

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Νίκος Μαμάσης και Δημήτρης Κουτσογιάννης

Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο,
Ηρώων Πολυτεχνείου 5, 15780 Ζωγράφου

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τήρηση αρχείων μετρήσεων των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική υποδομή για την έρευνα και την τεχνολογία, αλλά είναι εξαιρετικά χρήσιμη και για τη βιομηχανία και τη διοίκηση. Στην Ελλάδα, οι προσπάθειες συγκέντρωσης των δεδομένων που ανήκουν σε διάφορους φορείς και οργάνωσής τους σε μια κοινή βάση ξεκίνησαν από τη δεκαετία του 1990 με το έργο Υδροσκόπιο. Σήμερα η βάση αυτή βρίσκεται στο διαδίκτυο (www.hydroscope.gr) στο πλαίσιο ενός ευρύτερου συστήματος, το οποίο περιλαμβάνει και πληροφορίες γεωγραφικού χαρακτήρα, εφαρμογές λογισμικού επεξεργασίας των δεδομένων καθώς και ψηφιακή βιβλιοθήκη εγγράφων σχετικών με τους υδατικούς πόρους. Η εξασφάλιση της επικαιροποίησης της βάσης με τις νέες μετρήσεις είναι ιδιαίτερα χρήσιμη ως υποδομή της χώρας αλλά και ως εργαλείο για την προσαρμογή της χώρας στις Οδηγίες της ΕΕ σχετικά με τα νερά.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Υδρολογικά δεδομένα, Βάσεις δεδομένων, Υδροσκόπιο

INFORMATION TECHNOLOGIES IN HYDROMETEOROLOGICAL DATA MANAGEMENT IN GREECE

Nikos Mamassis and Demetris Koutsoyiannis

Department of Water Resources and Environmental Engineering, National Technical
University of Athens, Heron Polytechniou 5, 15780 Zographou

ABSTRACT

The record keeping of hydrometeorological measurements is particularly important infrastructure for research and technology, but it is also extremely useful for the industry and administration. In Greece, efforts for bringing together the data belonging to various institutions and their organization into a common base started in the 1990s with the Hydroscope project. Today this database is available on the Internet (www.hydroscope.gr) within a larger system that includes geographical information, software applications for data processing and a digital library of documents related to water resources. Ensuring updating the database with new measurements is particularly useful as the country's infrastructure and as a means for implementation in the country of the EU Directives related to water.

KEYWORDS: Hydrological data, Data bases, Hydroscope

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μέτρηση, αρχειοθέτηση, επεξεργασία και διάθεση των υδρολογικών και μετεωρολογικών δεδομένων είναι διαδικασίες απαραίτητες για την εκτέλεση μιας σειράς δράσεων όπως η μελέτη και λειτουργία τεχνικών έργων, η παρακολούθηση περιβαλλοντικών διεργασιών, η επιστημονική έρευνα, η σύνταξη αναφορών για το περιβάλλον, καθώς και η ενημέρωση του κοινού για το κλίμα, τον καιρό και τις υδρολογικές διεργασίες. Παραδοσιακά η συλλογή των δεδομένων ήταν ένα ιδιαίτερα επίπονο έργο, ενώ η τήρηση αρχείων και η πρόσβαση στα δεδομένα ήταν εξαιρετικά χρονοβόρες διαδικασίες. Τα πληροφορικά συστήματα διευκόλυναν σημαντικά τις διαδικασίες αυτές (Tolikas et al., 1993).

Στην Ελλάδα, οι κύριοι φορείς που δραστηριοποιούνται στη συλλογή και επεξεργασία μετεωρολογικών πληροφοριών είναι: η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ), η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ), το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ) και το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ). Τα τελευταία χρόνια έχουν δραστηριοποιηθεί και άλλοι φορείς, όπως το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ), αρκετά Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα (ΑΕΙ) και Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ).

Παλιότερα, οι υδρομετεωρολογικές μετρήσεις γίνονταν με τη χρήση συμβατικών και αυτογραφικών οργάνων. Τα τελευταία χρόνια, η εξέλιξη της τεχνολογίας των μετεωρολογικών και υδρολογικών μετρήσεων επέτρεψε τη μερική αντικατάσταση των μηχανικών μετρητικών συσκευών με αυτόματους ηλεκτρονικούς αισθητήρες και των συμβατικών μηχανικών καταγραφικών συστημάτων με ψηφιακούς καταχωρητές δεδομένων.

Οι κυριότερες υδρομετεωρολογικές μεταβλητές που παρακολουθούνται είναι: ύψος βροχής, θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, διεύθυνση-ταχύτητα-ριπή ανέμου, ηλιακή ακτινοβολία, διάρκεια ηλιοφάνειας, εξάτμιση, ατμοσφαιρική πίεση, χιονοκάλυψη, θερμοκρασία εδάφους σε διάφορα βάθη, στάθμη και παροχή ποταμών, στάθμη υδροφορέων και λιμνών.

Τα δεδομένα που συλλέγονται και αξιοποιούνται μπορούν να διακριθούν ως προς:

- το είδος (μετεωρολογικά, υδρολογικά, υδρογεωλογικά)·
- το επίπεδο επεξεργασίας (πρωτογενή, επεξεργασμένα, παράγωγα, συνθετικά)·
- τις μετρικές ιδιότητες (στιγμιαία, αθροιστικά, μέσου όρου, μεγίστων-ελαχίστων, διανυσματικά)· και
- τη χρονική κλίμακα (ακανόνιστη, πεντάλεπτη, δεκάλεπτη, ωριαία, ημερήσια, μηνιαία, ετήσια, κλιματική).

Ουσιαστικά τα δεδομένα που τελικά διατίθενται στους ενδιαφερόμενους (μελετητές, ερευνητές) ανήκουν στις παρακάτω κύριες κατηγορίες:

- χρονοσειρές πρωτογενών υδρομετεωρολογικών δεδομένων σε λεπτές, κατά κανόνα χρονικές κλίμακες, όπως καταγράφονται από τα όργανα μέτρησης·
- χρονοσειρές δευτερογενών υδρομετεωρολογικών δεδομένων, οι οποίες παράγονται από πρωτογενή μετά από ποιοτικούς ελέγχους (π.χ. έλεγχοι ακραίων τιμών) και άλλες επεξεργασίες (συναθροίσεις, συμπληρώσεις), και είναι διαθέσιμες στις συνήθεις χρονικές κλίμακες (ημερήσια, μηνιαία, ετήσια)·
- χρονοσειρές παράγωγων υδρολογικών δεδομένων, οι οποίες προκύπτουν από επεξεργασία άλλων μεταβλητών (π.χ. χρονοσειρές παροχής από δεδομένα στάθμης και υδρομετρήσεων, εξάτμισης από δεδομένα θερμοκρασίας και άλλων μετεωρολογικών μεταβλητών), και είναι διαθέσιμες στις συνήθεις χρονικές κλίμακες (ημερήσια, μηνιαία, ετήσια)·
- χρονοσειρές μεγίστων βροχοπτώσεων διαφόρων διαρκειών για την παραγωγή όμβριων καμπλών·

- επιφάνειες (πεδία) υδρολογικών μεταβλητών, οι οποίες προκύπτουν από χωρική παρεμβολή ή ολοκλήρωση των δευτερογενών δεδομένων σε επίπεδο λεκάνης απορροής, υδατικού διαμερίσματος ή χώρας·
- κλιματικές τιμές (μέσες τιμές δευτερογενών δεδομένων για μεγάλες χρονικές περιόδους)·
- ειδικά δεδομένα, όπως χαρακτηριστικά υδροφορέων που προκύπτουν από την επεξεργασία δοκιμαστικών αντλήσεων (π.χ. μεταφορικότητα, αποθηκευτικότητα· Τολίκας κ.ά., 1992)·
- στατιστικά χαρακτηριστικά υδρομετεωρολογικών χρονοσειρών·
- μεταδεδομένα, που αφορούν διαχειριστικές πληροφορίες σταθμών μέτρησης και το ιστορικό της λειτουργίας τους.

2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΧΡΗΣΤΩΝ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η χρήση των υδρομετεωρολογικών δεδομένων γίνεται από διάφορες κατηγορίες χρηστών όπως μελετητές, υπηρεσίες, ερευνητές και το ευρύ κοινό. Οι κατηγορίες αυτές έχουν διαφορετικές απαιτήσεις στο είδος, τη χρονική κλίμακα και το επίπεδο επεξεργασίας των δεδομένων οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά στη συνέχεια.

2.1 ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ

Πρόκειται για μελετητές, κατασκευαστές και διαχειριστές ενός ευρέος φάσματος τεχνικών έργων (π.χ. υδραυλικών, περιβαλλοντικών, εγχειοβελτιωτικών, λιμενικών, οδοποιίας, γεωτεχνικών, ενεργειακών). Αυτοί χρειάζονται επεξεργασμένες, ως επί το πλείστον, χρονοσειρές συνήθων υδρολογικών μεταβλητών, όπως:

- μηνιαίες και ετήσιες σημειακές χρονοσειρές βροχόπτωσης, απορροής, θερμοκρασίας, εξάτμισης και δυνητικής εξατμοδιαπνοής·
- δεδομένα μέγιστων βροχοπτώσεων για την παραγωγή όμβριων καμπύλων·
- ημερήσιες και μηνιαίες σημειακές χρονοσειρές ταχύτητας ανέμου, ηλιακής ακτινοβολίας (άμεση, διάχυτη) και ηλιοφάνειας.

Η τελευταία κατηγορία έγινε ιδιαίτερα χρήσιμη τα τελευταία χρόνια, επειδή σχετίζεται με τον σχεδιασμό έργων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Άλλα δεδομένα με ευρεία χρήση σε μελέτες είναι:

- χρονοσειρές επιφανειακής βροχόπτωσης και θερμοκρασίας·
- καμπύλες στάθμης-παροχής·
- σημειακές όμβριες καμπύλες·
- δεδομένα ποιότητας υπόγειων και επιφανειακών υδάτινων σωμάτων.

2.2 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

Οι κρατικές και περιφερειακές υπηρεσίες έχουν υποχρέωση να συντάσσουν και να υποβάλλουν διάφορα παραδοτέα (δεδομένα, χάρτες, εκθέσεις) στην Ευρωπαϊκή Ένωση και άλλους εγχώριους και διεθνείς οργανισμούς. Ειδικότερα οι Υπηρεσίες Υδάτων (κεντρική και περιφερειακές) απαιτείται να καταρτίζουν μια σειρά δεδομένων και εκθέσεων, με σημαντικότερες αυτές που σχετίζονται με τις δύο Ευρωπαϊκές Οδηγίες (2000/60/ΕΕ και 2007/60/ΕΕ). Στις άμεσες ανάγκες των κρατικών υπηρεσιών περιλαμβάνονται:

- υδρολογικά, γεωλογικά και ποιοτικά δεδομένα, ώστε να προσδιοριστούν και να χαρακτηριστούν τα συστήματα επιφανειακών και υπόγειων υδάτων της χώρας, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΕ·
- υδρολογικά χαρακτηριστικά των υδατικών συστημάτων της χώρας·

- υδρολογικά ισοζύγια (λεκανών, ταμιευτήρων)·
- χάρτες επιφανειακής βροχόπτωσης, εξάτμισης κτλ·
- κλιματικοί άτλαντες.

Στις πιο μακροπρόθεσμες ανάγκες περιλαμβάνονται:

- δεδομένα που σχετίζονται την εκπόνηση σχεδίων διαχείρισης λεκανών απορροής·
- δεδομένα που σχετίζονται με την εκπόνηση χαρτών επικινδυνότητας πλημμύρας (γεωγραφικά, υδρολογικά), σύμφωνα με την Οδηγία 2007/60/ΕΕ·
- δεδομένα που απαιτούνται για την εκπόνηση χαρτών κινδύνων πλημμύρας, σύμφωνα με την Οδηγία 2007/60/ΕΕ.

2.3 ΕΡΕΥΝΗΤΕΣ

Οι ερευνητές και άλλοι επιστήμονες, έχουν εξειδικευμένες απαιτήσεις που δεν αφορούν μόνο στην ανάκτηση δεδομένων αλλά και την πραγματοποίηση ειδικών επεξεργασιών. Οι άμεσες απαιτήσεις των ερευνητών περιλαμβάνουν την πρόσβαση στα:

- πρωτογενή υδρολογικά δεδομένα·
- δευτερογενή δεδομένα μικρής χρονικής κλίμακας (ωριαία, ημερήσια)·
- δεδομένα των αυτόματων τηλεμετρικών σταθμών μικρής χρονικής κλίμακας·
- δευτερογενή και σύνθετα γεωγραφικά δεδομένα.

2.4 ΤΟ ΕΥΡΥ ΚΟΙΝΟ

Το ευρύ κοινό χρειάζεται ελεύθερη πρόσβαση σε μια σειρά από πληροφορίες γενικότερου περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος, όπως:

- δεδομένα μετρήσεων από αυτόματους τηλεμετρικούς σταθμούς σε διάφορες περιοχές της χώρας, σε πραγματικό χρόνο·
- στατιστικά χαρακτηριστικά υδρομετεωρολογικών μεταβλητών·
- χάρτες επιφανειακής βροχόπτωσης, θερμοκρασίας, κτλ·
- κλιματικούς χάρτες·
- εκθέσεις και επιστημονικές εργασίες.

3. ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Από τη δεκαετία του 1990 ξεκίνησε η προσπάθεια οργάνωσης των υδρομετεωρολογικών πληροφοριών που διέθεταν όλες οι υπηρεσίες με τη δημιουργία μιας κοινής βάσης δεδομένων. Η πρώτη προσπάθεια έγινε με το ερευνητικό έργο* «Υδροσκόπιο: Δημιουργία

* Το έργο εντάχθηκε στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Προγράμματος STRIDE και ανατέθηκε από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας, ενώ στη χρηματοδότηση συμμετείχαν από ελληνικής πλευράς το Υπουργείο Βιομηχανίας Ενέργειας και Τεχνολογίας, η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, το Υπουργείο Γεωργίας, το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, η Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας, το Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Φυσικών Επιστημών "Δημόκριτος" και το Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων. Ανάδοχος ήταν ο Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων του ΕΜΠ, ενώ στην εκπόνηση συμμετείχαν οι Τομείς Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος, και Ενεργειακός του ΑΠΘ, ο Τομέας Φυσικής Εφαρμογών του ΕΚΠΑ, η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, η Διεύθυνση Ανάπτυξης Υδροηλεκτρικών Έργων της ΔΕΗ, η Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων του ΥΠΙΑΝ, η Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων του ΥΠΠΕ, η Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων του ΥΠΕΧΩΔΕ, το Ινστιτούτο Μετεωρολογίας και Φυσικής του Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος του ΕΑΑ, το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ΕΥΔΑΠ, το ΕΚΕΦΕ "Δημόκριτος", και η ΕΕΤΑΑ.

Εθνικής Τράπεζας Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας» που υλοποιήθηκε από 14 συνεργαζόμενους φορείς την περίοδο 1992-94 (Tolikas et al., 1993· Τολίκας κ.ά., 1993· Vafiadis et al., 1993· Κουτσογιάννης, 1994· Sakellariou et al., 1994).

Το ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ είχε κύριο στόχο τη δημιουργία σύγχρονης πληροφοριακής υποδομής για τον υδρολογικό κύκλο στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα απέβλεπε στην οργάνωση και συστηματοποίηση της υδρολογικής, υδρογεωλογικής και μετεωρολογικής πληροφορίας με χρήση των δυνατοτήτων που παρείχαν οι σύγχρονες μέθοδοι και τεχνικές της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών. Η τράπεζα δεδομένων δημιουργήθηκε για να συμβάλει στον αξιόπιστο προγραμματισμό, σχεδιασμό και διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας, στην αντιμετώπιση των φαινομένων πλημμύρας και λειψυδρίας, στην εκτίμηση των υδροκλιματικών παραμέτρων και των επιπτώσεών τους στο φυσικό και βιολογικό περιβάλλον, στη διάγνωση κλιματικών διακυμάνσεων, καθώς και στην πρόγνωση και αντιμετώπιση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας και των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων. Έμμεσα αλλά ουσιαστικά οφέλη ήταν η ανάπτυξη ενιαίου δικτύου συνεργασίας, ανταλλαγής πληροφοριών και συντονισμού των δράσεων των φορέων, των οποίων οι δραστηριότητες σχετίζονται με τις επί μέρους συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου (Πανεπιστημίων, Ερευνητικών Κέντρων, Υπουργείων και Υπηρεσιών), καθώς και η αναδιοργάνωση και τυποποίηση της λειτουργίας των υδρομετεωρολογικών δικτύων της χώρας. Το έργο περιλάμβανε:

- (α) υλικό εξοπλισμό, και συγκεκριμένα, δίκτυο 13 κύριων κόμβων (RISC Workstations με λειτουργικό σύστημα UNIX) σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη, τοπικά δίκτυα από PC σε κάθε κόμβο, ιδιωτικό δίκτυο ευρείας περιοχής υψηλής ταχύτητας με χρήση δρομολογητών (routers) και μισθωμένων γραμμών ΟΤΕ (σε μια εποχή που δεν υπήρχε το Διαδίκτυο)·
- (β) λογισμικό υποδομής, και συγκεκριμένα, σχεσιακή καταναμημένη βάση δεδομένων και γραφικό περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών· και
- (γ) λογισμικό εφαρμογής, και συγκεκριμένα, καταναμημένη βάση δεδομένων που εξασφαλίζει αυτονομία του κάθε φορέα στη διαχείριση των δεδομένων του και διαφανή ως προς τη θέση των δεδομένων προσπέλαση, καθώς και εφαρμογές για την εισαγωγή, τον έλεγχο και την επεξεργασία των δεδομένων σε γραφικό περιβάλλον λειτουργίας.

Επίσης, στο έργο περιλαμβάνονταν ο εντοπισμός των διαθέσιμων υδρολογικών, υδρογεωλογικών και μετεωρολογικών δεδομένων που τηρούν οι συμμετέχοντες φορείς, και ο προσδιορισμός του πλήθους, της μορφής και του βαθμού αξιοπιστίας των μετρήσεων. Τέλος, στο πλαίσιο του έργου αναπτύχθηκαν και τυποποιήθηκαν μεθοδολογίες για την επεξεργασία της πληροφορίας καταχωρήθηκαν πιλοτικά υδρολογικά, υδρογεωλογικά και μετεωρολογικά δεδομένα, με στόχο τον έλεγχο των μεθοδολογιών και συστημάτων. Το έργο είχε μεγάλη επιτυχία, όχι μόνο ως προς την εκπλήρωση των μετρήσιμων στόχων του, αλλά και ως προς το γεγονός ότι έφερε σε επαφή και στενή συνεργασία τους συναρμόδιους φορείς.

Στη δεύτερη φάση του έργου, κατά την περίοδο 1997-2000 που εκπονήθηκε με συντονισμό του Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος του ΕΜΠ (Μιμίκου, 2000· Baltas et al., 2004)[†], έγιναν αλλαγές στις υπολογιστικές συνιστώσες του έργου και αρχειοθετήθηκε ένας σημαντικός όγκος πρωτογενών δεδομένων.

Στην πιο πρόσφατη, τρίτη του φάση, το ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ αναπτύχθηκε περαιτέρω στο πλαίσιο του έργου: «Ανάπτυξη νέας βάσης λογισμικού για τη διαχείριση και λειτουργία της Εθνικής Τράπεζας Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας (ΕΤΥΜΠ) – Γ΄ Φάση σε περιβάλλον ΓΣΠ (GIS) και δημοσιοποίηση του έργου της ΕΤΥΜΠ» το οποίο εκπονήθηκε

[†] Η Αναθέτουσα Αρχή ήταν το Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ και Ανάδοχος ήταν το ΕΜΠ με συνεργαζόμενες εταιρίες (υπεργολάβους), ενώ συνέβαλαν ως συμμετέχοντες φορείς οι αρμόδιες Διευθύνσεις των Υπουργείων ΠΕΧΩΔΕ, Γεωργίας και Ανάπτυξης, η ΕΜΥ, η ΔΕΗ και το ΕΑΑ.

από Γραφεία Μελετών σε συνεργασία με τον Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος του ΕΜΠ[‡]. Η φάση αυτή αξιοποίησε δεδομένα που είχαν αρχειοθετηθεί στη δεύτερη φάση, ενώ κινήθηκε στη γενική φιλοσοφία της πρώτης φάσης για τη συνεργασία των φορέων καθώς και την ελεύθερη διακίνηση της γνώσης και πληροφοριών.

Ειδικότερος στόχος της τρίτης φάσης του έργου ήταν η αξιοποίηση της υπάρχουσας εμπειρίας και η μετεξέλιξη της βάσης Υδρολογικών, Υδρογεωλογικών και Μετεωρολογικών Δεδομένων σε μια ενιαία, λειτουργική και αξιόπιστη οντότητα, που να αποτελέσει τη βασική υποδομή για την υλοποίηση των Κοινοτικών Οδηγιών 2000/60 και 2007/60. Ακόμη, η τρίτη φάση αποσκοπούσε στην επικαιροποίηση των αποθηκευμένων δεδομένων, στον εμπλουτισμό της δέσμης εφαρμογών που είχαν ήδη αναπτυχθεί και στη συνεχή επιχειρησιακή αξιοποίηση του έργου. Παρότι διατηρήθηκε η γενική λογική της αρχικής φάσης, οι τεχνολογικές εξελίξεις που μεσολάβησαν επέτρεψαν την ακόμη καλύτερη εφαρμογή αυτής της λογικής όπως αναλύεται παρακάτω.

Τα λογισμικά υποδομής που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη ήταν:

- Λειτουργικά συστήματα: Linux, Windows Server 2008·
- Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων: PostgreSQL, MySQL·
- Γλώσσες προγραμματισμού: Django, Python, PHP, Delphi·
- Σύστημα Γεωγραφικής Πληροφορίας: ArcGIS·
- Εξυπηρετητής Web: Apache·
- Σύστημα διαχείρισης περιεχομένου: Joomla.

Στην ανάπτυξη χρησιμοποιήθηκαν ανοιχτά πρότυπα με κατά προτίμηση χρήση ελεύθερου λογισμικού. Οι εφαρμογές λογισμικού που αναπτύχθηκαν συνοδεύονται από ελεύθερη άδεια χρήσης (GPL 3).

3.2 ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

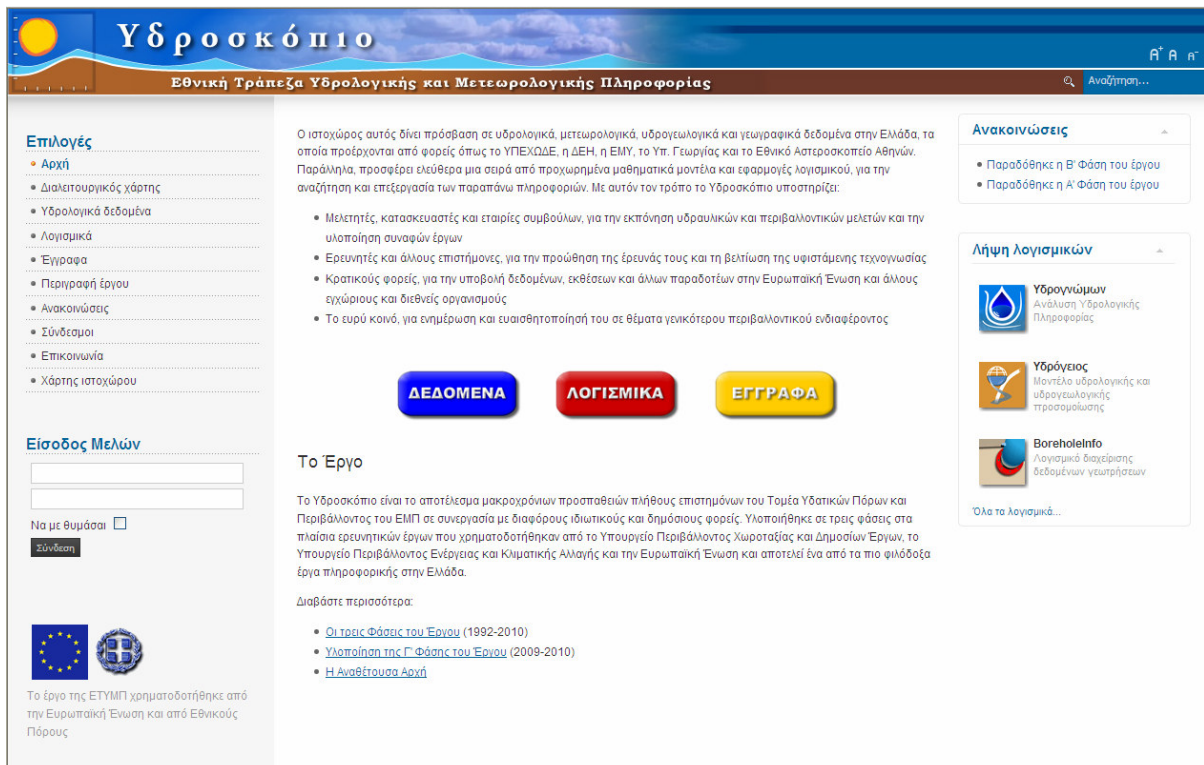
Στην τρέχουσα μορφή του, το σύστημα λειτουργεί σε Διαδικτυακό περιβάλλον (www.hydroscope.gr) και περιλαμβάνει:

- βάσεις δεδομένων υδρομετεωρολογικής και γεωγραφικής πληροφορίας·
- εφαρμογές λογισμικού διαχείρισης και επεξεργασίας της πληροφορίας·
- ψηφιακή βιβλιοθήκη.

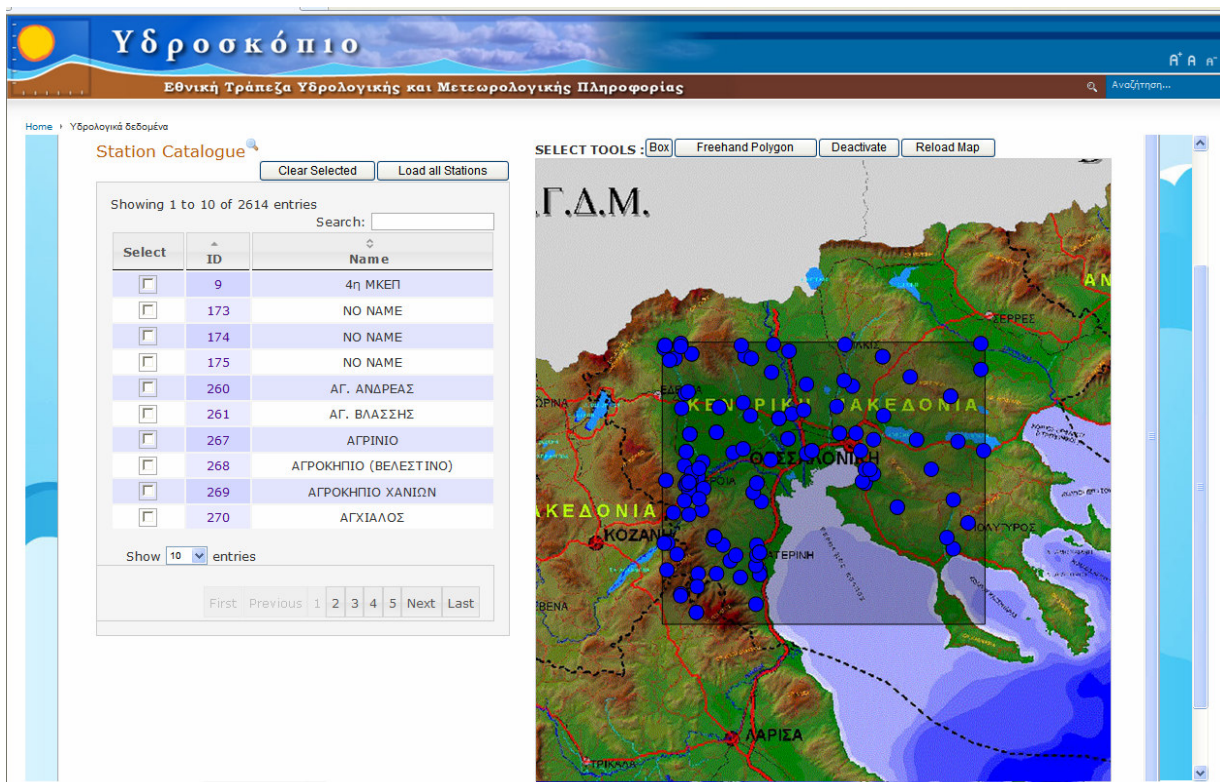
Το σύνολο των εφαρμογών και εγγράφων διατίθενται ελεύθερα στους χρήστες. Από τους συμμετέχοντες φορείς, το ΥΠΕΚΑ διαθέτει ελεύθερα και τα δεδομένα του.

Στο Σχήμα 1 φαίνεται η κεντρική ιστοσελίδα του έργου μέσα από την οποία γίνεται η πρόσβαση στις παραπάνω κατηγορίες πληροφορίας. Στο Σχήμα 2 φαίνεται η εφαρμογή ανάκτησης υδρολογικών δεδομένων με τη βοήθεια εφαρμογής διαχείρισης των σταθμών μέτρησης. Με το σύστημα γίνεται η συλλογή-διαχείριση-οργάνωση-επεξεργασία-διάχυση της υφιστάμενης υδρολογικής-μετεωρολογικής-υδρογεωλογικής-περιβαλλοντικής-γεωγραφικής πληροφορίας. Η φιλοσοφία του συστήματος βασίζεται στο τρίπτυχο: *Ελευθερία-Απλότητα-Πληρότητα*, το οποίο επιτυγχάνεται με τη χρήση του Διαδικτύου ως βασικού μέσου επικοινωνίας.

[‡] Η Αναθέτουσα Αρχή ήταν το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων/Διεύθυνση Προστασίας. Ο ανάδοχος ήταν η Κοινοπραξία Συστημάτων Υδροσκοπίου η οποία αποτελούνταν από τους (α) Εξάρχου Νικολόπουλος Μπενσασσών Σύμβουλοι Μηχανικοί Ε.Π.Ε., (β) Λαζαρίδης & Συνεργάτες Ανώνυμη Τεχνική Εταιρεία Μελετών Α.Ε. και (γ) Γεωθεσία Σύμβουλοι Ανάπτυξης Ε.Π.Ε. Οι συνεργαζόμενοι φορείς ήταν το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος) και η Υδροεξυγιαντική, Λ.Σ. Λαζαρίδης & Σία Ε.Ε. Η διάρκεια εκπόνησης έργου ήταν από τον Μάιο του 2009 μέχρι τον Απρίλιο του 2010.



Σχήμα 1 Κεντρική ιστοσελίδα Υδροσκοπίου.



Σχήμα 2 Εφαρμογή ανάκτησης υδρολογικών δεδομένων.

Η ελευθερία επιτυγχάνεται με:

- Χρήση υποδομής από ελεύθερο λογισμικό (GNU/Linux, PostgreSQL, Python/Django, Mercurial, Bugzilla). Οι εφαρμογές που αναπτύσσονται χαρακτηρίζονται από (α) τυποποίηση ανάπτυξης, (β) διαχρονικότητα, (γ) μείωση κόστους συντήρησης, και (δ) φειδωλή χρήση πόρων.
- Πρόσβαση από το Διαδίκτυο σε ελεύθερα προϊόντα όπως: (α) υδρολογικές-γεωγραφικές εφαρμογές και μοντέλα (διατίθενται ελεύθερα το λογισμικό, τα δεδομένα εφαρμογής, η θεωρητική τεκμηρίωση και οι οδηγίες χρήσης), (β) μελέτες, οδηγίες, προδιαγραφές, παράγωγη πληροφορία, και (γ) συγκεκριμένες κατηγορίες γεωγραφικών και υδρο-μετεωρολογικών δεδομένων. Η χρήση του λογισμικού από πολλούς χρήστες και για ποικίλες εργασίες έχει αποτέλεσμα τον έλεγχο και τη συνεχή βελτίωση του λογισμικού μοντέλων. Ακόμη υπάρχει αξιοποίηση της παράγωγης πληροφορίας (επεξεργασμένες χρονοσειρές, χάρτες, μελέτες).

Η απλότητα αφορά στη:

- Διακίνηση δεδομένων σε απλές μορφές (plain text)
- Ενσωμάτωση άλλων δεδομένων, π.χ. από μετεωρολογικούς σταθμούς εθελοντών (συναφές είναι και το σύστημα openmeteo.org: Kozanis et al., 2012)
- Αυτονομία εφαρμογών (stand-alone).

Αυτά έχουν αποτέλεσμα το σύστημα να είναι ανανεώσιμο, διαχρονικό και επεκτάσιμο με βάση τις μελλοντικές ανάγκες.

Τέλος, η πληρότητα σχετίζεται με το ότι:

- Το σύστημα ενσωματώνει την υπάρχουσα εμπειρία
- Ο χρήστης έχει διάφορα επίπεδα εμπλοκής με το σύστημα
- Υπάρχει αξιοπιστία εφαρμογών και δεδομένων
- Το σύστημα είναι ολοκληρωμένο αλλά και επεκτάσιμο.

Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα ότι (α) υπάρχει πρόσβαση στην πρωτογενή πληροφορία (πρωτογενείς μετρήσεις, σαρωμένες ταινίες), (β) ο χρήστης μπορεί να υλοποιήσει από πολύ απλές εφαρμογές μέχρι ολοκληρωμένες επεξεργασίες, και (γ) διατίθεται τυποποιημένη υλοποίηση συγκεκριμένων επεξεργασιών ευρείας χρήσης (π.χ. όμβριες καμπύλες).

Οι εφαρμογές λογισμικού που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του έργου ή ενσωματώθηκαν στο σύστημα είναι, μεταξύ άλλων:

- **Ενυδρίς:** Διαχείριση διαδικτυακής βάσης δεδομένων (Christofides et al., 2011)
- **Υδρογνώμων:** Ανάλυση υδρολογικής πληροφορίας (Kozanis et al., 2010)
- **BoreholeInfo:** Διαχείριση υδρογεωλογικών δεδομένων (προσαρμόστηκε από αντίστοιχο πρόγραμμα της δεύτερης φάσης).
- **Υδρόγειος:** Μοντέλο υδρολογικής και υδρογεωλογικής προσομοίωσης (Ευστρατιάδης κ.ά., 2009).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εφαρμογή διαχείρισης και επεξεργασίας των πρωτογενών δεδομένων. Ο Υδρογνώμων διαχειρίζεται τα υδρολογικά δεδομένα προκειμένου να είναι αξιοποιήσιμα. Περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα τυπικών και εξειδικευμένων εφαρμογών, που ενσωματώνουν συνήθεις τεχνικές καθώς και μεθοδολογίες αιχμής. Εκτελεί επεξεργασίες, οι οποίες σχεδιάστηκαν ήδη κατά την πρώτη φάση (Κουτσογιάννης, 1994), ενώ αναβαθμίστηκαν με βάση την εμπειρία που αποκτήθηκε και υλοποιήθηκαν με τα νέα διαθέσιμα εργαλεία ανάπτυξης. Σε αυτές περιλαμβάνονται:

- Οργάνωση, έλεγχος, επεξεργασία και παρουσίαση υδρολογικών δεδομένων·
- Συμπλήρωση και επέκταση χρονοσειρών·
- Επιφανειακή ολοκλήρωση και υψομετρική αναγωγή σημειακών δειγμάτων·
- Εκτίμηση εξάτμισης και εξατμοδιαπνοής·
- Εφαρμογές παρεμβολής·
- Κατασκευή καμπυλών στάθμης-παροχής·
- Κατασκευή χρονοσειράς παροχής από δείγματα σταθμημέτρου και σταθμηγράφου·
- Στατιστική ανάλυση υδρολογικών δειγμάτων·
- Ανάλυση μέγιστων υψών βροχής για παραγωγή όμβριων καμπυλών·
- Μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο λεκάνης απορροής.

Το όλο πλαίσιο των εφαρμογών καλύπτει ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων υδατικών πόρων και αποτελεί προϊόν μακρόχρονης εμπειρίας σε θέματα υδατικών πόρων, ενώ έχει ελεγχθεί σε μεγάλο αριθμό υδροσυστημάτων, κάθε πολυπλοκότητας. Οι εφαρμογές συνδυάζουν απλές και σύνθετες λειτουργίες και περιλαμβάνουν προσδιοριστικές και στοχαστικές προσεγγίσεις. Διατίθενται ελεύθερα μέσω της ιστοσελίδας του Υδροσκοπίου (οι περισσότερες ως λογισμικό ανοιχτού κώδικα) και υπάρχει ενημέρωση για την παραγωγή επικαιροποιημένων εκδόσεων. Αν και υλοποιούν τις πλέον σύγχρονες μεθοδολογικές προσεγγίσεις, είναι προσαρμοσμένες στις ιδιαιτερότητες των ελληνικών συνθηκών (π.χ. ανεπάρκεια δεδομένων). Διορθώνονται, βελτιώνονται και εμπλουτίζονται μέσα από μια διαδραστική συνεργασία επιστημόνων, ερευνητών, μελετητών, προπτυχιακών και μεταπτυχιακών φοιτητών, κτλ. Ειδικότερα, στα υδρολογικά μοντέλα δίνεται έμφαση: (α) στην ολιστική αναπαράσταση των φυσικών και ανθρωπογενών διεργασιών, (β) στην ευελιξία ως προς τη σχηματοποίηση και παραμετροποίηση, (γ) στην υποστήριξη ΣΓΠ για την επεξεργασία των χωρικών δεδομένων και (δ) στη χρήση εξελιγμένων τεχνικών βαθμονόμησης (Nalbantis et al., 2011). Ορισμένες εφαρμογές είναι συμβατές με το πλαίσιο OpenMI, που επιτρέπει τη συνεργασία διάφορων καθιερωμένων μοντέλων σε πραγματικό χρόνο.

4. ΣΥΝΟΨΗ

Το ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ είναι ένα διαδικτυακό σύστημα με το οποίο γίνεται η διαχείριση της υφιστάμενης υδρομετεωρολογικής και γεωγραφικής πληροφορίας. Το σύστημα περιλαμβάνει τις βάσεις δεδομένων υδρομετεωρολογικής και γεωγραφικής πληροφορίας, εφαρμογές λογισμικού και ψηφιακή βιβλιοθήκη. Οι τρεις φάσεις ανάπτυξης του συστήματος έδειξαν τις δυσκολίες ενός εγχειρήματος που αποσκοπεί στην εξασφάλιση συνεργασίας μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων καθώς και στον εκσυγχρονισμό και την ελεύθερη διάθεση των πληροφοριών. Όπως συμβαίνει με όλα τα έργα υποδομής της χώρας, η ολοκλήρωση και η συντήρηση του έργου δεν είναι καθόλου εύκολη, ούτε δεδομένη.

Η χρησιμότητα του συστήματος εξαρτάται πρώτιστα από το αν θα εξασφαλισθεί η επικαιροποίηση της βάσης με τις νέες μετρήσεις. Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η ενσωμάτωση υδρολογικών δεδομένων άμεσης προτεραιότητας (μέγιστων βροχών, παροχών ποταμών, ισοζυγίων ταμιευτήρων), τα οποία είναι απαραίτητα ώστε να υποστηριχθεί η προσαρμογή της χώρας στις Οδηγίες της ΕΕ σχετικά με τα νερά (2000/60, 2007/60). Ακόμη, είναι σκόπιμη (α) η αναβάθμιση της πλατφόρμας, (β) η ενσωμάτωση πρόσθετων εξειδικευμένων εφαρμογών λογισμικού, (γ) η συνεχής ενημέρωση της ψηφιακής βιβλιοθήκης και (δ) η συνεργασία με άλλες βάσεις δεδομένων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Baltas, E. A., A. M. Gkikas and M. A. Mimikou, An integrated system for management and processing of hydrogeological data, World Water & Environmental Resources Congress 2003 and Related Symposia—ASCE, 2004.
2. Christofides, A., S. Kozanis, G. Karavokiros, Y. Markonis, and A. Efstratiadis (2011), Enhydri: A free database system for the storage and management of hydrological and meteorological data, European Geosciences Union General Assembly 2011, **Geophysical Research Abstracts**, Vol. 13, Vienna, 8760, European Geosciences Union.
3. Kozanis, S., A. Christofides, N. Mamassis, A. Efstratiadis, and D. Koutsoyiannis (2010), Hydrognomon – open source software for the analysis of hydrological data, European Geosciences Union General Assembly 2010, **Geophysical Research Abstracts**, Vol. 12, Vienna, 12419, European Geosciences Union.
4. Kozanis, S., A. Christofides, N. Mamassis, and D. Koutsoyiannis (2012), openmeteo.org: a web service for the dissemination of free meteorological data, **Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics**, edited by C.G. Helmig and P. Nastos, Athens, Springer, Athens.
5. Nalbantis, I., A. Efstratiadis, E. Rozos, M. Kopsiafti, and D. Koutsoyiannis (2011), Holistic versus monomeric strategies for hydrological modelling of human-modified hydrosystems, **Hydrology and Earth System Sciences**, 15, 743–758, doi:10.5194/hess-15-743-2011.
6. Sakellariou, A., D. Koutsoyiannis, and D. Tolikas (1994), HYDROSCOPE: Experience from a distributed database system for hydrometeorological data, **Hydraulic Engineering Software V: Proceedings of the 5th International Conference HYDROSOFT '94**, edited by W. R. Blain and K. L. Katsifarakis, Sithonia, 2, 309–316, Computational Mechanics Publications, Southampton.
7. Tolikas, D., D. Koutsoyiannis, et Th. Xanthopoulos (1993), HYDROSCOPE: Un système d'informations pour l'étude des phénomènes hydroclimatiques en Grèce, **Publications de l'Association Internationale de Climatologie, 6ème Colloque International de Climatologie**, édité par P. Maheras, Thessaloniki, 6, 673–682, Association Internationale de Climatologie, Aix-en-Provence Cedex, France.
8. Vafiadis, M., D. Tolikas, and D. Koutsoyiannis (1993), HYDROSCOPE: The new Greek national database system for meteorological, hydrological and hydrogeological information, **2nd International Conference on Flow Regimes from International Experimental and Network Data**, Braunschweig, UNESCO.
9. Ευστρατιάδης, Α., Ε. Ρόζος, και Α. Κουκουβίνος (2009), Υδρόγειος: Μοντέλο υδρολογικής και υδρογεωλογικής προσομοίωσης - Θεωρητική τεκμηρίωση, **Ανάπτυξη βάσης δεδομένων και εφαρμογών λογισμικού σε διαδικτυακό περιβάλλον για την «Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας»**, 139 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
10. Κουτσογιάννης, Δ. (1994), ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ: Οργάνωση και τεχνικά χαρακτηριστικά, **Επιστημονική ημερίδα για την παρουσίαση ερευνητικού έργου ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ**, Αθήνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
11. Μιμίκου, Μ. (2000), Τελική Έκθεση, **Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας** (περιέχει 21 Manual and 40 CD), Υπουργείο ΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα.
12. Τολίκας, Δ., Ε. Σιδηρόπουλος, Κ. Λ. Κατσιφαράκης, και Ν. Θεοδοσίου (1992), Γενικός σχεδιασμός Υπόγειας Υδρολογίας-Υδρογεωλογίας, Μελέτη των απαιτήσεων επεξεργασίας δεδομένων και καθορισμός των αντιστοίχων επιπέδων καταχώρησης

επεξεργασμένης πληροφορίας, **Υδροσκόπιο: Δημιουργία Εθνικής Τράπεζας Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας**, Τεύχος 2/9, 14 σελίδες.

13. Τολίκας, Δ., Δ. Κουτσογιάννης, και Θ. Ξανθόπουλος (1993), **ΥΔΡΟΣΚΟΠΙΟ: Ένα σύστημα πληροφοριών για τη μελέτη των υδροκλιματικών φαινομένων στην Ελλάδα, Πρακτικά του 8ου Σεμιναρίου για την προστασία του περιβάλλοντος**, Θεσσαλονίκη, 36–44, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Δήμος Θεσσαλονίκης, Γερμανικό Ινστιτούτο Goethe Θεσσαλονίκης.