από πολύ προσεκτικές μετρήσεις και τη σημασία της μάθησης από μακροπρόθεσμες συνεχείς παρατηρήσεις της Γης (Keeling, 1998).



Source: climate.nasa.gov

Διάγραμμα 1: Απεικόνιση σε διάγραμμα η συκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα

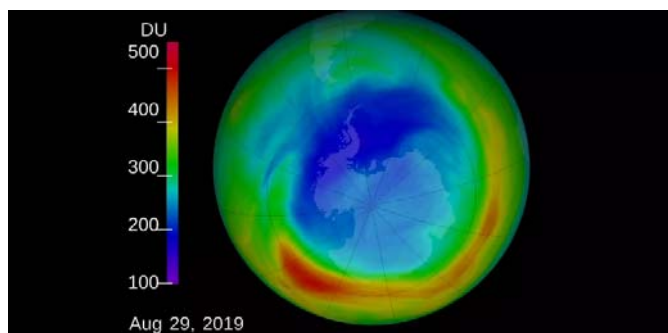
Σε ένα δοκίμιο για την πενήντα επέτειο των μετρήσεων Mauna Loa, ο γιος του David, Ralph Keeling, θρηνούσε για τις δυσκολίες στην υποστήριξη μακροπρόθεσμων μετρήσεων παρά τη θεμελιώδη σχέση τους με την κατανόηση της παγκόσμιας αλλαγής. Επεσήμανε επίσης ότι η προσπάθεια μέτρησης του CO₂ οδηγήθηκε από την περιέργεια και όχι από μια συγκεκριμένη υπόθεση: «Μια συνεχής πρόκληση για τις μακροπρόθεσμες παρατηρήσεις της Γης είναι η προκατάληψη κατά της επιστήμης που δεν στοχεύει άμεσα στη δοκιμή υποθέσεων. Σε μια εποχή που ο πλανήτης προωθείται από την ανθρώπινη δράση σε ένα άλλο κλιματικό καθεστώς με ανυπολόγιστο κοινωνικό και περιβαλλοντικό κόστος, δεν μπορούμε να αντέξουμε οικονομικά μια τόσο άκαμπτη άποψη για το επιστημονικό εγχείρημα. Ο μόνος τρόπος για να καταλάβουμε τι συμβαίνει στον πλανήτη μας είναι να το μετρήσουμε με παγκόσμιες περιοδικές έρευνες, τα στοιχεία για την τάση θα είχαν προκύψει μόνο μετά από δεκαετίες. Η ιστορία παρέχει ένα πολύτιμο παράδειγμα ανακάλυψης που βασίζεται σε δεδομένα, σημαντικά οφέλη από πολύ προσεκτικές μετρήσεις και τη σημασία της μάθησης από μακροπρόθεσμες συνεχείς παρατηρήσεις της Γης» (Keeling, 2008).

B. Η τρύπα του όζοντος της Ανταρκτικής

Η ιστορία της καταστροφής του όζοντος δείχνει πώς τα εργαστηριακά πειράματα, οι επιφανειακές παρατηρήσεις, και πολλά δορυφορικά δεδομένα οδήγησαν στην αναγνώριση του καταστροφικού ρόλου για το όζον των ανθρωπογενών ενώσεων που περιέχουν αλογόνο. Το 1974, ο F. Sherwood Rowland και ο μεταδιδακτορικός συνεργάτης του Mario J. Molina (Molina & Rowland, 1974; Rowland, 1996) δημοσίευσαν μια εργαστηριακή μελέτη που αποδεικνύει ότι οι χλωροφθοράνθρακες, μια κατηγορία αλογονανθράκων, μειώνουν καταλυτικά το σχηματισμό όζοντος της στρατόσφαιρας σε περιβάλλον υπεριώδους φωτός. Οι Stolarski & Cicerone (1974) ανακάλυψαν επίσης την ίδια αλυσίδα χημικών αντιδράσεων. Οι Rowland & Molina προέβλεψαν ότι η συνεχιζόμενη διαρροή χλωροφθορανθράκων στην ατμόσφαιρα θα μείωνε σοβαρά τις συγκεντρώσεις του όζοντος.

Αν και οι αλογονάνθρακες σύντομα εξαλείφθηκαν σε μεγάλο βαθμό ως προωθητικά μέσα σπρέι αεροζόλ, η βιομηχανία πάλεψε την απαγόρευσή τους ως ψυκτικά και άλλες εφαρμογές. Το 1984, παρατηρήσεις πεδίου και δορυφόρου αποκάλυψαν το μέγεθος και την έκταση της καταστροφής του όζοντος. Η τρύπα του όζοντος της Ανταρκτικής εντοπίστηκε για πρώτη φορά σε μετρήσεις υπεριώδους ακτινοβολίας που κοιτάζει προς τα πάνω από το Βρετανικό ερευνητικό κέντρο Ανταρκτικής (Farman, Gardiner & Shanklin, 1985) και την εξέταση δεδομένων από το φασματόμετρο συνολικής χαρτογράφησης του όζοντος (TOMS) και αεροσκάφη επιβεβαίωσαν την ηπειρωτική κλίμακα της τρύπας του όζοντος, την ετήσια εμφάνισή της την αυστραλιανή άνοιξη που ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και το σταδιακά αυξανόμενο μέγεθός της (Solomon, 1962).

Αυτό το απροσδόκητο μέγεθος στην εξάντληση του όζοντος και το μέγεθος της τρύπας του όζοντος υποδηλώνουν ότι η στρατόσφαιρα εξακολουθεί να επιφυλάσσει εκπλήξεις. Μεταγενέστερες μετρήσεις από διάφορους δορυφόρους εντόπισαν συγκεντρώσεις ιχνοειδών που οδηγούν ή καταλύουν την καταστροφή του όζοντος. Το χλώριο από τη διάσπαση των χλωροφθορανθράκων σχηματίζει σχετικά αδρανές υδροχλωρικό οξύ, το οποίο αντιδρά στην επιφάνεια των κρυστάλλων πάγου στα πολικά στρατοσφαιρικά σύννεφα, τα οποία επίσης ανακαλύφθηκαν από δορυφορικές παρατηρήσεις, για να παράγει μονοξειδίο του χλωρίου που καταστρέφει καταλυτικά το όζον. Οι δορυφορικές παρατηρήσεις επιβεβαίωσαν επίσης την παρουσία μονοξειδίου του βρωμίου, το οποίο εμπλέκεται σε αντιδράσεις που είναι ακόμη πιο καταστροφικές για το όζον της στρατόσφαιρας.



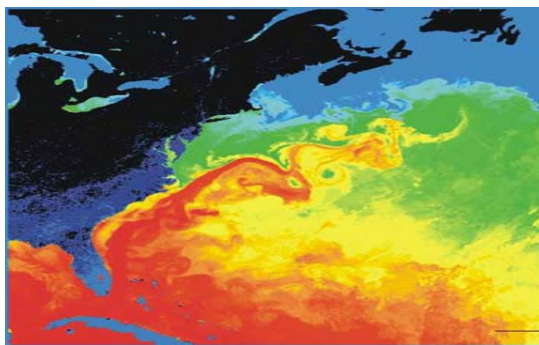
Εικόνα 21: Η τρύπα του όζοντος πάνω από την Ανταρκτική, όπως καταγράφηκε το 2019

Οι δορυφορικές παρατηρήσεις συνεχίζουν να παρακολουθούν το μέγεθος και το βάθος της τρύπας του όζοντος της Ανταρκτικής και τις πιο λεπτές, αλλά επικίνδυνες απώλειες όζοντος σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Πρόσφατες δορυφορικές παρατηρήσεις δείχνουν μείωση των αλογονανθράκων και την προφανή αρχή της ανάκτησης του όζοντος, αυξάνοντας την εμπιστοσύνη ότι το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ επιτυγχάνει πράγματι τον στόχο του (Natl Res Counc., 1996; Gille, 2008).

Γ. Το Ρεύμα του Κόλπου και οι δακτύλιοι του θερμού πυρήνα

Στον απομακρυσμένο ανοιχτό ωκεανό, οι παρατηρήσεις από πλοία, σηματοδούρες και αισθητήρες παρασύρσεως δεν μπορούν να επιλύσουν τη χρονική και χωρική μεταβλητότητα που είναι απαραίτητη για την κατανόηση της δυναμικής φύσης του ωκεανού. Οι παρατηρήσεις από δορυφόρους παρείχαν τα πρώτα παγκοσμίως διαθέσιμα δεδομένα.

Ένα παράδειγμα ανακάλυψης βάσει δεδομένων είναι ο ακριβής χαρακτηρισμός του Ρεύματος του Κόλπου για το οποίο οι προηγούμενες εντατικές επιτόπιες παρατηρήσεις απέτυχαν να αποκαλύψουν τη σωστή δομή. Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας από δορυφορικές παρατηρήσεις αποκάλυψαν πληροφορίες για τη δομή της κυκλοφορίας και επίσης παρείχε λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τη μεταφορά θερμότητας στον ωκεανό (Natl. Res. Council, 2007). Με βάση τις μετρήσεις από πλοία, οι ωκεανογράφοι υπέθεσαν ότι το Ρεύμα του Κόλπου περιλάμβανε πολλαπλά ρεύματα και τα δεδομένα των πλοίων δεν μπορούσαν να διακρίνουν διάφορες ερμηνείες (Stommel, 1972). Ωστόσο, στη δεκαετία του 1970, η συνοπτική άποψη που παρέχεται από δορυφορικές θερμικές υπέρυθρες εικόνες από το ραδιόμετρο προηγμένης πολύ υψηλής ανάλυσης της Εθνικής Υπηρεσίας Ωκεανών και Ατμόσφαιρας των ΗΠΑ έδειξε ότι το Ρεύμα του Κόλπου ήταν ένα νήμα, μεταγενέστερη μελέτη αποκάλυψε μια μεταβαλλόμενη, ελικοειδή διαδρομή με διαχρονική μεταβλητότητα (Lee & Cornillon, 1995).



Εικόνα 22: Θερμική απεικόνιση του Ρεύματος του Κόλπου του Μεξικό

Εκτός από την αποκάλυψη της βασικής δομής του ίδιου του Ρεύματος του Κόλπου, οι δορυφορικές μετρήσεις της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας οδήγησαν στην ανακάλυψη δακτυλίων θερμού πυρήνα, που σχηματίζονται μεταξύ της υφαλοκρηπίδας της Βόρειας Αμερικής και του Ρεύματος του Κόλπου με το διαχωρισμό ενός βορρά εκτεινόμενου ελίσσομα. Οι φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες του πυρήνα αυτών των δινών, διαμέτρου 100–200 km, είναι συχνά παρόμοιες με εκείνες της μητρικής υδάτινης μάζας του, της Θάλασσας των Σαργασσών. Σημαντικές αλλαγές στη δομή του δακτυλίου μπορεί να συμβούν σε περιόδους τόσο σύντομες όσο 2 έως 5 ημέρες, όταν η αλληλεπίδραση με το Ρεύμα του Κόλπου είναι ιδιαίτερα έντονη (Joyce, Backus et al., 2010).

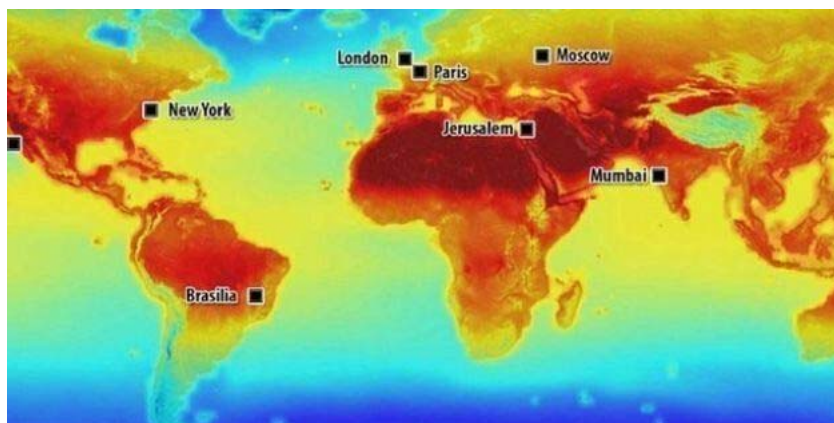
Στη συνέχεια, έρευνες που έχουν ενσωματώσει δορυφορικές μετρήσεις της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας, η χλωροφύλλη α και το ύψος της επιφάνειας της θάλασσας με δειγματοληψία στο πλοίο έδειξαν ότι οι κυκλωνικές δίνες έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών από τις αντικυκλωνικές δίνες (Yolder, Doney et al., 2010). Σε αντίθεση με τα κύματα Rossby, οι δίνες μπορούν να ανεβάσουν έντονα νερά πλούσια σε θρεπτικά συστατικά, διεγείροντας έτσι την παραγωγικότητα του φυτοπλαγκτόν.

Δ. Ευαισθητότητα στην κλιματική αλλαγή και μεταβλητότητα

Μια αναγνωρισμένη ερευνητική ανάγκη είναι η υποστήριξη για αποφάσεις προσαρμογής στις τάσεις και τη διαχρονική μεταβλητότητα του κλίματος (Natl. Res. Council, 2010). Η βελτίωση της γνώσης σχετικά με την περιφερειακή μεταβλητότητα και τις πιθανές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής θα

μπορούσε να βοηθήσει στον εντοπισμό ατόμων και κοινωνιών που κινδυνεύουν. Η επιστήμη μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό νέων επιλογών και στρατηγικών για τον περιορισμό του μεγέθους της κλιματικής αλλαγής ή την προσαρμογή στις επιπτώσεις της, καθώς και να βοηθήσει στη βελτίωση των υφιστάμενων επιλογών.

Για να γίνει αυτό απαιτείται η παρακολούθηση δεικτών της κλιματικής αλλαγής, δηλαδή ο εντοπισμός και η παρακολούθηση μετρήσεων που είναι σημαντικές για την κατανόηση της κλιματικής αλλαγής και την παροχή πληροφοριών σχετικά με την περιβαλλοντική βιωσιμότητα, σε κατηγορίες που περιλαμβάνουν την κρούσφαιρα, τα χερσαία οικοσυστήματα, υδρολογία και υδατικοί πόροι, ατμόσφαιρα, ανθρώπινη υγεία, ωκεανοί (τόσο φυσικοί όσο και βιολογικοί/χημικοί) και φυσικές καταστροφές (Natl. res. Coun., 2010). Η ανθρώπινη συμπεριφορά αυξάνει την ευαλωτότητά μας σε ένα μεταβαλλόμενο κλίμα. Ένας πληθυσμός 9 δισεκατομμυρίων αναμένεται μέχρι τα μέσα αυτού αιώνα να δίνει μεγαλύτερη έμφαση στους υδάτινους πόρους, ορισμένοι σε περιοχές με πενιχρές υποδομές, αραιές μετρήσεις, προκλήσεις προσαρμοσιμότητας και αναδυόμενη ή διαρκή ανασφάλεια που σχετίζεται με το νερό.



Εικόνα 23: Πρόβλεψη μέσης θερμοκρασίας ανά περιοχή το 2100

Η μετανάστευση σε παράκτιες περιοχές με χαμηλό υψόμετρο θέτει περισσότερους ανθρώπους σε κίνδυνο από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και η προσαρμογή απαιτεί πληροφορίες σχετικά με τους ρυθμούς διάβρωσης, τις συχνότητες πλημμύρας, τα επίπεδα κύματος και αιγίδων, τους κινδύνους που σχετίζονται με διαφορετικά αναπτυξιακά προβλήματα, τις αλλαγές οικοτόπων και τις αλλαγές στην παροχή και την ποιότητα νερού. Εκτός από αυτές τις κλιματικές και άλλες περιβαλλοντικές αλλαγές, οι διαχειριστές ακτών πρέπει να λάβουν υπόψη και άλλους παράγοντες, όπως οι τοποθεσίες των νοσοκομείων, των σχολείων και των ηλικιωμένων σε δυνητικά πληγείσες περιοχές.

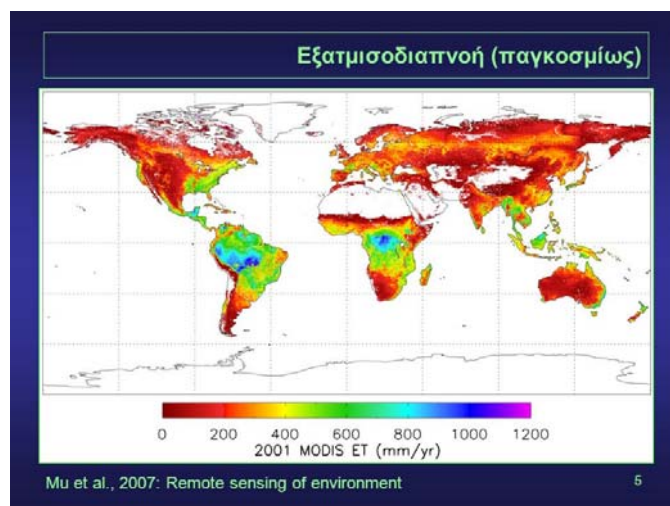
Η ενσωμάτωση της γνώσης σχετικά με εύλογες αλλαγές στο φυσικό περιβάλλον με δείκτες ανθεκτικότητας πληθυσμών και κυβερνήσεων βοηθά στον εντοπισμό ατόμων και κοινωνιών που κινδυνεύουν (Parris & Kates, 2003). Τέτοιοι δείκτες περιλαμβάνουν δημογραφικά δεδομένα, π.χ. βρεφική θνησιμότητα, οικονομικά δεδομένα, π.χ. κατανάλωση και διανομή πλούτου, κοινωνικά δεδομένα, π.χ., ο καπιταλισμός, παγκοσμιοποίηση και ισότητα, και μέτρα δημοκρατίας έναντι απολυταρχίας (Leiserwitz, Kates & Parris, 2006; Goldstone, Banes et al., 2010). Η αναδυόμενη έρευνα ασχολείται με μετρήσεις ή δείκτες που καλύπτουν και ενσωματώνουν σχετικούς περιβαλλοντικούς και κοινωνικοοικονομικούς τομείς. Για παράδειγμα, σχεδόν το 80% του πληθυσμού της Γης ζει σε περιοχές που υπόκεινται σε πίεση για την ασφάλεια του νερού ή τη βιοποικιλότητα. Οι στρεσογόνοι παράγοντες συνδυάζουν τη ζήτηση από τον αυξανόμενο πληθυσμό, τη διαθεσιμότητα νερού, τη ρύπανση, τη διαταραχή της γης και τις πιέσεις στα υδρόβια είδη (Vorosmarty, McIntyer et al., 2010).

Οι μετρήσεις της γενικής ευαλωτότητας θα πρέπει να επικεντρώνονται στη διαθεσιμότητα του γλυκού νερού και των τροφίμων, στην υγεία του οικοσυστήματος και στην ανθρώπινη ευημερία και θα πρέπει επίσης να είναι ευέλικτες και να προσπαθούν να εντοπίσουν πιθανούς δείκτες σημείων ανατροπής ή απότομες αλλαγές τόσο στο κλιματικό σύστημα όσο και στα σχετικά ανθρώπινα και περιβαλλοντικά συστήματα (Leiserwitz, Kates & Parris, 2006).

Ε. Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής από δορυφόρο

Η κατανομή της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας στο ενεργειακό ισοζύγιο (ανακλώμενη και εκπεμπόμενη ακτινοβολία, αισθητή ανταλλαγή θερμότητας και εξατμισοδιαπνοή) στην επιφάνεια της Γης είναι ένα κεντρικό πρόβλημα στη δυναμική του κλίματος, την υδρολογία και την οικολογία. Ακόμη και σε ένα πεδίο μελέτης με πύργο ροής, η εκτίμηση δεν είναι απλή, απαιτεί ρητή αναπαράσταση φυσικών παραμέτρων (Brutsaert, 1982) που είναι δύσκολο να μετρηθούν, αλλά κατανοώντας τη δυναμική της βλάστησης ή τον καταμερισμό της βροχής ή του τήγματος χιονιού σε απορροή ή ανταλλαγή ατμών με την ατμόσφαιρα απαιτεί να εκτιμήσουμε τη χωρική κατανομή της εξατμισοδιαπνοής. Οι δυσκολίες και οι υποθέσεις που εμπλέκονται έχουν οδηγήσει σε πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις.

Το ένα είναι να εκτιμηθεί το κλάσμα εξάτμισης, ο λόγος της λανθάνουσας ανταλλαγής θερμότητας - η ενέργεια που χρησιμοποιείται για την πραγματική εξατμισοδιαπνοή - προς το άθροισμα των αισθητών και λανθάνουσας ανταλλαγής θερμότητας (Nishida, Nemani et al., 2003). Η μέθοδος προσεγγίζει τα κλάσματα του εικονοστοιχείου που είναι γυμνά έναντι βλάστησης, έτσι ώστε το κλάσμα εξάτμισης να είναι ένα μείγμα των τιμών για γυμνό έδαφος και βλάστηση. Το κλάσμα βλάστησης υπολογίζεται από έναν δείκτη βλάστησης, ο οποίος συγκρίνει τις ακτινοβολίες σε πράσινες και εγγύς υπέρυθρες φασματικές ζώνες. Οι τιμές κλάσματος εξάτμισης για γυμνό έδαφος και βλάστηση εκτιμώνται από τον δείκτη βλάστησης και την τηλεπισκόπηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας γης.

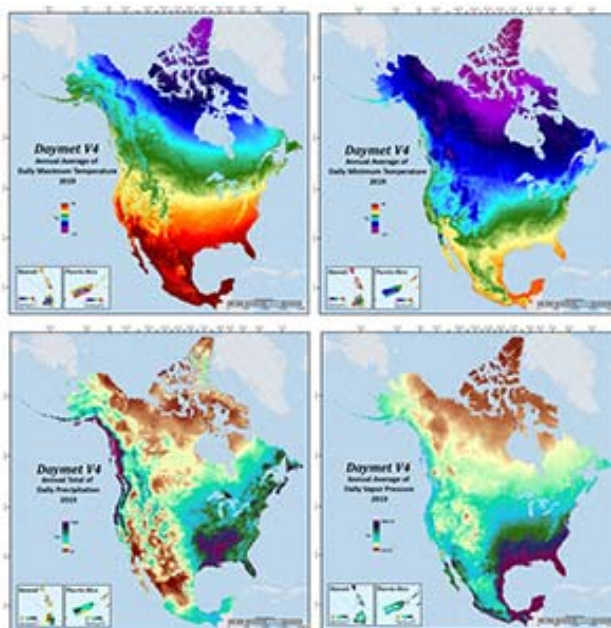


Εικόνα 24: Απεικόνιση εξατμισοδιαπνοής παγκοσμίως (2001)

Μια επόμενη μέθοδος χρησιμοποιεί επίγειες μετεωρολογικές παρατηρήσεις μαζί με δεδομένα τηλεπισκόπησης από το Φασματοραδιόμετρο Απεικόνισης Μέτριας Ευκρίνειας για την εκτίμηση της παγκόσμιας εξάτμισης προσθέτοντας περιορισμούς για το έλλειμμα πίεσης ατμών και την ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα στην αγωγιμότητα των στομάτων από τη βλάστηση, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τα ημερήσια όσο και τα νυχτερινά συστατικά της εξατμισοδιαπνοής, προσθέτοντας έναν υπολογισμό εδαφικής ροής θερμότητας, βελτιώνοντας τις εκτιμήσεις της στοματικής αγωγιμότητας, της αεροδυναμικής αντίστασης και της αντίστασης του οριακού στρώματος, διαχωρίζοντας τον ξηρό θόλο από τον υγρό και λαμβάνοντας υπόψη την υγρασία διαφορετικών επιφανειών εδάφους (Mu Q, Heinsch et al., 2007; Mu Q, Zhao & Running, 2011).

ΣΤ. Χωρική Κατανομή Ισοδύναμου Χιονιού Νερού

Από τις εποχιακές αλλαγές που συμβαίνουν στην επιφάνεια της γης, οι πιο βαθιές είναι η συσσώρευση και το λιώσιμο του χιονιού, το γέμισμα ποταμών και η επαναφόρτιση υδροφορέων που υποστηρίζουν τα κατάντη οικοσυστήματα και παρέχουν νερό για το 20% των ανθρώπων της Γης (Barnett, Adam & Lettenmaier, 2005). Πολλές από αυτές τις συσκευασίες χιονιού που υποστηρίζουν μεγάλους πληθυσμούς βρίσκονται στα βουνά και η διαχείριση του νερού τους για ανταγωνιστικές απαιτήσεις (έλεγχος πλημμύρας, άρδευση, υδροηλεκτρική ενέργεια, αναψυχή και βιότοπος) απαιτεί αξιολογήσεις της αποθήκευσης χιονιού και τον εύλογο ρυθμό τήξης σε μια εξαιρετικά ετερογενή τοπογραφία και κάλυψη γης.



Εικόνα 25: Ισοδύναμο χιονιού – νερού (Η.Π.Α.)

Σε ένα θερμαινόμενο κλίμα, το χιόνι και ο πάγος του βουνού κινδυνεύουν λόγω της πιθανότητας νωρίτερης τήξης και μετάβασης από το χιόνι στη βροχή, επομένως η αξιολόγηση της κρυόσφαιρας του βουνού είναι ένα σημαντικό στοιχείο της παρακολούθησης των αντιδράσεων στην κλιματική αλλαγή (Bales, Molotch et al., 2006). Ακόμη και σε καλά εξοπλισμένες λεκάνες, οι εποχικές προβλέψεις είναι μερικές φορές λανθασμένες και παγκοσμίως, πολλές οροσειρές έχουν αυστηρή υποδομή, πενιχρές επιφανειακές μετρήσεις και δύσκολη προσβασιμότητα. Ένας διαστημικός

αισθητήρας που μετρά άμεσα το ισοδύναμο του νερού του χιονιού στα βουνά δεν θα είναι διαθέσιμος μέσα σε μια δεκαετία (Natl. Res. Council., 2007). Ως εκ τούτου, πρέπει να συνδυάσουμε διαθέσιμες μετρήσεις και μοντέλα.

Με την τρέχουσα διαθέσιμη τεχνολογία, το έργο της εκτίμησης του ισοδύναμου νερού χιονιού παντού σε μια λεκάνη αποστράγγισης έχει ανεξάρτητες, αλλά όχι αμοιβαία αποκλειστικές, επιλογές, όλες απαιτούν περιβαλλοντική τεχνολογία πληροφορικής:

1. Η παρεμβολή συνδυάζει χάρτες της έκτασης του χιονιού με επίγειες παρατηρήσεις ισοδύναμου χιονιού. Καλύπτοντας τη θέση και το υψόμετρο και περιορίζεται από κλασματική κάλυψη χιονιού και στενεύει κοντά στη γραμμή χιονιού, η παρεμβολή παράγει μια φυσικά ρεαλιστική (αλλά όχι απαραίτητα σωστή) τιμή για το ισοδύναμο του χιονιού (Molotch et al., 2005; Dozier, Painter et al., 2008). Δυστυχώς, αν και η παρεμβολή είναι εφικτή σε καλά εξοπλισμένες λεκάνες, η έλλειψη επιφανειακών μετρήσεων στα απομακρυσμένα βουνά απαγορεύει τη χρήση της εκεί.
2. Τα χρονικά επιλυμένα φυσικά μοντέλα χιονιού αφομοιώνουν παρατηρήσεις από μετεωρολογικούς σταθμούς και τηλεπισκόπηση, μαζί με αριθμητικά μοντέλα καιρού (Lehning, Volksch et al., 2006; Carroll, Cline et al., 2001).
3. Σε χωρική ανάλυση, τα παθητικά δεδομένα μικροκυμάτων, για παράδειγμα, από τον ειδικό αισθητήρα μικροκυμάτων/εικόνας, παρέχουν εκτιμήσεις ισοδύναμου νερού χιονιού, αλλά το απόκρημνο έδαφος θέτει σε κίνδυνο την ακρίβειά τους επειδή όλα τα εικονοστοιχεία αναμειγνύονται στον χώρο κλίμακας των 12-50 km (Tedesco & Kim, 2006).
4. Η ανακατασκευή συνδυάζει τον παρατηρούμενο δορυφορικό ρυθμό εξάντλησης του χιονιού με έναν υπολογισμό του ρυθμού τήξης για να εκτιμήσει αναδρομικά, μετά την τήξη του χιονιού, πόσα υπήρχαν παντού νωρίτερα στη σεζόν (Martinez & Rango, 1981; Molotch, 2009). Ο υπολογισμός του ρυθμού τήξης βασίζεται σε δεδομένα που προέρχονται από δορυφόρους σχετικά με την ηλιακή ακτινοβολία, την ακτινοβολία μακρών κυμάτων, τη θερμοκρασία και την υγρασία, προσαρμοσμένα στο έδαφος για να ληφθούν υπόψη οι διαφορές στο φωτισμό, τη σκίαση, το υψόμετρο και τη βλάστηση (Rittger et al., 2011; Dogier & Frew, 2009).

Ειδικά ερευνητικά ερωτήματα στην περιβαλλοντική πληροφορική για το συγκεκριμένο πρόβλημα της εκτίμησης της ετερογενούς κατανομής του χιονιού στα βουνά περιλαμβάνουν τα ακόλουθα (Dozier, 2011): Μπορεί να εντοπίσει μοτίβα στην ανακατασκευασμένη κατανομή χρόνου-χώρου να συμβάλει στη βελτίωση της ακρίβειας σε πραγματικό χρόνο μοντέλα; Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τέτοιες μεθόδους για να προβλέψουμε την απορροή με μεθόδους πέρα από την απλή συσχέτιση; Θα μπορούσαν άνθρωποι με διαφορετικά σύνολα γνώσεων να βοηθήσουν στην ανακάλυψη τέτοιων προτύπων;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΤΟΝ 21° ΑΙΩΝΑ

5.1 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Στη σημερινή εποχή, με την κλιματική κρίση και την 4^η Βιομηχανική Επανάσταση, δύο μεγάλες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα, οι διεθνείς οργανισμοί έχουν υιοθετήσει στρατηγικές και στόχους Βιώσιμης ανάπτυξης, ώστε να αναπτυχθεί μία νέα, έξυπνη, Πράσινη, Ανταγωνιστική οικονομία με κύριο στόχο την εκμηδένιση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Σε αυτή τη στρατηγική πρωταγωνιστούν οι χώρες-μέλη της Ε.Ε., συνεπώς και η Ελλάδα. Ειδικότερα, μέσα από την Πράσινη Συμφωνία, η ΕΕ φιλοδοξεί να παίξει ηγετικό ρόλο στην περιβαλλοντική διακυβέρνηση. Ταυτόχρονα, οι ΤΠΕ μέσω της τεχνητής νοημοσύνης, των Big Data, Machine Learning, κ.λπ. και των εφαρμογών που προσφέρει η Περιβαλλοντική Πληροφορική λειτουργούν ως αναδιαμορφωτές της παγκόσμιας οικονομίας, του τρόπου διακυβέρνησης και των διαδικασιών προστασίας του περιβάλλοντος.

Είναι πλέον αποδεκτό, σε επιστημονικό, οικονομικό κι επιχειρησιακό επίπεδο, διεθνώς, πως ο σημαντικότερος σύμμαχος των κοινωνιών για μια βιώσιμη, πράσινη ανάπτυξη είναι η αξιοποίηση των τεχνολογικών εξελίξεων της Πληροφορικής και των Επικοινωνιών. Ως σημαντικότερες κατευθύνσεις για τη χρήση των συστημάτων της Περιβαλλοντικής Πληροφορικής στην καθημερινότητά μας στην Ελλάδα έχουν επιλεγεί τα εξής:

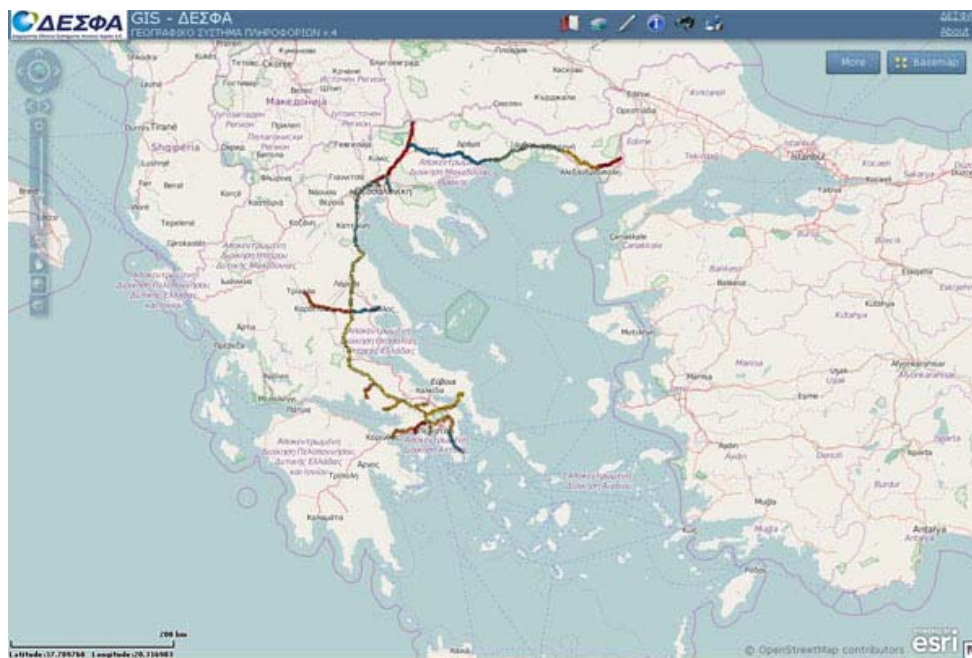
- Ενεργειακά Συστήματα
- Έξυπνες Πόλεις & Κοινότητες – Έξυπνο Δημόσιο
- Ψηφιακή Γεωργία – Γεωργία Ακριβείας
- Ψηφιακά Συστήματα, Μεταφορές, Εφοδιαστική Αλυσίδα

5.1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Όταν αναφερόμαστε σε «Ενεργειακά Συστήματα και Πολιτικές», γίνεται λόγος για κάθε επιμέρους τομέα ενεργειακής δράσης, με έμφαση στη συμβολή των ψηφιακών συστημάτων σε θέματα παραγωγής, κατανάλωσης, διανομής, εξοικονόμησης ενέργειας, κυβερνοασφάλειας, αλλά και σε θέματα κάθε επιμέρους τομέα ενέργειας, όπως τις Ανανεώσιμες Πηγές, το Υδρογόνο, την αποθήκευση ενέργειας, την έρευνα και αξιοποίηση κοιταγμάτων υδρογονανθράκων και τον σχεδιασμό αγωγών μεταφοράς φυσικού αερίου. Μάλιστα, ανάμεσα στις προτεραιότητες του Παγκόσμιου Οργανισμού Ενέργειας, αναφέρεται η ανάπτυξη έξυπνων μηχανισμών ασφάλειας, παραγωγικότητας, αποτελεσματικότητας και αειφορίας των ενεργειακών συστημάτων. Ειδικά στις μέρες μας, τα ενεργειακά συστήματα είναι πιο επίκαιρα από ποτέ, αφού καλούνται να δώσουν απαντήσεις για τα επίπεδα επάρκειας των ενεργειακών κοιτασμάτων, την ιδιωτικότητα, καθώς και την οικονομική αναδιοργάνωση. Η ενεργειακή κοινότητα απασχολείται εδώ και πολλά χρόνια με τα έξυπνα δίκτυα, την ηλεκτροκίνηση, την ολοκλήρωση των ανανεώσιμων Πηγών μέσα από το Internet of things (IoT), την έξυπνη αποθήκευση και φόρτιση. Ως απώτερος στόχος των Ενεργειακών Συστημάτων έχει τεθεί ο άμεσος και ακριβής προσδιορισμός του ποιος χρειάζεται ενέργεια και η παροχή της τον σωστό χρόνο, στο σωστό μέρος και με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Μάλιστα, μέσα από υπολογισμούς, τα ψηφιακά συστήματα μπορούν να οδηγήσουν στη μείωση του κόστους χρήσης στα κτίρια έως της τάξεως του 15%, έως 20% στο κόστος έρευνας και παραγωγής υδρογονανθράκων, καθώς και έως 5% για το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 26: Ενεργειακά συστήματα για εξοικονόμηση ενέργειας – «Πράσινο σπίτι»



Εικόνα 27: Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου

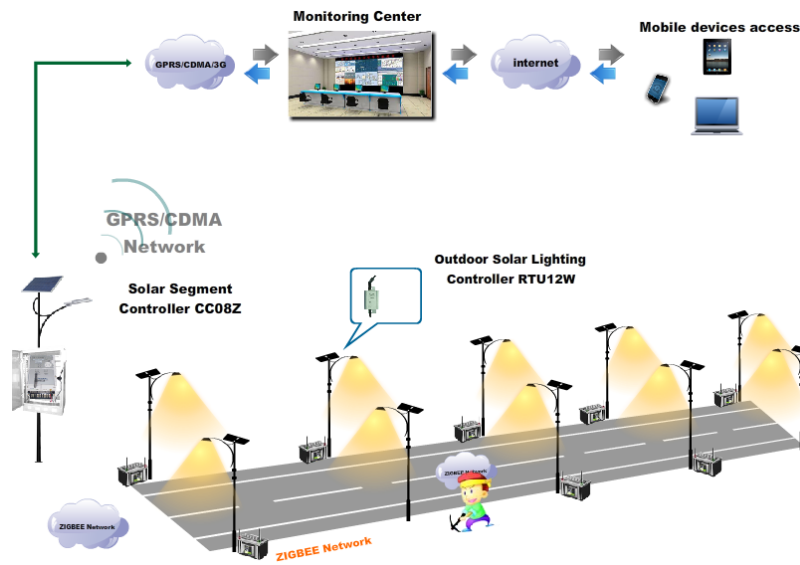
Σήμερα, η Ελλάδα, θέλοντας να παίξει πρωταγωνιστικό ρόλο στην ενεργειακή κρίση που βιώνει η Ευρώπη και κατ' επέκταση ολόκληρος ο πλανήτης καλείται να χρησιμοποιήσει σε σύντομο χρονικό διάστημα όλες τις εφαρμογές που διαθέτει η Περιβαλλοντική Πληροφορική και τα ψηφιακά συστήματα για να δώσει άμεσες λύσεις. Μάλιστα, ορισμένες από τις εφαρμογές των συστημάτων της Περιβαλλοντικής Πληροφορικής διαφαίνονται στις παραπάνω εικόνες.

5.1.2 «ΕΞΥΠΝΕΣ» ΠΟΛΕΙΣ & ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ – «ΕΞΥΠΝΟ» ΔΗΜΟΣΙΟ

Στο πλαίσιο της ανάπτυξης και διαμόρφωσης ενός σύγχρονου και έξυπνου τρόπου βιώσιμης αντιμετώπισης των αστικών κέντρων και των μικρότερων κοινοτήτων αλλά και στην κατεύθυνση ενός πλήρους μετασχηματισμού του δημόσιου τομέα, τα τελευταία χρόνια, έχουν αναδειχθεί και αναπτύσσονται όλο και περισσότερο νέες μεθοδολογίες και τεχνικές αντιμετώπισης πολυπαραμετρικών προβλημάτων παρακολούθησης και λήψης αποφάσεων με την αξιοποίηση των εφαρμογών των ψηφιακών συστημάτων. Μέσα από έναν απολύτως καινοτομικό τρόπο σχεδιασμού, παρακολούθησης και ανάδρασης σχετικά με τις αρμοδιότητες της τοπικής αυτοδιοίκησης και του κεντρικού κράτους, οδηγούμαστε σε μία ταχύτερη, αποτελεσματικότερη και φθηνότερη διεκπεραίωση των αρμοδιοτήτων των φορέων λήψης αποφάσεων. Σε αυτές τις εφαρμογές συμπεριλαμβάνονται η ψηφιακή διακυβέρνηση με την παράλειψη της γραφειοκρατίας, ο σχεδιασμός και η λειτουργία βιοκλιματικών κτιρίων, η αειφόρος αστική μετακίνηση των πολιτών κ.α. Ορισμένες από τις χαρακτηριστικές εφαρμογές των νέων μεθοδολογιών που υφίστανται τη παρούσα στιγμή στη χώρα μας απεικονίζονται παρακάτω.



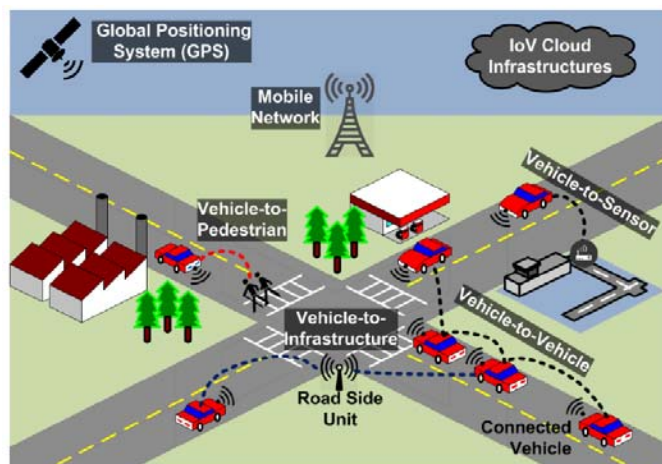
Εικόνα 28: Smart cities -λειτουργίες



Εικόνα 29: «Έξυπνος» φωτισμός



Εικόνα 30: «Έξυπνο» σπίτι



Εικόνα 31: «Εξυπνη» οδική κυκλοφορία

5.1.3 ΨΗΦΙΑΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ & ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Η Ψηφιακή Γεωργία αποτελεί το πλέον σύγχρονο επίτευγμα της Τεχνητής Νοημοσύνης, της Ψηφιακής Παρακολούθησης του Περιβάλλοντος και του IoT, τα οποία συνδέονται με την καθημερινή καλλιέργεια και την προώθηση των αγροτικών προϊόντων. Δεν είναι τυχαίο, πως χώρες όπως η Ολλανδία και το Ισραήλ, κατάφεραν να ανέβουν στην πρώτη θέση παραγωγής προϊόντων συνδυάζοντας την ελάχιστη κατανάλωση νερού, ενέργειας, αλλά και αγροτικών εφοδίων (λιπάσματα κ.λπ.) Κατευθυντήριες γραμμές για την ανάπτυξη των ψηφιακών εφαρμογών στο αγρόκτημα είναι οι καλλιεργητικές αρχές και μεθοδολογίες. Η αξιοποίησή τους σε συνδυασμό με τις τεχνικές μείωσης του οικονομικού και περιβαλλοντικού κόστους παραγωγής έχει αρχίσει να υιοθετείται από την ελληνική Γεωργία έτσι ώστε να παράγονται ποιοτικότερα, ελκυστικότερα και φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα. Εξάλλου, ας μην ξεχνάμε πως ο πρωτογενής τομέας της αγροτικής και ακολούθως της κτηνοτροφικής παραγωγής αποτελούν εδώ και πολλές δεκαετίες τη βάση της ελληνικής οικονομίας. Μέσα από τη χρήση των εφαρμογών των ψηφιακών συστημάτων στην αγροτική παραγωγή όχι μόνο θα αυξήσει το ΑΕΠ αλλά και θα αυξηθούν οι θέσεις απασχόλησης στην ελληνική ύπαιθρο με ταυτόχρονη εξασφάλιση καλύτερων συνθηκών διαβίωσης.





Εικόνα 32: Εφαρμογές ψηφιακής γεωργίας

5.1.4 ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ, ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ & ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

Άλλος ένα ισχυρός τομέας της ελληνικής οικονομίας είναι το εμπόριο, συγκεκριμένα, αποτελεί το 10% της παραγωγής του εθνικού πλούτου. Τα ψηφιακά συστήματα στις μεταφορές και το εμπόριο διακρίνονται στις μετακινήσεις και τις μεταφορές, στην προσφορά μεταφορικού έργου, στη διανομή των εμπορευμάτων και στα ψηφιακά πρότυπα διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας. Βασικό ζητούμενο είναι η μεταφορά προϊόντων και προσώπων να γίνεται με όσο το δυνατό μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Η βάση αυτών των συστημάτων είναι η εφαρμογή IoT, blockchain και machine learning.

5.2 ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Το Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης της Ελλάδος (ΕΚΤ) φιλοξενεί ένα προηγμένο κέντρο δεδομένων που εφαρμόζει τα κύρια χαρακτηριστικά της Περιβαλλοντικής Πληροφορικής και ακολουθεί τις βέλτιστες πρακτικές στον τομέα όπως ορίζονται σε διεθνές επίπεδο:

- Κανονισμοί, μετρήσεις και διαδικασίες παρακολούθησης που εισάγει το Green Grid.
- Τεχνολογίες cloud, τεχνικές εικονικοποίησης και ευρωπαϊκοί στόχοι για τη βελτίωση της ενεργειακής αποτελεσματικότητας (σύμφωνα με τη στρατηγική της ΕΕ για την ψηφιακή ατζέντα Ευρώπη 2020).
- Δράσεις που συμμορφώνονται με τον κώδικα δεοντολογίας της ΕΕ για το κέντρο δεδομένων και αποσκοπούν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κέντρου δεδομένων.

Από το 2007, το Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης (ΕΚΤ) εφαρμόζει τεχνολογίες μετρήσεων για την παρακολούθηση και τη λήψη μέτρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των κέντρων δεδομένων και των ψηφιακών υποδομών του. Το ΕΚΤ εφαρμόζει τεχνολογίες εικονικοποίησης και έχει επιτύχει να μειώσει σημαντικά την ισχύ του κέντρου δεδομένων με ενοποίηση διακομιστή και σχετική μετρημένη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Επίσης, σύμφωνα με μια σειρά μελετών (ΕΛΛΑΚ 2008, 2009), αναπτύξαμε ένα σύνολο εργαλείων λογισμικού για τη μέτρηση, την καταγραφή και την αναφορά των ποσοτήτων ενέργειας που εξοικονομήθηκαν.

Στο κέντρο δεδομένων του ΕΚΤ -που φιλοξενεί και τους διακομιστές: Hellas Grid Athena και GRIX/GEANT- εγκαταστήσαμε συστήματα παρακολούθησης και μέτρησης της κατανάλωσης ενέργειας. Οι παραπάνω δράσεις υλοποιήθηκαν στο πλαίσιο του έργου «Εθνικό Πληροφοριακό Σύστημα Έρευνας και Τεχνολογίας». Σύμφωνα με αυτές τις τεχνολογικές παρεμβάσεις, υπολογίζεται ότι από το 2008, έχουμε καταναλώσει τουλάχιστον 387.940 Kwh λιγότερες (με αποτέλεσμα 387 λιγότερους τόνους CO₂ στο περιβάλλον.).

Οι αρχές της Περιβαλλοντικής Πληροφορικής αποτέλεσαν κομβικό σημείο για την εφαρμογή του Εθνικού Πληροφοριακού Συστήματος Έρευνας και Τεχνολογίας (NISRT), μιας εθνικής ερευνητικής υποδομής που το ΕΚΤ αναπτύσσει στο πλαίσιο του επίσημου ρόλου του. Συγκεκριμένα, ολοκληρώθηκαν οι παρακάτω εργασίες:

- Ανακαίνιση κέντρου δεδομένων ΕΚΤ: Στο κέντρο δεδομένων της ΕΚΤ εγκαταστήσαμε το σύστημα «Cold Isle Containment», το οποίο παρέχει ιδιαίτερη ενεργειακή απόδοση αφού παγιδεύει αποτελεσματικά τον δροσερό αέρα ακριβώς εκεί που χρειάζεται.
- Επίσης χρησιμοποιήσαμε την Υπολογιστική Ρευστοδυναμική, (CFD) – έναν κλάδο της μηχανικής ρευστών που χρησιμοποιεί αριθμητικές μεθόδους και αλγόριθμους για την επίλυση και την ανάλυση προβλημάτων-. Αυτές οι ενέργειες έχουν μειώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα χρήσης ενέργειας (PUE) του κέντρου δεδομένων . Υπολογίζεται ότι για κάθε βελτίωση 5% στην ενεργειακή απόδοση του κέντρου δεδομένων, υπάρχουν 50 τόνοι λιγότερες εκπομπές CO₂ στο περιβάλλον.
- Η ανάπτυξη και εγκατάσταση λογισμικού για τη μέτρηση και την παρακολούθηση ενός συνόλου περιβαλλοντικών μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο (Power Usage Effectiveness).

- Η ενσωμάτωση περιβαλλοντικών μετρήσεων στον συνολικό πίνακα εργαλείων πληροφορικής. Οι μετρήσεις αναφέρονται και δημοσιεύονται συνεχώς (καθημερινές μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο) μέσω διαφόρων τρόπων διάδοσης (π.χ. twitter, ιστότοπος έργου, wikis).
- Διεύρυνση των δυνατοτήτων του συστήματος. Η νέα έκδοση του συστήματος παρέχει γραφικές αναπαραστάσεις των μετρούμενων ρυθμών ενέργειας και ισχύος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσα από τη βιβλιογραφική μελέτη του πεδίου της Περιβαλλοντικής Πληροφορικής συνειδητοποιούμε πως τα περισσότερα από τα ποσοτικά μοντέλα μπορούν να αντικατοπτρίζουν μόνο μέρος των παραγόντων επιπτώσεων, αφήνοντας τα υπόλοιπα που είναι αβέβαια ή μη διαθέσιμα εκτός των πλαισίων μοντελοποίησης. Μια άλλη ανησυχία των ερευνητικών αποτελεσμάτων είναι το δυναμικό χαρακτηριστικό της.

Οι συνθήκες στα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης θα συνεχίσουν να αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου, απαιτώντας περιοδικά ενημερωμένη υποστήριξη αποφάσεων. Είναι επομένως επιθυμητό από τους χρήστες και τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων τα ερευνητικά αποτελέσματα να είναι «δυναμικά». Οι τεχνολογίες της πληροφορίας βρίσκονται σε εξαιρετικά ταχεία πρόοδο και ορισμένες από αυτές δεν έχουν ακόμη εφαρμοστεί στην περιβαλλοντική διαχείριση. Σε πολλές περιπτώσεις, ωστόσο, οι ρόλοι αυτών των τεχνολογιών έχουν περιοριστεί στην παροχή βελτιωμένης ευκολίας για την υλοποίηση του συστήματος και στη δημιουργία καλύτερης παρουσίας των εισόδων/εξόδων του συστήματος (δηλ. οπτικοποίηση). Αν και αυτοί οι ρόλοι είναι σημαντικοί για εκτεταμένη μεταφορά νέων μεθοδολογιών και εύκολη πρόσβαση στα αποτελέσματα της έρευνας, δεν συμβάλλουν άμεσα στην ανάπτυξη μεθοδολογίας. Ως εκ τούτου, είναι επιθυμητή η περαιτέρω ανάπτυξη του δυναμικού υπολογιστών υψηλής απόδοσης και διαχείρισης γνώσης που σχετίζονται με τις τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης για την προώθηση της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας της περιβαλλοντικής πληροφορικής (Huang & Chang, 2003).

Με το όραμα που έχουμε αποκτήσει στους υπολογιστές πλέγματος, η σύνθεση μοντέλων μεγάλης κλίμακας σε πραγματικό χρόνο σε απευθείας σύνδεση και η ανταλλαγή δεδομένων θα καταστεί εφικτή στο εγγύς μέλλον. Αυτό σημαίνει την παροχή ολοκληρωμένων πακέτων λογισμικού υπολογιστή που επιτρέπουν στους χρήστες να εισάγουν ενημερωμένες πληροφορίες στο σύστημα λογισμικού, να εκτελούν το σύστημα και αναμένεται λήψη ενημερωμένων αποτελεσμάτων στο περιβάλλον Διαδικτύου. Προφανώς, σύμφωνα με αυτή την τάση, θα χρησιμοποιηθούν περισσότερες τεχνολογίες πληροφοριών για την αντιμετώπιση των περίπλοκων περιβαλλοντικών ανησυχιών που δεν μπορούμε να τις αντιμετωπίσουμε με επιτυχία σήμερα. Αυτό πρέπει να βασίζεται στην προώθηση και την καλλιέργεια ενός νέου τομέα «Πληροφορικής Περιβάλλοντος ως νέα θέση στον τομέα της περιβαλλοντικής μηχανικής».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ

Τα ζητήματα που προκύπτουν για τη μελλοντική πορεία της Πληροφορικής Περιβάλλοντος στρέφονται στις εξής κατευθύνσεις (Frew & Dozier, 2012):

1. Η αναδυόμενη υποστήριξη για την προέλευση στον Ιστό θα πρέπει να βοηθήσει στον καθορισμό του κατά πόσο ένα προϊόν δεδομένων είναι κατάλληλο και αξιόπιστο.
2. Θα χρειαστεί ενεργή διαχείριση (επιμέλεια) των ψηφιακών περιβαλλοντικών συνόλων δεδομένων εάν πρόκειται να επιβιώσουν για περισσότερες από μερικές δεκαετίες.
3. Η διαθεσιμότητα δεδομένων θα πρέπει να βοηθηθεί από την εμφάνιση τόσο κατανεμημένων μηχανισμών ανακοινώσεων (datacasting) όσο και από την εξάπλωση των πολιτικών δεδομένων που επιβάλλουν την κοινή χρήση και την ανοιχτή πρόσβαση.
4. Δύο τεχνολογίες είναι έτοιμες να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση της ανάγκης να φέρει η επεξεργασία στα δεδομένα: επεξεργασία που βασίζεται σε cloud, όπως χάρτης/μείωση, και συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων που μπορούν να αναπαραστήσουν και να χειριστούν σωστά τις δομές περιβαλλοντικών πληροφοριών.
5. Η πανταχού παρούσα ανίχνευση τοποθεσίας και η προσθήκη γεωγραφικών ετικετών θα βοηθήσει να μετατραπούν οι μη επιστήμονες σε συλλέκτες περιβαλλοντικών πληροφοριών, εγκαινιάζοντας μια νέα εποχή εθελοντικών περιβαλλοντικών πληροφοριών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Agarwal D, Cheah Y-W, Fay D, Fay J, Guo D, et al., (2011). Data-intensive science: the Terapixel and MODIS Azure projects. *International J. High Performance Computing Applications*, 25:304–16.

Bales RC, Molotch NP, Painter TH, Dettinger MD, Rice R, Dozier J., (2006). Mountain hydrology of the western United States. *Water Resources Research*, 42: W08432.

Barnett TP, Adam JC, Lettenmaier DP., (2005). Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. *Nature*, 438:303–9.

Berkhout, F. & Hertin, J. (2001). *Impacts of Information and Communication Technologies on Brutsaert W., (1982). Evaporation into the Atmosphere: Theory, History and Applications.* Dordrecht: Reidel. 299 pp.

Carroll T, Cline D, Fall G, Nilsson A, Li L, Rost A., (2001). NOHRSC operations and the simulation of snow cover properties for the coterminous U.S. *Proceedings of Western Snow Conference*, 69th, Sun Valley, Idaho, April 16–19, pp. 1–10.

Cowen D.J. (1998), GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences? *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*.

Kolios S., Stylios C., 2013. Ambient systems for the environmental monitoring: Characteristic examples at different spatial scales. *Ambient Media and Systems Conference*, Athens, 14-15 March.

Dozier J, Frew J., (2009). Computational provenance in hydrologic science: a snow mapping example. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 367:1021–33.

Dozier J, Painter TH, Rittger K, Frew JE., (2008). Time-space continuity of daily maps of fractional snow cover and albedo from MODIS. *Advanced Water Resources*, 31:1515–26.

Dozier J. 2011. Mountain hydrology, snow color, and the fourth paradigm. *Eos Transactions American Geophysical Union*, 92:373–75.

Huang G.H. & Chang N.B. (2003). Perspectives of Environmental Informatics and Systems Analysis, *Journal of Environmental Informatics*, 1 (1) 1-6.

Environmental Sustainability: Speculations and Evidence. Report to the OECD, Frans Berkhout and European Commission (1997). *Environmental education in the European Union*.

Farman JC, Gardiner BG, Shanklin JD., (1985). Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction. *Nature*, 315:207–10.

Frew J. & Dozier J. (2012). *Environmental Informatics: Annual Review of Environment and Resources*, 37: 449-472.

Friend R., (2011). Evolution of macro-information systems for sustainable development. *Ecological Economics*, 3/1991, pp. 59-76.

Gille JC., (2008). *How satellites saved the ozone layer*. Presented at Am. Association Advanced Science Annual Meeting, Boston.

Goldstone JA, Bates RH, Epstein DL, Gurr TR, Lustik MB, et al., (2010). A global model for forecasting political instability. *Am. J. Politics Science*, 54:190–208.

Green IT, (2020), ΕΠΣΕΤ. Ανακτήθηκε από: <http://www.epset.gr/el/node/746#How%20ΕΚΤ%20applies%20Green%20IT?>

Hammond, A. et al., (1995). *Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development*, Washington: World Resource Institute.

Harger, J. R. & Meyer, F. M., (1996). *Definition of Indicators for Environmentally Sustainable Development*. *Chemosphere*, 9, pp. 1794-1775.

Hilty L.M. & Welland U. (1994). Sustainable Cities – Opportunities and Risks of Information Technology. In: Brunnstein K.; Raubold, E. Eds.): *Proceedings of the 13th World Computer Congress. Volume II: Applications and Impacts*. Amsterdam: Elsevier. pp. 613-618.

Hilty, L. & Ruddy, T. (2000). Towards a Sustainable Information Society. *Informatik / Informatique*, 4, 2-9.

<http://www.gistech.gr/-gis.html>

Joyce T, Backus R, Baker K, Blackwelder P, Brown O, et al., (1984). Rapid evolution of a Gulf Stream warm-core ring. *Nature*, 308:837–40.

Julia Hertin, University of Sussex, United Kingdom.

Keeling CD. (1998). Rewards and penalties of monitoring the earth. *Annual. Revolution Energy Environment*, 23:25–82.

Keeling CD., (1961). The concentration and isotopic abundances of carbon dioxide in rural and marine air. *Geochim. Cosmochim. Acta* 24:277–98.

Keeling RF, (2008). Recording Earth's vital signs. *Science*, 319:1771–72.

Lee T, Cornillon P., (1995). Temporal variation of meandering intensity and domain-wide lateral oscillations of the Gulf Stream. *J. Geophysics Research*, 100:13603–13.

Lehning M, Volksch I, Gustafsson D, Nguyen TA, Stahli M, Zappa M., (2006). ALPINE3D: a detailed model of mountain surface processes and its application to snow hydrology. *Hydrol. Processing*, 20:2111–28.

Leiserowitz AA, Kates RW, Parris TM. (2006). Sustainability values, attitudes, and behaviors: a review of multinational and global trends. *Annual Revolution Environment Resource*, 31:413–44.

Martinez J, Rango A., (1981). Areal distribution of snow water equivalent evaluated by snow cover monitoring. *Water Resources Research*, 17:1480–88.

Molina MJ. & Rowland FS., (1974). Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atomic-catalysed destruction of ozone. *Nature* 249:810–12.

Molotch NP, Bales RC, Colee MT, Dozier J., (2005). Estimating the spatial distribution of snow water equivalent in an alpine basin using binary regression tree models: the impact of digital elevation data and independent variable selection. *Hydrol. Processing*, 19:1459–79.

Molotch NP., (2009). Reconstructing snow water equivalent in the Rio Grande headwaters using remotely sensed snow cover data and a spatially distributed snowmelt model. *Hydrol. Processing*, 23:1076–89.

Mu Q, Heinsch FA, Zhao M, Running SW., (2007). Development of a global evapotranspiration algorithm based on MODIS and global meteorology data. *Remote Sensitivity Environment*, 111:519–36.

Mu Q, Zhao M, Running SW. (2011). Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. *Remote Sensitivity Environment*, 115:1781–800.

National Research Council, (1996). *The Ozone Depletion Phenomenon*. Washington, DC: Natl. Acad. Press. 8 pp.

National Research Council, (2007). *Earth Observations from Space: The First 50 Years of Scientific Achievement*. Washington, DC: Natl. Acad. Press. 144 pp.

National Research Council, (2007). *Earth Science and Applications from Space: National Imperatives for the Next Decade and Beyond*. Washington, DC: National Academic Press, 400 pp.

National Research Council, (2010). *Advancing the Science of Climate Change*. Washington, DC: National Academia Press, 528 pp.

National Research Council, (2010). *Monitoring Climate Change Impacts: Metrics at the Intersection of the Human and Earth Systems*. Washington, DC: National Academic Press. 110 pp.

Nishida K, Nemani RR, Running SW, Glassy JM., (2003). An operational remote sensing algorithm of land surface evaporation. *J. Geophysics Research*, 108:4270.

Page B. & Wolfemuth V. (2010). Advances in Environmental Informatics: Integration of Discrete Event Simulation Methodology with ecological Material Flow Analysis for modelling eco efficient Systems. *Procedia Environmental Sciences*, (2), 696-705.

Parris TM. & Kates RW., (2003). Characterizing and measuring sustainable development. *Annual Rev. Environment Resource*, 28:559–86.

Radermacher F., Riekert W., Page B. & Hilty L. (1994). Trends in Environmental Information Processing. In: Brunnstein K., Raubold (eds.). *Applications and Impacts. IFIP transactions A-52*. Amsterdam: North Holland. pp.597-604.

Rittger K, Kahl A, Dozier J., (2011). Topographic distribution of snow water equivalent in the Sierra Nevada. *Proceedings of Western Snow Conference*, 79th, Lake Tahoe, CA, April 18–21, pp. 37–46.

Rolf A. & Hilty L.M., (1992). *Informatik und Okologie- eine widersprichliche Beziehung*. Infotech 3/92, S. 6-8.

Rowland FS., (1996). Stratospheric ozone depletion by chlorofluorocarbons (Nobel lecture). *Angew. Chem*. 35:1786–98.

Ryu Y, Baldocchi DD, Kobayashi H, van Ingen C, Li J, et al., (2011). Integration of MODIS land and atmosphere products with a coupled-process model to estimate gross primary productivity and evapotranspiration from 1 km to global scales. *Global Biogeochemistry Cycles*, 25:GB4017.

Solomon S. (1999). Stratospheric ozone depletion: a review of concepts and history. *Revolution Geophysics*, 37:275–316.

Stolarski RS, Cicerone RJ., (1974). Stratospheric chlorine: a possible sink for ozone. *Can. J. Chem*. 52:1610–15.

Stommel H., (1972). *The Gulf Stream: A Physical and Dynamical Description*. Berkeley: University California. Press, 248 pp. 2nd ed.

Tedesco M, Kim EJ., (2006). Intercomparison of electromagnetic models for passive microwave remote sensing of snow. *IEEE Trans. Geoscience Remote Sensitivity*, 44:2654–66.

Tientenberg T., (2001). *Οικονομική του Περιβάλλοντος και των Φυσικών Πόρων*. Gutenberg.

Vorosmarty CJ, McIntyre PB, Gessner MO, Dudgeon D, Prusevich A, et al., (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467:555–61.

Yoder JA, Doney SC, Siegel DA, Wilson C., (2010). Study of marine ecosystems and biogeochemistry now and in the future: examples of the unique contributions from space. *Oceanography*, 23:104–17.

Καπαγερίδης Ιωάννης, (Επίκουρος Καθηγητής Μεταλλευτικής Πληροφορικής), (2006), *Εισαγωγή στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Σημειώσεις Θεωρίας*, Κοζάνη, http://geope.teikoz.gr/GEOPE_EN/downloads/kapageridis/rs_theory.pdf

Καρβούνης Σ. & Γεωργακέλλος Δ., (2003). *Διαχείριση του Περιβάλλοντος: Επιχειρήσεις και Βιώσιμη Ανάπτυξη*. Εκδόσεις: Σταμούλης.

Μιχελάκης Δ. (2010), *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών*, Τετάρτη, 20 Ιανουαρίου, 2010,

Τζουμάκης Γ. (2017). *Φαινόμενο Θερμοκηπίου: Μια διδακτική προσέγγιση*. Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

ΆΛΛΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. <https://akrivopoulouchristina.wordpress.com/>
2. Μόλυνση του Περιβάλλοντος και τρόποι αντιμετώπισης. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: http://cheersbar1990.blogspot.gr/2014/01/blog-post_4579.html
3. <https://www.wwf.gr/>
4. <https://www.inedivim.gr/images/ng-egkykpolaideia/ng-egkykpolaideia-perivalon-2-klimatiki-allagi.pdf>
5. https://ec.europa.eu/environment/efe/sites/efe/files/env-15-015-efe-magazine-64_el-web.pdf