

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

Αλέξανδρος Κουλίδης

Χημικός Μηχανικός, MSc Υπολογιστική Μηχανική
Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
Ειδική Υπηρεσία Περιβάλλοντος
alexander.koulidis@live.com

27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

1

Η ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στην αναπτυξιακή δυναμική διεξάγεται με αρκετές διαφορετικές προσεγγίσεις, μεταξύ των οποίων η περιβαλλοντική αδειοδότηση αποτελεί τη θεσμοθετημένη εκδοχή και αυτή που εφαρμόζεται με τη μεγαλύτερη συχνότητα. Η παρουσίαση αυτή επιδιώκει τη συνοπτική επισκόπηση των βασικών αρχών και των κυριότερων έμπρακτων ζητημάτων της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, για τους μεταπτυχιακούς φοιτητές της υπολογιστικής μηχανικής που ενδέχεται να προσανατολισθούν επαγγελματικά προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Το πρώτο μέρος της παρουσίασης επιχειρεί μια γρήγορη αναδρομή στην προέλευση, τις κεντρικές ιδέες και το νομικό πλαίσιο της περιβαλλοντικής αδειοδότησης. Παρότι θεωρητικό, το μέρος αυτό έχει την αξία του διότι αφενός σκιαγραφεί την προέλευση, τις αρχές και τις επιδιώξεις της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, αφετέρου περιγράφει το πλαίσιο των νομικών απαιτήσεων στις οποίες θα πρέπει να ανταποκρίνονται οι μελέτες, εκτιμήσεις και αξιολογήσεις για το περιβάλλον.

Το δεύτερο μέρος, παρουσιάζει τα κύρια στοιχεία της έμπρακτης εφαρμογής της περιβαλλοντικής αδειοδότησης. Επελέγη μια προσέγγιση «αποσυναρμολόγησης» της – συνήθως σύνθετης – διαδικασίας στα βασικά της στάδια και εστίαση στα κεντρικά ζητήματα της πρακτικής εφαρμογής. Έτσι, στο μέρος αυτό εντοπίζονται οι διακριτές φάσεις και οι βασικοί παίκτες της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης, η δομή της μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων και οι κύριοι άξονές της.

Στο τρίτο μέρος, έχουν επιλεγεί μερικές χαρακτηριστικές εφαρμογές της υπολογιστικής μηχανικής στην εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Πέρα από τη συνοπτική περιγραφή και την ανάδειξη της αξίας της κάθε περίπτωσης, επιδιώκεται μια συνολική αποτύπωση του ότι η εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων και το περιβάλλον γενικότερα, αποτελεί ένα προνομιακό πεδίο για εφαρμογών την υπολογιστικής μηχανικής. Στο πλαίσιο αυτό, αναφέρονται μερικοί νέοι τομείς στο ευρύ φάσμα των περιβαλλοντικών εκτιμήσεων, στους οποίους διαφαίνεται ότι η υπολογιστική μηχανική έχει σημαντικό ρόλο να διαδραματίσει.

Η παρουσίαση ολοκληρώνεται με μια σύντομη αναφορά στις προκλήσεις και νέες ανάγκες στις οποίες χρειάζεται να ανταποκριθούν οι υπολογιστικές μεθοδολογίες για το περιβάλλον, και τέλος με την ανακεφαλαίωση των βασικότερων σημείων.

Γιατί χρειάζεται η μέριμνα για το περιβάλλον;

- **Περιβάλλον: Οικότοπος κοινωνιών, θεμέλιο ευημερίας.**
- **Η βασική αναγκαιότητα προστασίας του περιβάλλοντος είναι βαθιά ανθρωποκεντρική.**
- **Περιβάλλον + Οικονομία + Κοινωνία = Αειφόρος Ανάπτυξη**
- **Αειφόρος ανάπτυξη: βασική προτεραιότητα σε όλα τα θεμελιώδη θεσμικά κείμενα**

27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

2

Είναι όντως απαραίτητη η μέριμνα για το περιβάλλον; Τι το ιδιαίτερο έχει το περιβάλλον που το καθιστά δικαιούχο ειδικής προστασίας;

Το περιβάλλον καθορίζει τις συνθήκες διαβίωσης των κοινωνιών και αποτελεί το θεμέλιο της ευημερίας τους. Στο βραχυπρόθεσμο ορίζοντα (έτη) αλλά κυρίως στο μακροπρόθεσμο μέλλον (δεκαετίες), η δυνατότητα των μελών μιας κοινωνίας να ζήσουν σε αποδεκτές συνθήκες, μέσα σε καθαρό αέρα, με νερό επαρκές σε ποσότητα και ποιότητα, χωρίς υπερβολικές φυσικές καταστροφές, με παραγωγικά εδάφη και δάση, εξαρτάται από το περιβάλλον στο οποίο βασίζεται η ανάπτυξη της κοινωνίας αυτής. Ιστορικά, προβλήματα στους περιβαλλοντικούς παράγοντες που προαναφέρθηκαν, είτε ανθρωπογενούς είτε φυσικής αιτίας, απείλησαν όχι μόνο την ευημερία αλλά και την προοπτική επιβίωσης αρκετών κοινωνιών. Σήμερα, η επιβίωση των ευρωπαϊκών κοινωνικών δεν φαίνεται να απειλείται, αλλά κάποιες από τις κρίσεις στην Αφρική και σε ορισμένες περιοχές της Ασίας, για τις οποίες πληροφορούμαστε στιγμιαία και επιφανειακά από την τρέχουσα ειδησεογραφία, προέρχονται απευθείας από την υποβάθμιση του περιβάλλοντος στις περιοχές εκείνες, η οποία απειλεί την επιβίωση ορισμένων ομάδων ή ολόκληρης της τοπικής κοινωνίας.

Κατά βάθος, η αναγκαιότητα προστασίας του περιβάλλοντος είναι ανθρωποκεντρική, παρότι συχνά παρουσιάζεται με οικολογική ή φυσιολατρική στόχευση. Στην ουσία, οι οικολογικές ή φυσιολατρικές προσπάθειες δεν αποτελούν παρά μια άλλη εκδοχή της προσπάθειας να διατηρηθεί η φύση όπως ήταν, με την ελπίδα να διατηρηθεί αναλόγως και το επίπεδο ευημερίας των ανθρώπων που ζουν εξαρτημένοι από αυτή.

Σε μια πιο σύγχρονη και ισορροπημένη προσέγγιση, η περιβαλλοντική προστασία συνδυάζεται με την οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική πρόοδο, συνθέτοντας την έννοια της αειφόρου ανάπτυξης.

Η αειφόρος ανάπτυξη έχει υιοθετηθεί ως βασική αρχή διακυβέρνησης και αποτελεί πλέον βασική προτεραιότητα σε όλα τα θεμελιώδη θεσμικά κείμενα, όπως η Συνθήκη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και το Σύνταγμα της Ελλάδος.

Πρόληψη ή εκ των υστέρων αντιμετώπιση;

- Η εκ των υστέρων αντιμετώπιση δεν αρκεί.
- Οι προσπάθειες προστασίας του περιβάλλοντος ανεξάρτητα από το σχεδιασμό, αποδείχθηκαν ατελέσφορες, ακριβές και περιορισμένης αποτελεσματικότητας.
- Όταν το περιβάλλον λαμβάνεται εκ των προτέρων υπόψη, εισάγονται ανάλογες πρόνοιες στο σχεδιασμό.
- Εξασφαλίζεται έτσι εξ αρχής η περιβαλλοντική συμβατότητα της αναπτυξιακής πορείας και η αποφυγή πρόκλησης σημαντικών επιπτώσεων.

27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, εμπρακτές εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

3

Οι πρώτες προσπάθειες προστασίας του περιβάλλοντος εμφανίστηκαν ως απόκριση σε υπάρχοντα, μεγάλα προβλήματα, όπως περιστατικά εκτεταμένης βιομηχανικής ή αστικής ρύπανσης, μεγάλης καταστροφής δασών από εξορυκτικές δραστηριότητες, ευτροφισμού και απονέκρωσης λιμνών κ.α. Γρήγορα διαφάνηκε ότι όταν το πρόβλημα πάρει εκτάσεις, καθίσταται ιδιαίτερα επίμονο και η λύση του δυσκολεύει και ακριβαίνει. Έτσι, άρχισε να εμφανίζεται όλο και συχνότερα η διαπίστωση ότι θα ήταν πολύ προτιμότερο να λαμβάνονται προληπτικά μέτρα περιβαλλοντικής πρόνοιας, εκ των προτέρων ενσωματωμένα στα έργα, παρά εκ των υστέρων κατασταλτική ή και ανατακτική δράση.

Ένα άλλο ερώτημα που εμφανιζόταν όλο και συχνότερα ήταν εάν τα μέτρα για το περιβάλλον πρέπει να είναι ανεξάρτητα και οριζόντια (να αφορούν δηλαδή παγίως όλες τις ομοειδείς περιπτώσεις) ή είναι προτιμότερο να ανταποκρίνονται στα ειδικά χαρακτηριστικά κάθε περίπτωσης. Αποδείχθηκε ότι στα έργα σημαντικού μεγέθους, χρειάζονται μέτρα ειδικώς προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητές κάθε έργου και του περιβάλλοντος που αυτό εγκαθίσταται. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ισόρροπη περιβαλλοντική μέριμνα: εισάγεται ο κατάλληλος κάθε φορά βαθμός περιβαλλοντικής μέριμνας, χωρίς υπερβολές ή εκπτώσεις. Περαιτέρω, επιλέγονται μέτρα του καταλληλότερου είδους, αποφεύγοντας γενικές συνταγές που ενδέχεται να μην προσιδιάζουν στο έργο. Τέλος, με την προσέγγιση αυτή, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας πραγματοποιείται στο στάδιο του σχεδιασμού, εξασφαλίζεται εκ των προτέρων η αποφυγή πρόκλησης επιπτώσεων (αντί του εκ των υστέρων περιορισμού τους) και το έργο καθίσταται περιβαλλοντικά συμβατό.

Διεθνείς Θεσμοί

- Η προστασία του περιβάλλοντος έχει σημαντικές υπερτοπικές διαστάσεις.
- Διεθνές επίπεδο λήψης αποφάσεων (UN, WTO, IMO, ICAO κ.ά.): δεσμευτικές συμφωνίες.
- Διακρατικό, διαπολιτειακό, ομοσπονδιακό επίπεδο: κοινά όρια και υποχρεώσεις για τα μέλη.
- Στην ΕΕ, η περιβαλλοντική προστασία κατέχει σημαντική θέση τόσο στις βασικές αρχές λειτουργίας της όσο και στη νομοθετική παραγωγή (κανονισμοί και οδηγίες).

27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

4

Ενώ ιστορικά οι πρώτες προσπάθειες περιβαλλοντικής προστασίας ήταν καθαρά τοπικού χαρακτήρα, γρήγορα διαπιστώθηκε ότι χρειάζεται υπερτοπική δραστηριοποίηση, τόσο για την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων μεγάλης, διασυνοριακής έκτασης όσο και για την ενιαία ρύθμιση των συνεπειών που περιβαλλοντική προστασία έχει στις παραγωγικές και καταναλωτικές δραστηριότητες, π.χ. στην ανταγωνιστικότητα της βιομηχανίας ή τις εκπομπές των οχημάτων.

Έτσι, στο υπερτοπικό επίπεδο λήψης αποφάσεων, κυρίως στον ΟΗΕ ή σε άλλους τομεακούς διεθνείς οργανισμούς (π.χ. IMO για τη ναυτιλία, ICAO για την πολιτική αεροπορία, WTO για το εμπόριο) συνάπτονται συμφωνίες που δεσμεύουν τα μέλη σε συγκεκριμένες επιλογές (π.χ. όρια εκπομπών, αποφυγή ρυπαντικών ουσιών ή πρακτικών κ.ά.). Παράλληλα, στις διακρατικές ή διαπολιτειακές συσσωματώσεις (Ευρωπαϊκή Ένωση και ομοσπονδίες όπως οι ΗΠΑ και η Γερμανία καθώς και οιωνεί η Βρετανία) αναλαμβάνονται κοινές δεσμεύσεις για ένα εκτενές φάσμα περιβαλλοντικών ζητημάτων (ατμόσφαιρα, ύδατα, βιοποικιλότητα, χημικές ενώσεις κ.ά.).

Συμπέρασμα: πολλές από τις δεσμεύσεις για το περιβάλλον που εφαρμόζονται στην Ελλάδα, έχουν διεθνή ή ευρωπαϊκή προέλευση και εφαρμόζονται αναλόγως στα άλλα κράτη – μέλη. Έχει ενδιαφέρον να δει κανείς τους διαφορετικούς τρόπους εφαρμογής, οι οποίοι αντανακλούν μεταξύ άλλων και τις δομικές-οργανωτικές διαφορές στο εσωτερικό των κρατών-μελών. Συγχρόνως, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η μη-τήρηση τέτοιων δεσμεύσεων δεν επιβαρύνει μόνο το περιβάλλον αλλά συνεπάγεται αφενός κυρώσεις προς τη χώρα και αφετέρου επιδείνωση της θέσης της στις διαδικασίες διαπραγμάτευσης-συναπόφασης, κυρίως μέσα στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Τοπική δράση

- Η θεσμική παραγωγή περιβαλλοντικών δεσμεύσεων συμβαίνει στο διεθνές ή ευρωπαϊκό επίπεδο, αλλά η εφαρμογή μέτρων για το περιβάλλον πραγματοποιείται τοπικά.
- Συνολική περιβαλλοντική βελτίωση: άθροιση τοπικών δράσεων.
- Αποκλίσεις στο τοπικό επίπεδο: τοπική επιδείνωση αλλά και συνολική περιβαλλοντική οπισθοδρόμηση.

27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

5

Μπορεί το προνομιακό επίπεδο παραγωγής θεσμικών δεσμεύσεων για το περιβάλλον να είναι το διεθνές ή το ευρωπαϊκό, αλλά η εφαρμογή των δεσμεύσεων αυτών πραγματοποιείται στο τοπικό επίπεδο, με τη λήψη των κατάλληλων μέτρων και τις ανάλογες επιλογές στο σχεδιασμό. Η κατάσταση αυτή σχηματίζεται παραστατικά στο παλιό σύνθημα “think globally, act locally”.

Η τοπική δράση διεξάγεται με ποικιλία μορφών: σχεδιασμός περιβαλλοντικά συμβατότερων έργων υποδομής (π.χ. δρόμοι καλύτερα προσαρμοσμένοι στο ανάγλυφο και με λιγότερες οχλήσεις, εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων καλύτερης και σταθερότερης απόδοσης), στροφή σε περιβαλλοντικά προτιμότερες επιλογές (π.χ. φυσικό αέριο αντί πετρελαίου στην ηλεκτροπαραγωγή και τη θέρμανση, περισσότερη σιδηροδρομική μεταφορά εμπορευμάτων αντί οδικής), χωροταξική αναδιάρθρωση (μεταφορά βιομηχανικών-βιοτεχνικών δραστηριοτήτων σε οργανωμένους υποδοχείς, κέντρα συνδυασμένων μεταφορών) και βέβαια επιλογή καταλληλότερων τεχνολογιών (flash smelting αντί εκχύλισης με κυάνιο στην ανάκτηση χρυσού, βαφές νερού αντί οργανικών διαλυτών κ.ά.).

Η άθροιση των τοπικών δράσεων οδηγεί σε συλλογική βελτίωση του περιβάλλοντος. Δηλαδή, η συνολική περιβαλλοντική πρόοδος, που επιδιώκεται από τις δεσμεύσεις στο θεσμικό επίπεδο, επιτυγχάνεται τελικώς διαμέσου συντονισμένων τοπικών δράσεων. Όμως, έστω και μεμονωμένες αποκλίσεις στο τοπικό επίπεδο δεν προκαλούν μόνο επιδεινώσεις μικρής εμβέλειας. Με την υπαναχώρηση που σηματοδοτούν, δημιουργούν τάσεις συνολικής περιβαλλοντικής οπισθοδρόμησης. Με δυο λόγια: όσο η περιβαλλοντική πρόοδος επιτυγχάνεται με τη συνέργεια πολλών τοπικών δράσεων, άλλο τόσο κινδυνεύει από τις τοπικές αποκλίσεις και παραβάσεις των περιβαλλοντικών δεσμεύσεων.

Περιβαλλοντική συμβατότητα = έξυπνος σχεδιασμός

- Αρχικά, η περιβαλλοντική διάσταση επιβαλλόταν εκ των άνω και ανεξάρτητα από τις τεχνικές διαστάσεις.
- Σήμερα, επικρατεί υβριδισμός. Η περιβαλλοντική μέριμνα συνδυάζεται με τις τεχνικές και τις οικονομικές επιλογές.
- Έτσι, ο σχεδιασμός συχνά καθίσταται εξυπνότερος: λιγότερες εισροές πρώτων υλών και ενέργειας, λιγότερα απόβλητα, μικρότερες εκπομπές.
- Η βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων οδηγεί σε αποτελεσματικότερη παραγωγή.

27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

6

Στις αρχικές προσπάθειες εισαγωγής της περιβαλλοντικής πρόνοιας στην αναπτυξιακή δυναμική, το περιβάλλον ήταν φρένο και έξοδος. Η προστασία του γινόταν αντιληπτή ως εξωτερικά επιβαλλόμενη υποχρέωση μείωσης των διαστάσεων του έργου ή προσθήκης μέτρων μείωσης των επιπτώσεων, τα οποία παρέμεναν ασυσχέτιστα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά, και επιπρόσθετα συνοδεύονταν από σημαντικό κόστος.

Σήμερα, οι τεχνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιλογές πραγματοποιούνται ταυτόχρονα. Η καθεμιά από αυτές τις τρεις διαστάσεις επηρεάζεται και επιδρά στις άλλες δύο. Π.χ. ο σύγχρονος σχεδιασμός μιας βιομηχανικής δραστηριότητας περιλαμβάνει εξαρχής μέριμνα για λιγότερα απόβλητα και αποτελεσματική επεξεργασία τους, ενώ πολλές από τις τεχνολογικές επιλογές στρέφονται προς περιβαλλοντικά συμβατότερες λύσεις, παρά το (κάποιες φορές) ακριβότερο κόστος. Παράλληλα, οι οικονομικοί υπολογισμοί συμπεριλαμβάνουν τα περιβαλλοντικά κόστη ή/και κέρδη. Στα τελευταία, πέρα από τα άμεσα μεγέθη, συμπεριλαμβάνονται πλέον και τα έμμεσα κέρδη από την ελκυστικότητα της εταιρικής ταυτότητας μιας περιβαλλοντικά ενσυνείδητης επιχείρησης.

Μέσα από αυτή τη συνδυαστική τεχνική-οικονομική-περιβαλλοντική προσέγγιση, ο σχεδιασμός καθίσταται εξυπνότερος. Βασίζεται σε εξαρχής βελτιστοποιήσεις, που αφορούν π.χ. στην αποτελεσματικότερη αξιοποίηση πρώτων υλών και ενέργειας, στην επαναχρησιμοποίηση ή αξιοποίηση παραπροϊόντων, στη λεπτομερέστερη ρύθμιση των παραγωγικών διεργασιών κ.α. Το αποτέλεσμα είναι μείωση των απαιτούμενων εισροών, όπως και των αποβλήτων και εκπομπών.

Αξίζει εδώ να αναφερθεί ένα ανάλογο παράδειγμα από τον τομέα της ενέργειας: Στην Ευρώπη, η ενεργειακή αποτελεσματικότητα έχει επιλεγεί ως βασικό εργαλείο περιορισμού των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, συντελώντας παράλληλα στην ενεργειακή ανεξαρτησία της ΕΕ. Στο πλαίσιο αυτό, ενισχύεται η έρευνα και ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων ή υπηρεσιών, τα ήδη διαδεδομένα προϊόντα παράγονται με λιγότερη ενέργεια και άρα μικρότερο κόστος, ενώ τα ίδια καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια για να πετύχουν το ίδιο ή καλύτερο αποτέλεσμα. Μετά από λίγα χρόνια ενίσχυσης, μετρήθηκε πρόσφατα ότι η ενεργειακή αποτελεσματικότητα της Ευρώπης είναι 2,5 φορές μεγαλύτερη από αυτή της Κίνας. Αυτό σημαίνει ότι ένα προϊόν παράγεται στην Ευρώπη καταλώνοντας μόνο το 40% της ενέργειας που θα χρειαζόταν για να παραχθεί στην Κίνα. Είναι σαφές ότι, η επιδίωξη καλύτερων περιβαλλοντικών επιδιώξεων κατέστησε τις ευρωπαϊκές παραγωγικές μεθόδους εξυπνότερες και πιο αποτελεσματικές.

Η περιβαλλοντική αδειοδότηση και οι επιδιώξεις της

- Η περιβαλλοντική αδειοδότηση αποτελεί το νομικό περίβλημα του περιβαλλοντικού σχεδιασμού.
- Επιδιώκει με θεσμικά οργανωμένο τρόπο να εισάγει από νωρίς την περιβαλλοντική διάσταση στο σχεδιασμό.
- Τελικός σκοπός: η παραγωγή περιβαλλοντικά συμβατότερων έργων και δραστηριοτήτων.

27-Ian-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων:
νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

7

Μεταξύ της πλειάδας των εργαλείων προστασίας του περιβάλλοντος που διαμορφώθηκαν τα τελευταία σαράντα χρόνια, η περιβαλλοντική αδειοδότηση κατέχει προεξάρχουσα θέση. Με δυο λόγια, πρόκειται για τη νομοθετημένη διαδικασία με την οποία διασφαλίζεται ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις λαμβάνονται εξ αρχής υπόψη και αντιμετωπίζονται με ad hoc τρόπο (δηλαδή εξειδικευμένο και προσαρμοσμένο στην περίπτωση κάθε έργου). Μερικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης προσέγγισης που αξίζει να επισημανθούν είναι τα εξής:

- Η ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό, έχει πλέον θεσμική οργάνωση, με συγκεκριμένους κανόνες και διαδικασίες.
- Η πολιτεία έχει αναλάβει το ρόλο του ελέγχου και της αδειοδότησης για σχέδια έργων που ενδέχεται να επηρεάσουν του περιβάλλον. Αυτό σημαίνει ότι ένα μικρό μέρος του δικαιώματος στο ελεύθερο επιχειρείν ή στην ανάπτυξη των κοινωφελών υποδομών, εκχωρείται υπέρ του περιβάλλοντος. Η εκχώρηση αυτή καλύπτεται από την ανειλημμένη σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο υποχρέωση προστασίας του περιβάλλοντος από το βασικό φορέα άσκησης δημόσιας εξουσίας.
- Ο τελικός σκοπός της περιβαλλοντικής αδειοδότησης είναι η παραγωγή περιβαλλοντικά συμβατότερων έργων και δραστηριοτήτων. Επομένως, η διαδικασία δεν αντιστρατεύεται την ανάπτυξη. Αντίθετα, λειτουργεί ως ρυθμιστής εκ των προτέρων εξισορρόπησης των συνεπειών στο περιβάλλον, από έργα και δραστηριότητες που εάν αφήνονταν ανεξέλεγκτα, ενδέχεται να κατέληγαν σε αρνητικές προστιθέμενες αξίες, προκαλώντας περιβαλλοντικές επιπτώσεις και επιδείνωση των συνθηκών διαβίωσης, των οποίων η αντιμετώπιση θα κόστιζε πολύ περισσότερο από την αξία των παραγόμενων προϊόντων ή υπηρεσιών.

Εδώ αξίζει η παραπομπή σ' ένα παράδειγμα: τον Οκτώβριο, ο νομπελίστας στην οικονομική επιστήμη Paul Krugman, στο τακτικό του άρθρο στους NY Times, παραπέμποντας σε μελέτη τριών ερευνητών του Yale και του Middlebury College, αναφέρει ότι εάν συνυπολογιστεί η περιβαλλοντική ζημία που προκαλούν ορισμένοι βιομηχανικοί κλάδοι μόνο μέσω της αέριας ρύπανσης (χωρίς δηλαδή να εξετασθούν οι επιπτώσεις στα νερά, στο έδαφος ή μακροπρόθεσμα στο κλίμα), προκύπτει ότι αρκετές επιχειρήσεις καταστρέφουν αξία αντί να δημιουργούν. Συγκεκριμένα, το κόστος της περιβαλλοντικής ζημίας υπερβαίνει το σύνολο των κερδών και των μισθών στις επιχειρήσεις αυτές. Αυτό, συμπληρώνει ο Krugman, δεν σημαίνει ότι τέτοιες επιχειρήσεις πρέπει να κλείσουν αλλά ότι χρειάζονται λεπτομερέστερους κανόνες για την περιβαλλοντικά συμβατότερη λειτουργία τους.

Το νομικό πλαίσιο: Ευρωπαϊκή Ένωση

- **Πρώτη εφαρμογή: Οδηγία 85/337**
 - σημαντικό εύρος έργων και δραστηριοτήτων
 - εκ των εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων
 - συμμετοχή κοινού
 - αναλυτική και πλήρης μελέτη
- **Εκτενής τροποποίηση: Οδηγία 97/11**
 - διασυνοριακή εκτίμηση
 - επέκταση ΕΠΕ σε περισσότερα είδη έργων
 - κριτήρια screening
- **Μικρές προσαρμογές: Οδηγίες 2003/35 και 2009/31**
 - Εναρμόνιση με Esroo
 - ΕΠΕ για αποθήκευση CO₂ σε γεωλογικούς σχηματισμούς

27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων:
νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

8

Στο επίπεδο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η πρώτη ολοκληρωμένη θεσμοθέτηση της υποχρέωσης να λαμβάνονται υπόψη οι περιβαλλοντικές μεταβολές ενός σχεδιαζόμενου έργου ή δραστηριότητας κατά το στάδιο των αποφάσεων υλοποίησής του, πραγματοποιήθηκε με την Οδηγία 85/337/ΕΟΚ, με την οποία εισήχθη η εκ των προτέρων (πριν από τη χορήγηση της άδειας υλοποίησης) εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, γνωστή και ως οδηγία ΕΠΕ. Μερικά από τα αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά της Οδηγίας είναι

- το εύρος των έργων και δραστηριοτήτων, που περιλαμβάνει από βιομηχανικές και άλλες παραγωγικές δραστηριότητες έως έργα υποδομής, όπως δρόμοι, φράγματα, λιμάνια που συνήθως είναι δημόσιες επενδύσεις,
- η απαίτηση για αποκλειστικά εκ των προτέρων (ex ante) εκτίμηση των επιπτώσεων, ώστε η περιβαλλοντική διάσταση να ενσωματώνεται ολοκληρωμένα στο σχεδιασμό, την υλοποίηση και τη λειτουργία του έργου,
- το άνοιγμα της διαδικασίας στο κοινό το οποίο καλείται να ενημερωθεί και να συμμετάσχει στη λήψη των αποφάσεων,
- και τέλος, η απαίτηση για αναλυτική και ολοκληρωμένη πληροφόρηση σχετικά με τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, δηλαδή μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Δώδεκα έτη μετά, και αφού δημιουργήθηκε ένας ολόκληρος νέος τομέας υπηρεσιών σχετικά με την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (εταιρείες μελετών και λογισμικού, υπηρεσίες της διοίκησης, ειδικευμένοι επιστήμονες του περιβάλλοντος και του δικαίου κ.ά.), αντλώντας συμπεράσματα από την ως τότε εφαρμογή, η Οδηγία ΕΠΕ τροποποιήθηκε με την 97/11/ΕΚ, ώστε

- να εναρμονισθεί με τη σύμβαση του Esroo για την εκτίμηση των διασυνοριακών επιπτώσεων στο περιβάλλον,
- να επεκταθεί η ΕΠΕ σε περισσότερα είδη έργων και δραστηριοτήτων,
- να βελτιωθούν και να διευρυνθούν τα κριτήρια με βάση τα οποία αποφασίζεται εάν ένα συγκριμένο έργο υπόκειται ή όχι σε υποχρέωση ΕΠΕ.

Ακολούθησαν δύο ακόμη τροποποιήσεις μικρής εμβέλειας, με τις Οδηγίες 2003/35 και 2009/31. Με την πρώτη εξ' αυτών εναρμονίστηκε η συμμετοχή του κοινού με τη σύμβαση του Aarhus ενώ με τη δεύτερη εναρμονίστηκε η διασυνοριακή εκτίμηση με τη συνθήκη του Esroo και προβλέφθηκε ΕΠΕ για τα έργα μεταφοράς και αποθήκευσης CO₂.

Βάσει της παραπάνω νομοθεσίας, στο ευρωπαϊκό επίπεδο έχει επιτευχθεί ένα αρκετά υψηλό επίπεδο πρόνοιας για το περιβάλλον, η οποία ορισμένες φορές μεταφράζεται σε αύξηση κόστους αλλά επιστρέφει ως αξία στους πολίτες, εξασφαλίζοντας ποιοτικότερες συνθήκες διαβίωσης.

Το νομικό πλαίσιο: Ελλάδα

- Έναρξη: N.1650/86
 - Πρωτοποριακή ρύθμιση ευρύτερων θεμάτων προστασίας του περιβάλλοντος
 - Αυστηρή εναρμόνιση με την Οδηγία 85/337
- Τροποποίηση: N.3010/2002
 - Εναρμόνιση με την τροποποίηση της Οδηγίας ΕΠΕ
 - Εισαγωγή screening
- Αναμόρφωση: N.4014/2011
 - Απλοποίηση – αποκέντρωση – ψηφιοποίηση
 - Αναμόρφωση screening

27-lav-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

9

Στην εθνική νομοθεσία της Ελλάδας, η περιβαλλοντική αδειοδότηση εισήχθη με το Ν.1650/86, ο οποίος ρύθμιζε και ευρύτερα θέματα προστασίας του περιβάλλοντος, με πρωτοποριακό για την εποχή τρόπο. Η εναρμόνιση με την Οδηγία ΕΠΕ ήταν αρκετά λεπτομερής και, στα θέματα που επιτρεπόταν κάποια ελευθερία επιλογής, ο νόμος έκλινε προς την αυστηρή πλευρά. Η εφαρμογή του Ν.1650/86 υπήρξε κατά κοινή ομολογία επιτυχής, καταλήγοντας σε σαφείς περιβαλλοντικές βελτιώσεις στο σχεδιασμό έργων και δραστηριοτήτων, με τις αναπόφευκτες ως ένα βαθμό παρενέργειες όπως οι καθυστερήσεις ή/και οι διαφωνίες σχετικά με το εάν κάποια έργα έπρεπε να εγκριθούν ή να απορριφθούν περιβαλλοντικά (ερώτημα πάντως που δεν θα υπήρχε δυνατότητα να τεθεί εάν εξέλιπε η διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης).

Τόσο η τροποποίηση της Οδηγίας ΕΠΕ όσο και τα διδάγματα από την υπερδεκαετή εφαρμογή του Ν.1650/86, οδήγησαν στην τροποποίηση του με το Ν.3010/2002. Βασικά χαρακτηριστικά που εισήχθησαν στην περιβαλλοντική αδειοδότηση με την τροποποίηση αυτή, η οποία συνδυάστηκε και με προσαρμογή των κανονιστικών πράξεων για την εφαρμογή του νόμου ήταν η προσαρμογή με τη νέα οδηγία (περισσότερα είδη έργων και δραστηριοτήτων υποβαλλόμενα σε ΕΠΕ, διασυνοριακή εκτίμηση), η μεγαλύτερη αποκέντρωση και η εισαγωγή του screening, δηλαδή της αξιολόγησης για το εάν σε ορισμένες περιπτώσεις έργων σχετικώς μικρών επιπτώσεων ήταν όντως απαραίτητη η πλήρης διαδικασία ή αρκούσε μια ελαφρύτερη εκτίμηση και αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής επίδρασης.

Η εφαρμογή του Ν.3010/2002 ήταν επίσης κατά κοινή ομολογία επιτυχής, ενώ πολλά από τα προβλήματα που του καταλογίζονται, όπως οι καθυστερήσεις ή η απόκλιση προς διαδικαστική αντί ουσιαστικής αντιμετώπιση ορισμένων θεμάτων, οφείλονται όχι στον ίδιο το νόμο αλλά στο θεσμικό και κοινωνικό περιβάλλον που αυτός κλήθηκε να λειτουργήσει, όπως π.χ. ο πολλαπλασιασμός των ρυθμιστικών πράξεων για σειρά θεμάτων περιβάλλοντος (προστατευόμενες περιοχές, υγρά και στερεά απόβλητα, ύδατα κ.ά.), η πρόθεση ταχείας προώθησης συγκεκριμένων αναπτυξιακών επιλογών όπως οι ΑΠΕ, αλλά και η διαρκώς αυξανόμενη ευαισθητοποίηση του κοινού για θέματα περιβάλλοντος και ο πολλαπλασιασμός των συλλογικοτήτων που ενεργοποιούνται στο χώρο, και τέλος η – εν πολλοίς αναπόφευκτη – εκμετάλλευση ζητημάτων περιβαλλοντικής εκτίμησης για τελείως αλλότριους σκοπούς (ιδιοκτησιακά, τοπική πολιτική κ.ά.).

Πολύ πρόσφατα, το νομικό πλαίσιο της περιβαλλοντικής αδειοδότησης αναμορφώθηκε με το Ν.4014/2011, στοχεύοντας στη βελτίωση της απόδοσης και στην αύξηση της προστιθέμενης αξίας της όλης διαδικασίας. Οι βασικές αλλαγές εντοπίζονται στην απλοποίηση της διαδικασίας (από δύο στάδια σε ένα, από 3-5 υπουργικές υπογραφές σε μία), στην αποκέντρωση (περισσότερες αρμοδιότητες στις αποκεντρωμένες διοικήσεις και στις περιφέρειες) και στην ψηφιοποίηση (διαδικτυακό μητρώο υποβολής, ελέγχου και έγκρισης, για πλήρη ενημέρωση και διαφάνεια). Επίσης, η διαδικασία screening καθίσταται τελείως αντικειμενική και περιορίζεται κυρίως στις βιομηχανικές και συναφείς δραστηριότητες. Τέλος, η οικολογική εκτίμηση, η οποία πρέπει να ανταποκρίνεται πέραν της Οδηγίας ΕΠΕ και στις απαιτήσεις των Οδηγιών για τους Οικοτόπους και τα Πτηνά, καθίσταται διακριτή – αν και παράλληλη – σε σχέση με την περιβαλλοντική μελέτη.

Στάδια της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης



Μετά την περιγραφή, σε αδρές γραμμές, της προέλευσης, των επιδιώξεων και του νομικού πλαισίου της διαδικασίας περιβαλλοντικής αδειοδότησης, σειρά έχει η επισκόπηση των σταδίων που συναποτελούν τη διαδικασία αυτή, και τα οποία είναι:

- Η μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων ή ΜΠΕ: Πρόκειται για το βασικό «πακέτο» πληροφοριών για το έργο, το περιβάλλον υποδοχής του, τις επιπτώσεις που αναμένονται από το συγκεκριμένο συνδυασμό έργου-περιβάλλοντος και τα μέτρα που είναι κατάλληλα για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων αυτών. Η εκπόνηση της ΜΠΕ αποτελεί ευθύνη του φορέα σχεδιασμού και υλοποίησης του έργου, ενώ οι απαιτήσεις που προδιαγράφουν το περιεχόμενο της μελέτης ξεκινούν από τα βασικά νομικά κείμενα («κατάλληλη πληροφόρηση» και Annex IV Οδηγίας ΕΠΕ και ανάλογες απαιτήσεις εθνικής νομοθεσίας) και φθάνουν μέχρι το state of play που έχει διαμορφώσει η εικοσιπενταετής εφαρμογή της όλης διαδικασίας, με μελέτες διαρκώς βελτιούμενες, ιδιαίτερα εκτενείς ως προς το φάσμα των εξεταζόμενων θεμάτων και πολύ αναλυτικές στην εξέταση του καθενός εξ αυτών.
- Η διαβούλευση: Περιλαμβάνει τη δημοσιοποίηση της μελέτης προς το κοινό, τη διατύπωση απόψεων από τους πολίτες και τους φορείς εκπροσώπησής τους, καθώς και τη γνωμοδότηση των υπηρεσιών της διοίκησης που έχουν την αρμοδιότητα για επιμέρους σημαντικές πτυχές του περιβάλλοντος όπως τα δάση, τα ύδατα, η πολιτισμική κληρονομιά κ.ά.
- Η αξιολόγηση της ΜΠΕ και των αποτελεσμάτων της διαβούλευσης: Πρόκειται για τη σύνθεση των πληροφοριών, την αξιολόγηση της επάρκειάς τους και της τεκμηρίωσης στην οποία βασίζονται, καθώς και για την αξιολόγηση των προτάσεων της ΜΠΕ και της διαβούλευσης. Στη διάρκεια του σταδίου αυτού μπορεί να απαιτηθούν πρόσθετες πληροφορίες ή αναλύσεις, ενώ η ολοκλήρωσή του σηματοδοτείται από τη σύνταξη ενός σχεδίου απόφασης για την έγκριση ή μη των περιβαλλοντικών όρων του εξετασθέντος έργου.
- Η έγκριση περιβαλλοντικών όρων: Αποτελεί την πράξη με την οποία η διοίκηση επιβάλλει όρους για την περιβαλλοντικά συμβατή κατασκευή και λειτουργία του έργου ή απορρίπτει τον προτεινόμενο σχεδιασμό ως περιβαλλοντικά ασύμβατο. Στην πρώτη περίπτωση, οι περιβαλλοντικοί όροι είναι ένας κατάλογος υποχρεώσεων που ο φορέας του έργου οφείλει να τηρεί σε όλα τα μετέπειτα στάδια, και αποτελούν εφεξής ένα βασικό συστατικό του περαιτέρω σχεδιασμού. Όσο συνεκτικότερη ήταν η διαδικασία στα προηγούμενα τρία στάδια τόσο καλύτερα προσαρμοσμένοι καταλήγουν να είναι οι περιβαλλοντικοί όροι. Αντίθετα, παραλείψεις ή αμέλειες στα προηγούμενα στάδια, συχνά καταλήγουν σε περιβαλλοντικούς όρους εξωγενείς, λιγότερο προσαρμοσμένους στο έργο και δυσκολότερους στην εφαρμογή.

Βασικοί «παίκτες» στη διαδικασία περιβαλλοντικής αδειοδότησης



Όπως ήδη διαφάνηκε, η περιβαλλοντική αδειοδότηση είναι μια σύνθετη και ανοικτή διαδικασία. Τα κύρια μέρη της κοινωνικής και κρατικής οργάνωσης που λαμβάνουν μέρος, δηλαδή οι βασικοί «παίκτες» είναι:

- Οι φορείς των έργων, που αποτελούν την κινητήρια δύναμη της ανάπτυξης και όσο περνά ο χρόνος αποκτούν όλο και εντονότερη περιβαλλοντική συνείδηση. Ο φορέας ενός έργου είναι υπεύθυνος για το σχεδιασμό, την υλοποίησή και τη λειτουργία του· μεταξύ άλλων, οφείλει να προωθήσει την έκδοση των απαραίτητων αδειών, κάτι που στη σημερινή Ελλάδα, παρά τις προόδους που έχουν γίνει, μπορεί να αποδειχθεί περιπέτεια μυθιστορηματικών διαστάσεων. Η σύνθεση των μελετητικών ομάδων και το πρωτογενές ενδιαφέρον για την περιβαλλοντική συμβατότητα είναι δύο τομείς που οι επιλογές που θα κάνει ο φορέας του έργου έχουν καθοριστική σημασία για το τελικό αποτέλεσμα.
- Οι επιστήμονες του περιβάλλοντος, που εκπονούν τις περιβαλλοντικές μελέτες, αξιοποιούν τα προϊόντα της υπολογιστικής μηχανικής, τα στοιχεία για το ελληνικό περιβάλλον που διαθέτει το αρμόδιο Υπουργείο (τα οποία είναι ελάχιστα) και τη διεθνή περιβαλλοντική βιβλιογραφία (η οποία είναι αχανής). Λειτουργούν ομαδικά και η δουλειά τους καλύπτει μεγάλο εύρος επιστημονικών πεδίων, π.χ. από την οδοποιία και τη συγκοινωνιολογία έως τη γεωλογία και την υδρολογία, και από την οικολογία των μεσογειακών θηλαστικών έως τη φωτοχημεία της ατμόσφαιρας. Χρειάζονται επομένως ευρύτητα πνεύματος και ικανότητα συνεργασίας.
- Το κοινό, που αποτελείται από τους ενεργούς πολίτες και τις συλλογικότητες που τους εκπροσωπούν, οι οποίοι υπερασπίζονται ανιδιοτελώς τις περιβαλλοντικές αξίες στις οποίες πιστεύουν, αλλά περιλαμβάνει και τους πολίτες εκείνους που θίγονται από ένα συγκεκριμένο έργο και ενεργοποιούνται εναντίον του με πρόσχημα το περιβάλλον. Σε κάθε περίπτωση, αξίζει να καταγραφεί ότι, προϊόντος του χρόνου, οι πολίτες ωριμάζουν και κρίνουν πλέον όλο και αυστηρότερα τις περιβαλλοντικές μελέτες που τίθενται ενώπιόν τους, χρησιμοποιώντας όλο και περισσότερη σοβαρή τεκμηρίωση αντί των παλαιότερων έντονων αλλά άγονων διαμαρτυριών.
- Η αυτοδιοίκηση, που καλείται να παίξει διπλό ρόλο: από τη μια πλευρά να υιοθετήσει τις απόψεις των (συνήθως διαμαρτυρούμενων) εκλογένων και από την άλλη να δει πέραν του παρόντος και να διατυπώσει με ρεαλισμό απόψεις που να ισορροπούν μεταξύ της προστασίας του περιβάλλοντος και της ανάπτυξης του τόπου.
- Η δημόσια διοίκηση, με τα μόνιμα στελέχη και τους παροδικούς υπουργούς, με τη σημαντική μερίδα των επαγγελματιών που λειτουργούν τεκμηριωμένα και αντικειμενικά, αλλά και την εξίσου σημαντική μερίδα ημιμαθών, που προσεγγίζουν τα ζητήματα του περιβάλλοντος περιπτώσιολογικά. Σε κάθε περίπτωση, η διοίκηση καλείται να λάβει τις τελικές αποφάσεις, σταθμίζοντας τα αποτελέσματα της διαβούλευσης, την έκταση και ένταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς και την αποτελεσματικότητα των μέτρων που προτάθηκαν ή μπορούν να επιβληθούν, ώστε να συμπεράνει τελικά εάν οι παραμένουσες περιβαλλοντικές μεταβολές επιτρέπουν την υλοποίηση του έργου ή όχι.

Περιβαλλοντική αδειοδότηση και δημοκρατικός προγραμματισμός της ανάπτυξης

- Οι πολίτες ενημερώνονται σχετικά με την πρόθεση ανάπτυξης ενός έργου ή δραστηριότητας, για πρώτη φορά κατά τη φάση της περιβαλλοντικής αδειοδότησης.
- Η περιβαλλοντική αδειοδότηση δεν είναι απλώς το πρώτο, αλλά το μόνο θεσμοθετημένο μέσο διαβούλευσης.
- Οι παίκτες της περιβαλλοντικής αδειοδότησης είναι πολλοί και αρκετά ανεξάρτητοι μεταξύ τους. Έχουν τη δυνατότητα να μπολιάσουν το τελικό αποτέλεσμα με τις ιδέες και επιδιώξεις τους.

27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

12

Ένα από τα λιγότερο προφανή χαρακτηριστικά της περιβαλλοντικής αδειοδότησης, που είναι ωστόσο καθοριστικό για τις απαιτήσεις που εγείρουν οι βασικοί παίκτες, είναι ο ρόλος της ως μέσο δημοκρατικού προγραμματισμού της ανάπτυξης. Αυτό συμβαίνει, αφενός λόγω της εκτενούς δημοσιοποίησης και διαβούλευσης με τους πολίτες, τους φορείς εκπροσώπησής τους, την αυτοδιοίκηση κ.ά., αφετέρου επειδή δεν υπάρχει άλλη διαδικασία πριν ή μετά την περιβαλλοντική αδειοδότηση που να επιτρέπει στο κοινό να ενημερωθεί και κυρίως να παρέμβει στον προγραμματισμό των δημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων.

Έτσι, ενώ η περιβαλλοντική αδειοδότηση είναι εστιασμένη στο περιβάλλον, συχνά καλείται να διαχειριστεί πιέσεις (κατά ή υπέρ) του έργου που δεν έχουν σχέση με το περιβάλλον. Π.χ. συχνά πίσω από τις αντιδράσεις εναντίον ενός έργου βρίσκονται ιδιοκτησιακά ζητήματα, φόβοι για απομείωση της οικονομικής αξίας κάποιων ακινήτων, διαφύλαξη τοπικών συμφερόντων έναντι της υπερτοπικής προόδου κ.ά.

Σε κάθε περίπτωση, η περιβαλλοντική αδειοδότηση είναι μια τελείως ανοικτή διαδικασία, όπου όλοι οι παίκτες λαμβάνουν γνώση του συνόλου των πληροφοριών και τις αξιοποιούν κατά το δοκούν. Αυτό το χαρακτηριστικό της διαδικασίας, έχει καταστήσει τις μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων τις πιο διεξοδικά ελεγχόμενες μελέτες όλων των σταδίων σχεδιασμού: Οι αντίπαλοι του έργου διυλίζουν την κάθε παραδοχή, εκτίμηση και παράθεση πληροφοριών, με στόχο να βρουν λάθη που θα χρησιμοποιήσουν ως εφιαλτήρια ματαίωσης του έργου. Συγχρόνως, οι υπερασπιστές αντλούν από τη μελέτη τα επιχειρήματα υπέρ της περιβαλλοντικής συμβατότητας και της αναπτυξιακής σκοπιμότητας του έργου. Οι ουδέτεροι παρατηρητές και οι λήπτες αποφάσεων, λειτουργώντας υπό το «άγρυπνο βλέμμα» αντιπάλων και υπερασπιστών του έργου, προσπαθούν να τεκμηριώσουν κάθε αξιολογική τους κρίση σε στοιχεία και συμπεράσματα της μελέτης. Στο πλαίσιο αυτού του εξονυχιστικού ελέγχου των περιβαλλοντικών μελετών, οι μέθοδοι και τα δεδομένα εισόδου των υπολογιστικών μοντέλων που χρησιμοποιούνται είναι κατανοητό ότι θα πρέπει να επιλέγονται με κριτήριο την υψηλότερη δυνατή αξιοπιστία.

Η συγκρότηση της ΜΠΕ



Έχοντας υπογραμμίσει τον κεντρικό ρόλο της ΜΠΕ στην περιβαλλοντική αδειοδότηση, ας εξετάσουμε τώρα τη δομή της μελέτης αυτής, η οποία αποτελείται από τέσσερις ενότητες:

- **Σχεδιασμός του έργου.** Η ενότητα αυτή αναφέρεται στο σχεδιασμό του έργου και εστιάζει στα χαρακτηριστικά εκείνα που σχετίζονται στενότερα με την πρόκληση περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Τα περισσότερα ζητήματα που προκύπτουν κατά την εκπόνηση της ενότητας αυτής, συνδέονται με το γεγονός ότι η ΜΠΕ εκπονείται σε σχετικά πρώιμο στάδιο του σχεδιασμού του έργου, και επομένως δεν έχει στη διάθεσή της πολλές από τις λεπτομέρειες, οι οποίες θα διευκρινιστούν στα μετέπειτα στάδια. Στις περισσότερες περιπτώσεις τέτοιων ελλείψεων, η εμπειρία της επιστημονικής ομάδας και οι εύστοχες παραδοχές με βάση ανάλογα παλαιότερα έργα, αρκούν για να καλύψουν τα κενά.
- **Υφιστάμενο περιβάλλον.** Στην ενότητα αυτή αποτυπώνεται η κατάσταση και οι προοπτικές του περιβάλλοντος στην περιοχή επιρροής του έργου. Πρόκειται για ένα εκτενές κεφάλαιο της μελέτης, στο οποίο συλλέγονται, οργανώνονται και παρουσιάζονται δεκάδες διαφορετικά είδη δεδομένων, από πολλές γνωσιακές περιοχές και με ποικίλους βαθμούς αξιοπιστίας. Επιπλέον, η κατάλληλη κλίμακα διαφοροποιείται ανάλογα με τον περιβαλλοντικό τομέα που εξετάζεται.
- **Εκτίμηση επιπτώσεων.** Πρόκειται για τη βασικότερη ενότητα της μελέτης, στην οποία επιχειρείται μέσα από μια ποικιλία μεθόδων να εκτιμηθούν οι μεταβολές που αναμένεται να προκαλέσει η υλοποίηση και η λειτουργία του έργου στο περιβάλλον. Για ορισμένους περιβαλλοντικούς τομείς, όπως η ατμόσφαιρα, τα νερά και ο θόρυβος, υπάρχουν εκτεταμένες δυνατές ποσοτικοποιήσεις των εκτιμήσεων, με την αξιοποίηση των κατάλληλων υπολογιστικών τεχνικών, ενώ σε άλλους τομείς, όπως π.χ. η πανίδα, η εκτίμηση των επιπτώσεων βασίζεται σε ποιοτικές προσεγγίσεις βάσει αναλογιών με καταγεγραμμένες καταστάσεις.
- **Αντιμετώπιση επιπτώσεων.** Πρόκειται για το «παραγωγικό» μέρος της μελέτης, στο οποίο προτείνονται λύσεις για τα προβλήματα που εξετάστηκαν. Οι προτάσεις της μελέτης μπορούν να αναφέρονται σε τρόπους εξαρχής αποφυγής ορισμένων επιπτώσεων, εξομάλυνσης της έκτασης και έντασης ορισμένων άλλων ή, τέλος, αντιστάθμισης όσων επιπτώσεων δεν μπορούν να αποφευχθούν.

Ας εξετάσουμε τώρα κάπως αναλυτικότερα, τα βασικά ζητήματα καθεμίας από τις ενότητες αυτές...

Σχεδιασμός έργου



27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

14

Οι βασικές πτυχές του σχεδιασμού ενός έργου ή δραστηριότητας που λαμβάνονται υπόψη στη μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων, κωδικοποιούνται στη γενική τους εκδοχή, ως εξής:

- **Μεγέθη - δυναμικότητα:** Μήκος, διατομή και γεωμετρικές προδιαγραφές ενός δρόμου, εμβαδό και δυναμικότητα παραγωγής μιας βιομηχανίας κ.ά., τα μεγέθη και οι δυναμικότητες αποτελούν βασικούς δείκτες τους μεγέθους των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Εάν όλες οι άλλες μεταβλητές του ζητήματος παραμείνουν ίδιες, τότε η ένταση των επιπτώσεων μπορεί να θεωρηθεί σε αδρές γραμμές ανάλογη με τα μεγέθη του έργου. Παρότι αυτή είναι μια υπεραπλουστευμένη προσέγγιση, το μέγεθος και η δυναμικότητα ενός έργου είναι όντως καθοριστικά για την ένταση και την έκταση των περιβαλλοντικών του επιπτώσεων.
- **Εισροές πρώτων υλών και ενέργειας:** οι παράμετροι αυτές αποτελούν δείκτες κατανάλωσης φυσικών πόρων και σχετίζονται με θέματα διαθεσιμότητας των πόρων αυτών στην περιοχή. Η εξασφάλιση επαρκούς νερού σε ένα γήπεδο golf ή η μεταφορά πρώτων υλών και ενέργειας σε μια βιομηχανία θερμικής κατεργασίας (π.χ. παραγωγή τσιμέντου, διύλισης πετρελαίου, χαλυβουργία) αποτελούν ζητήματα βιωσιμότητας του σχεδίου και συγχρόνως ενδέχεται να προκαλούν πρόσθετες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, επιπλέον αυτών της παραγωγικής διαδικασίας.
- **Τεχνολογίες παραγωγής:** το ίδιο προϊόν ή υπηρεσία μπορεί να παραχθεί με πολύ διαφορετικούς τρόπους. Η τεχνολογία που τελικώς θα επιλεγεί είναι καθοριστική για την περιβαλλοντική συμβατότητα του σχεδιασμού. Για το λόγο αυτό, μεταξύ άλλων, στην περιβαλλοντική αδειοδότηση βιομηχανικών εγκαταστάσεων και δραστηριοτήτων, χρησιμοποιείται εκτενώς η έννοια των «βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών», η επιλογή των οποίων είναι σχεδόν υποχρεωτική. Στα έργα υποδομής, η τεχνολογία παραγωγής υπεισέρχεται κυρίως στις μεθόδους κατασκευής (π.χ. τρόπος εκσκαφής μιας σήραγγας) ή επεξεργασίας (π.χ. εγκαταστάσεις αφαλάτωσης ή επεξεργασίας λυμάτων).
- Οι εκροές μιας παραγωγικής δραστηριότητας ή ενός έργου υποδομής, περιλαμβάνουν συνήθως τα υγρά και στερεά απόβλητα, καθώς και τις αέριες, ηλεκτρομαγνητικές και ηχητικές εκπομπές. Στην πράξη, οι εκροές αυτές αποτελούν το βασικό μηχανισμό πρόκλησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, επομένως η συσχέτιση εκροών - επιπτώσεων είναι άμεση και πρωτογενής. Σε κάποιες περιπτώσεις, ορισμένες εκροές ενδέχεται να σχετίζονται με παραπροϊόντα που δεν είναι απαραίτητα απόβλητα και χρειάζονται ειδική διαχείριση. Σε άλλες περιπτώσεις, στη θεώρηση των εκροών θα πρέπει να συμπεριληφθούν και τα προϊόντα, όταν απαιτούν ειδική μεταφορά ή αποθήκευση.
- Στα επιμέρους ή συνοδά έργα περιλαμβάνονται εγκαταστάσεις υποστηρικτικών κυρίως δραστηριοτήτων, που είναι απαραίτητες για την κατασκευή ή τη λειτουργία του κύριου έργου.

Υφιστάμενο περιβάλλον



Η έκταση των στοιχείων που πρέπει να παρουσιαστούν στην ενότητα του υφιστάμενου περιβάλλοντος είναι συνήθως μεγάλη και διαφοροποιείται ανάλογα με την περιοχή του έργου. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η προσέγγιση ξεκινά από την εικόνα του αβιοτικού φυσικού περιβάλλοντος που κυρίως περιλαμβάνει

- το έδαφος, με στοιχεία που αφορούν τη σύστασή του, γεωμηχανικές του ιδιότητες όπως η ευστάθεια και η διαπερατότητα, φυσικοχημικές ιδιότητες όπως η σύσταση του επιφανειακού στρώματος και των υποκείμενων πετρωμάτων, η παρουσία ή μη επικίνδυνων ουσιών, η παραγωγικότητα του εδαφικού στρώματος κ.ά.
- τα ύδατα, με την εικόνα της επιφανειακής υδρογραφίας και των υπόγειων υδροφορέων, των ποσοτικών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με τις ροές και τις χρήσεις των υδάτων, των ποιοτικών χαρακτηριστικών στα επιμέρους υδάτινα σώματα κ.ά.,
- τις ατμοσφαιρικές παραμέτρους, που αφορούν τόσο τη μετεωρολογία όσο και την ποιότητα του αέρα.
- Ακολουθεί η εικόνα του βιοτικού φυσικού περιβάλλοντος, που κυρίως αφορά
- τη χλωρίδα, με στοιχεία για τα είδη, τις θέσεις εμφάνισης και τη σχετική επικράτησή τους, καθώς και για τον οικολογικό ρόλο της βλάστησης,
- την πανίδα, με ανάλογες αναλύσεις ως προς τα είδη, τις εμφανίσεις τους και τον οικολογικό τους ρόλο,
- τα οικοσυστήματα, με πληροφορίες για τη δομή και την ευπάθεια ή ανθεκτικότητά τους,
- θεσμικού χαρακτήρα στοιχεία, όπως οι προστατευόμενες περιοχές και οι ευαίσθητοι οικότοποι και είδη εντός αυτών, τα διαχειριστικά σχέδια υδάτων κ.ά.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το ανθρωπογενές περιβάλλον, με εστίαση κυρίως στο δομημένο και αγροτικό χώρο, αναλύοντας στοιχεία όπως

- οι οικισμοί και τα χαρακτηριστικά τους (πληθυσμοί, πυκνότητες, εποχιακές και μακροπρόθεσμες μεταβολές),
- τα σχέδια που ρυθμίζουν τη λειτουργία και επέκταση του δομημένου περιβάλλοντος και των παραγωγικών δραστηριοτήτων (ρυθμιστικά, γενικά πολεοδομικά ή ρυμοτομικά σχέδια, ΖΟΕ, ΣΧΟΟΑΠ, ΒΙΠΕ, ΠΟΑΠΔ κ.ά.), αλλά ο χωροταξικός σχεδιασμός που θέτει κατευθύνσεις σε επίπεδο περιφέρειας,
- οι κατηγορίες χώρου με ειδικά χαρακτηριστικά, όπως ο παράκτιος, ο αγροτικός και ο ορεινός χώρος,
- η διάρθρωση της παραγωγής και τα χαρακτηριστικά των κύριων κλάδων του πρωτογενούς, δευτερογενούς και τριτογενούς τομέα.

Ακολουθεί ο εντοπισμός υφιστάμενων πιέσεων (ρύπανση ή υποβάθμιση, υπερσυγκέντρωση, ελλείψεις υποδομών) και η εκτίμηση της μελλοντικής εξέλιξης του περιβάλλοντος.

Είναι σαφές ότι στο πλαίσιο της ενότητας του φυσικού περιβάλλοντος, η έκταση των πληροφοριών που πρέπει να εξετασθούν είναι πολύ μεγάλη. Η πρόκληση σε κάθε συγκεκριμένη μελέτη, είναι να επιλεγούν τα σημαντικά και άμεσα συσχετιζόμενα με την περίπτωση στοιχεία, αφήνοντας στην άκρη τα υπόλοιπα.

Εκτίμηση επιπτώσεων

- **Υποκείμενη λογική:**
 - σύζευξη περιβαλλοντικών συνιστωσών με τα χαρακτηριστικά του έργου
 - υπολογισμός πρωτογενών αιτίων (εκπομπές, κατάληψη φυσικού εδάφους κ.ά.)
 - εκτίμηση συνεπειών λόγω των πρωτογενών αιτίων (συγκεντρώσεις, επίπεδα θορύβου, επιπτώσεις στα οικοσυστήματα κ.ά.)
- **Επιλογή κατάλληλης μεθοδολογίας**
 - dose-response για τις άμεσες επιδράσεις
 - DPSIR (drivers, pressures, state, impact, response) για τις επιπτώσεις σε περιβαλλοντικούς τομείς που επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες

27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

16

Η εκτίμηση των επιπτώσεων που αναμένεται να προκαλέσει ένα έργο ή δραστηριότητα στο περιβάλλον, αποτελεί το κεντρικό ζητούμενο της ΜΠΕ. Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά του τρόπου με τον οποίο οι σημερινές μελέτες προσεγγίζουν το θέμα, είναι τα εξής:

- Οργανωτικά, οι επιπτώσεις εκτιμώνται ανά περιβαλλοντικό τομέα. Η αρχή γίνεται συνήθως από τους βιοτικούς τομείς (έδαφος, νερά αέρας) οι οποίοι αποτελούν και τους βασικούς υποστρωματικούς παράγοντες του βιοτικού περιβάλλοντος. Στη συνέχεια εκτιμώνται οι επιπτώσεις στο βιοτικό φυσικό περιβάλλον (χλωρίδα, πανίδα, οικοσυστήματα) και κατόπιν στο ανθρωπογενές.
- Το σκεπτικό πίσω από την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων περιλαμβάνει τρία βήματα:
 - Για κάθε συγκεκριμένη περιβαλλοντική συνιστώσα, εντοπίζονται τα χαρακτηριστικά του έργου που ενδέχεται να την επηρεάσουν
 - Στη συνέχεια, υπολογίζεται ποσοτικά η πρωτογενής μεταβολή που θα προκαλέσει το έργο, ως προς τη συνιστώσα αυτή. Παραδείγματα τέτοιων πρωτογενών μεταβολών είναι οι ρυθμοί εκπομπής αέριων ρύπων κατά την κατασκευή και κατά τη λειτουργία του έργου, οι παραγόμενες ποσότητες υγρών και στερεών αποβλήτων και οι ουσίες που αυτά περιέχουν, το έμβιο του καταλαμβανόμενου φυσικού εδάφους κ.ά.)
 - Τέλος, εκτιμώνται οι συνέπειες των πρωτογενών μεταβολών, δηλαδή οι τελικές αλλαγές που αναμένονται στο περιβάλλον ως αποτέλεσμα των μεταβολών αυτών. Στο βήμα αυτό, λαμβάνονται υπόψη ιδιότητες όπως ο τρόπος και ο ρυθμός διάδοσης των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων (π.χ. η διασπορά των αέριων και υγρών ρύπων, ρυθμοί φυσικοχημικής αποδόμησης ή αραίωσης), τα χαρακτηριστικά των επηρεαζόμενων θέσεων ή περιοχών συμπεριλαμβανόμενης της ευπάθειας και της αφομοιωτικής ικανότητας, καθώς και το ενδεχόμενο αθροιστικής ή συνεργιστικής δράσης είτε μεταξύ διαφορετικών επιπτώσεων του ίδιου έργου είτε, πιο συνηθισμένα, μεταξύ του εξεταζόμενου έργου και των υφιστάμενων στην περιοχή εγκαταστάσεων.
- Για αρκετές από τις κατηγορίες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, έχουν διαμορφωθεί δόκιμες μεθοδολογίες εκτίμησης. Όλες προϋποθέτουν την αξιόπιστη εκτίμηση της πρωτογενούς μεταβολής και στοχεύουν στην εκτίμηση του τελικού αποτελέσματος. Η πιο διαδεδομένη κατηγορία μεθόδων για τις άμεσες επιπτώσεις είναι η dose-response, στην οποία βάσει προσομοίωσης του «μέσου» και του «τρόπου» μεταφοράς, υπολογίζονται οι μεταβολές στο δέκτη που θα προκαλέσει μια «δόση» πρωτογενούς μεταβολής. Για έμμεσες επιπτώσεις ή για μεταβολές σε περιβαλλοντικούς τομείς που επηρεάζονται ταυτόχρονα από πολλούς παράγοντες, χρησιμοποιείται η μεθοδολογία DPSIR που συνδυάζει ποιοτικές και ποσοτικές προσεγγίσεις. Σε πολύ αδρές γραμμές, στο πλαίσιο της DPSIR καταγράφονται οι «κινητήριες δυνάμεις» (πέραν του έργου) που επηρεάζουν τον εξεταζόμενο περιβαλλοντικό πόρο, οι πιέσεις που ασκούνται ήδη στον πόρο αυτό, η κατάσταση στην οποία βρίσκεται, η επίπτωση που θα έχει η πρωτογενής περιβαλλοντική μεταβολή λόγω του έργου στα τρία προηγούμενα χαρακτηριστικά (drivers, pressures, state) και η τελική ανταπόκριση του περιβαλλοντικού πόρου η οποία εξαρτάται από τη σχέση όλων των προηγούμενων με την ευπάθεια και την αφομοιωτική ικανότητα του συγκεκριμένου περιβαλλοντικού πόρου.
- Μετά την εκτίμηση των επιπτώσεων, ακολουθεί μια πρώτη αξιολόγηση, στο πλαίσιο της οποίας οι επιπτώσεις χαρακτηρίζονται με αρκετούς τρόπους που βοηθούν να γίνει αντιληπτή η σημασία τους και η δυνατότητα αντιμετώπισής τους: μικρής-μέσης-μεγάλης έντασης και έκτασης, κατασκευής ή λειτουργίας, άμεσες ή έμμεσες, παροδικές ή μόνιμες, αναστρέψιμες ή μη κ.ά.

Προτάσεις αντιμετώπισης

- Στόχος τα αίτια και όχι τα αποτελέσματα
- Σειρά προτεραιότητας: πρόληψη, μείωση έντασης και έκτασης, αντιστάθμιση
- Μέτρα που μπορούν να ενταχθούν στο έργο ή να υλοποιηθούν στο πλαίσιο του
- Προτεραιότητα σε μέτρα που αντιμετωπίζουν συγχρόνως περισσότερες από μία επιπτώσεις
- Υπολογισμός αποτελεσματικότητας και παραμένουσας περιβαλλοντικής μεταβολής

27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

17

Οι προτάσεις αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι το τελικό προϊόν της ΜΠΕ. Έτσι, εάν η εκτίμηση των επιπτώσεων είναι μεθοδολογικά αναλυτική, ήδη θα υποδεικνύονται οι κατευθύνσεις στις οποίες πρέπει να αναζητηθούν τα κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης.

Στόχο των μέτρων θα πρέπει να αποτελούν πρώτα τα αίτια παραγωγής των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και κατόπιν, εάν χρειάζεται, τα αποτελέσματα. Π.χ. στο θόρυβο, πρωτεύει η προσπάθεια περιορισμού των εκπομπών θορύβου και έπεται η λήψη ηχομειωτικών μέτρων στο δέκτη.

Διαμορφώνεται κατά τον τρόπο αυτό μια άτυπη σειρά προτεραιότητας για την ορθή στοχοθέτηση των μέτρων αντιμετώπισης: πρώτα θα πρέπει να εξετάζονται τρόποι πρόληψης ή μείωσης της έντασης των πρωτογενών αιτιών, κατόπιν μέτρα για τη μείωση της έντασης και της έκτασης των μεταβολών που θα προκαλεί το παραμένον μέγεθος του αιτίου και τέλος, εάν χρειάζεται, θα πρέπει να εξετάζονται μέτρα αντιστάθμισης.

Τα μέτρα αντιμετώπισης δεν θα πρέπει να παρεκκλίνουν προς γενικές κατευθύνσεις ή προς σφαίρες ευθύνης υπέρτερες του έργου, διότι όχι μόνο καθίστανται αβέβαιη η λήψη τους αλλά συντελείται εμμέσως μετάθεση ευθύνης από τον φορέα του έργου – που είναι υπεύθυνος να προλάβει ή να περιορίσει τις επιπτώσεις του έργου του – σε διοικητικούς ή άλλους σχηματισμούς που δεν φέρουν σχετική ευθύνη.

Ορισμένα από τα διαθέσιμα κάθε φορά μέτρα, έχουν τη δυνατότητα να αντιμετωπίσουν περισσότερες από μία επιπτώσεις και θα πρέπει να προτιμώνται.

Σε κάποιες περιπτώσεις, είναι απαραίτητο να υπολογίζεται η αποτελεσματικότητα ή/και το περιβαλλοντικό όφελος των μέτρων, και να εκτιμάται η επίπτωση από την παραμένουσα, μετά τη λήψη των μέτρων, περιβαλλοντική μεταβολή.

Η υπολογιστική μηχανική στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων: μερικά παραδείγματα

Υπολογισμός εκπομπών αέριων ρύπων

- **Οδική κυκλοφορία**

- COPERT 1-4, ΑΠΘ
- Ευρ. πρόγραμμα → spin-off εταιρία www.emisia.com

- **Αεροδρόμια**

- EDMS από US-FAA
- Παγκόσμια καθιέρωση ως πρότυπο



27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, εμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

18

Οι υπολογισμοί εκπομπών αέριων ρύπων από μεγάλα έργα, στα οποία εμφανίζονται για κυμαινόμενα χρονικά διαστήματα πολλών ειδών πηγές, οι οποίες λειτουργούν με διαφορετικές κατά περίπτωση συνθήκες, χρειάζεται αρκετή προσπάθεια. Τέτοιες περιπτώσεις εμφανίζονται στους αυτοκινητόδρομους, όπου μια ποικιλία οχημάτων με διαφορετικούς κινητήρες εισέρχεται και εξέρχεται στο έργο, λειτουργώντας σε διαφορετικό ρυθμό ανάλογα με την γεωμετρία του δρόμου, αλλά και στα αεροδρόμια, όπου μια ποικιλία αεροσκαφών έρχονται ή φεύγουν και υπόκεινται σε διάφορους βαθμούς εξυπηρέτησης στο έδαφος, ενώ παράλληλα σταθερές ή κινούμενες στο έδαφος μηχανές καύσης π.χ. για ηλεκτροπαραγωγή πρέπει να λαμβάνονται επίσης υπόψη.

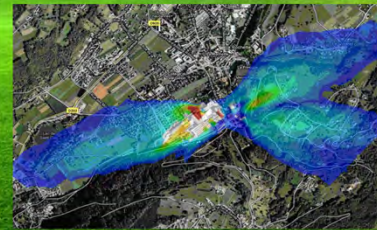
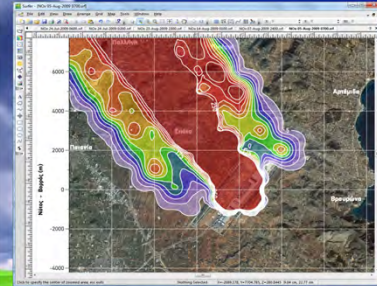
Για την οδική κυκλοφορία, εδώ και 15 χρόνια μια ομάδα του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής του ΑΠΘ έχει αναπτύξει και εξελίξει τη μεθοδολογία COPERT (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport), η οποία πλέον έχει καταστεί το de facto ευρωπαϊκό standard. Πρόσφατα, ορισμένοι από τη δεύτερη γενιά ερευνητών της ομάδας, έχουν ιδρύσει τη spin-off εταιρία Emisia, με σκοπό την παροχή ευρύτερων ή πιο εξειδικευμένων υπηρεσιών γύρω από τον άξονα αυτό.

Για τα αεροδρόμια, η ανάγκη ομογενοποίησης των μεθοδολογιών μεταξύ των πολιτειών των ΗΠΑ οδήγησε την Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας (Federal Aviation Administration) στην πρωτοβουλία ανάπτυξης του EDMS (Emissions and Dispersion Modeling System), το οποίο εξελίσσεται διαρκώς, εμπλουτίζεται με τα δεδομένα εκπομπής όλων των νέων αεροσκαφών και μονάδων επίγειας εξυπηρέτησης, διατίθεται με συμβολικό κόστος και αποτελεί πλέον το de facto διεθνές standard για την εκτίμηση εκπομπών στα αεροδρόμια.

Η υπολογιστική μηχανική στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων: μερικά παραδείγματα

• Υπολογισμός συγκεντρώσεων

- Οδος – ΕΜοS (πλήρως ελληνική προσπάθεια)
- HIWAY (δωρεάν, γενικής χρήσης, βάση για πολλά εμπορικά προϊόντα)
- CALPUFF (δωρεάν)
- ADMS
- EDMS-AERMOD



27-Ιαν-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, εμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

19

Στον υπολογισμό του πως διαχέονται οι αέριοι ρύποι που εκπέμπονται σε ένα σημείο ή περιοχή, οι προσεγγίσεις και τα σχετικά προϊόντα είναι πολυάριθμα. Μερικά ενδεικτικά παραδείγματα είναι:

- Το ΕΜοS (Environmental Modeling System) έχει αναπτυχθεί από ελληνική ομάδα ως άρθρωμα στο επίσης ελληνικό πακέτο σχεδιασμού έργων οδοποιίας και σιδηροδρόμων «Οδός».
- Το HIWAY είναι μια παλαιότερη αλλά κλασική πλέον κωδικοποίηση της διασποράς κατά Gauss από πηγές γραμμικού χαρακτήρα, κατάλληλη επομένως για αυτοκινητοδρόμους. Υλοποιήθηκε και διατίθεται δωρεάν από την US-EPA, έχοντας αποκτήσει ευρύτατη βάση χρηστών, τόσο ως αυτόνομο πρόγραμμα όσο και ως μέρος αρκετών ολοκληρωμένων πακέτων.
- Το CALPUFF είναι μια πιο εξελιγμένη προσπάθεια ολοκληρωμένης υπολογιστικής προσέγγισης της διασποράς αέριων ρύπων σε μικρο- και μακρο-κλίμακα. Έχει επιλεγεί από την US-EPA ως το προτιμώμενο μοντέλο για σειρά περιπτώσεων. Αποτελείται από τρία κύρια μέρη, το CALMET που προσομοιώνει (διαγνωστικά, όχι προγνωστικά) τη μετεωρολογία, το CALPUFF που υπολογίζει τη διασπορά και το CALPOST που εστιάζει στην μετεπεξεργασία των αποτελεσμάτων.
- Το ADMS είναι ένα προηγμένο μοντέλο υπολογισμού συγκεντρώσεων, που ενσωματώνει τις τελευταίες ιδέες για τη διάχυση μέσα στο οριακό ατμοσφαιρικό στρώμα. Έχοντας ξεκινήσει από τις βιομηχανικές δραστηριότητες, προσφέρεται σε εκδόσεις για αστικά συγκροτήματα, δρόμους και αεροδρόμια.
- Το EDMS που προαναφέρθηκε στην εκτίμηση των εκπομπών, διατίθεται συζευγμένο με το μοντέλο υπολογισμού διασποράς AERMOD της EPA, ώστε να υπολογίζει τις συγκεντρώσεις αέριων ρύπων γύρω από αεροδρόμια.

Η υπολογιστική μηχανική στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων: μερικά παραδείγματα

• AirWare

– Ολοκληρωμένο μοντέλο

– Σε πραγματικό χρόνο

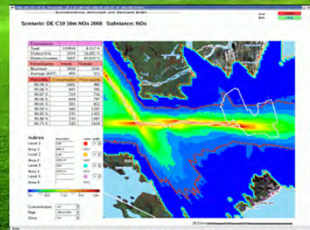
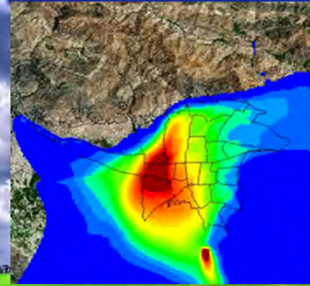
- λαμβάνει στοιχεία πεδίου από ποικιλία πηγών (σταθερούς και κινητούς σταθμούς, 3G phones)

- υπολογίζει συγκεντρώσεις

- παράγει οδηγίες για αναδρομολόγηση κυκλοφορίας

– Σε μελέτες επιπτώσεων

- υπολογίζει στρατηγικούς χάρτες έκθεσης σε υψηλές συγκεντρώσεις



27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, εμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

20

Για περιπτώσεις ευρύτερης χρήσης – πέραν της αποκλειστικής ή κύριας εφαρμογής στην εκτίμηση επιπτώσεων – το AirWare αποτελεί μια εντυπωσιακή προσπάθεια υπολογισμού συγκεντρώσεων αέριων ρύπων σε πραγματικό χρόνο. Έχοντας δομηθεί ως ολοκληρωμένο μοντέλο (εκπομπές, μετεωρολογία, προηγμένος υπολογισμός διασποράς, μετεπεξεργασία και οπτικοποίηση), το AirWare δέχεται ροές δεδομένων για εκπομπές, κυκλοφορία, μετεωρολογία και άλλα στοιχεία πεδίου από ποικιλία πηγών (σταθερών και κινητών), υπολογίζει τις εκπομπές και συγκεντρώσεις αέριων ρύπων και αξιολογεί εναλλακτικά σενάρια, ώστε να εντοπίζει την προτιμότερη αναδρομολόγηση της κυκλοφορίας.

Στις μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων, οι δυνατότητες του AirWare μπορούν να αξιοποιηθούν για τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων που θα οφείλονται στο εξεταζόμενο έργο, την υπέρθεση τους στην υφιστάμενη κατάσταση που διαμορφώνουν οι άλλες πηγές, αλλά και για την αξιολόγηση συμμόρφωσης με τα εθνικά και ευρωπαϊκά πρότυπα ποιότητας του αέρα (Οδηγία 2008/50/ΕΕ και θυγατρικές).

Τέλος, στις ενδιαφέρουσες εφαρμογές του AirWare περιλαμβάνονται οι υπολογισμοί μεταφοράς σωματιδίων (κυρίως φυσικής προέλευσης, π.χ. σκόνη Σαχάρας), η εκτίμηση ποιότητας του αέρα σε εσωτερικούς χώρους και η ενοποίηση του με άλλα εργαλεία για τη διαμόρφωση πολυκριτηριακών προσεγγίσεων βελτιστοποίησης εκπομπών αέριων ρύπων, αερίων θερμοκηπίου και ενεργειακής αποτελεσματικότητας, κυρίως στα αστικά συγκοινωνιακά δίκτυα.

Η υπολογιστική μηχανική στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων: μερικά παραδείγματα

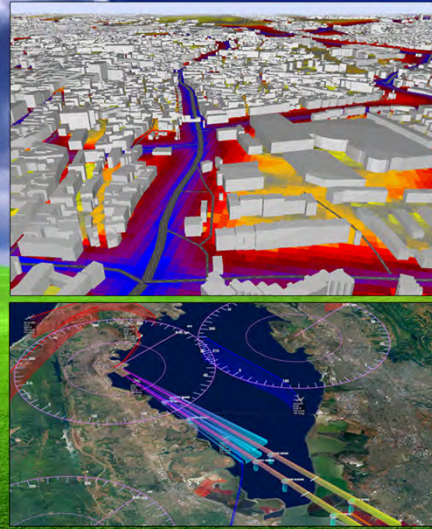
• Υπολογισμός θορύβου

– CadnA

- Οδικός, αεροπορικός, σιδηροδρομικός, βιομηχανικός θόρυβος
- Στρατηγική χαρτογράφηση και ημερήσια συμμόρφωση

– INM

- Φθινό μοντέλο από FAA
- Μόνο αεροπορικός θόρυβος



27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, εμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

21

Ένα άλλο πεδίο εφαρμογών της υπολογιστικής μηχανικής στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι η ακουστική. Τα προϊόντα στο πεδίο αυτό έχουν να επιδείξουν μεγάλη πρόοδο τα τελευταία 5-6 χρόνια και πλέον αποτελούν ολοκληρωμένες προσεγγίσεις μοντελοποίησης του πεδίου διάδοσης, των πηγών και των μετεωρολογικών και άλλων συνθηκών, για σημαντικό φάσμα περιπτώσεων.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το πακέτο CadnA (Computer Aided Noise Abatement) της DataKustik, που αποτελεί ένα από τα δύο ευρύτερα χρησιμοποιούμενα εργαλεία ακουστικής πρόλεξης (το άλλο είναι το IMM1 της Wölfel). Αποτελούμενα από πολυάριθμα αρθρώματα τα οποία έχουν ενοποιηθεί ώστε να δουλεύουν ως φαινομενικά ενιαίος κώδικας, το CadnA μπορεί να υπολογίσει το θόρυβο που εκπέμπεται από όλες τις βασικές κατηγορίες πηγών (οδικά, σιδηροδρομικά, αερολιμενικά και βιομηχανικά έργα) και να εκτιμήσει τις στάθμες στις οποίες θα εκτίθεται το κοινό στη γύρω περιοχή, συνεκτιμώντας το ανάγλυφο που διαμορφώνουν τα κτίρια, οι κλίσεις του εδάφους κ.ά. Πρόκειται για ένα ακριβό προϊόν, με πληθώρα βελτιστοποιήσεων στην ταχύτητα των υπολογισμών, την αναπαράσταση των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή τους σε πολυάριθμα διαδεδομένα formats, που προορίζεται για επαγγελματική χρήση, σε μελέτες των οποίων η αμοιβή αρκεί για υπερκαλύψει το κόστος του πακέτου.

Στον αντίποδα, το INM (Integrated Noise Model) αποτελεί μια προσιτή λύση που διατίθεται από την FAA των ΗΠΑ, για την αξιολόγηση του αεροπορικού θορύβου. Με μεγάλη διάδοση στον κλάδο των ΜΠΕ, το INM αποτελεί μια αξιόπιστη αν και κάπως δύσχρηστη λύση, αξιοποιούμενο επίσης και στην προσομοίωση και αξιολόγηση αποτελεσματικότητας σχεδιαζόμενων διαδικασιών μείωσης θορύβου (noise abatement procedures), δηλαδή οδηγίες πτήσης και χρήσης διαδρόμων σε ένα αερολιμένα με σκοπό τον περιορισμό του θορύβου στους επηρεαζόμενους οικισμούς.

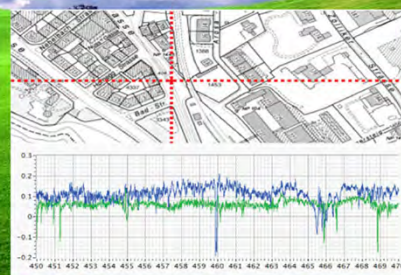
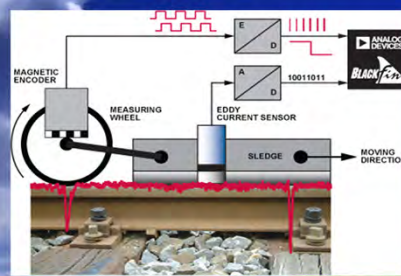
Η υπολογιστική μηχανική στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων: μερικά παραδείγματα

• Υπολογισμός δονήσεων

– Ad hoc κώδικες

- Προσομοίωση βασικής δομής με πεπερασμένα στοιχεία
- Προσομοίωση μέσων διάδοσης (FE ή FD)
- Μετρήσεις σε ομοειδή περίπτωση
- Calibration μοντέλου
- Υπολογισμοί για διάφορους τύπους έδρασης και απόσβεσης δονήσεων

– Πρόγραμμα Qcity



27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

22

Ο υπολογισμός των δονήσεων, κυρίως από τη λειτουργία συγκοινωνιακών μέσων σταθερής τροχιάς, είναι ένα πεδίο με εκτεταμένη χρήση μεθόδων υπολογιστικής μηχανικής. Το ενδιαφέρον για την ποσοτικοποίηση των δονήσεων είναι σχετικά πρόσφατο με αποτέλεσμα να μην υφίστανται καθιερωμένα εμπορικά πακέτα στο χώρο και οι υπολογισμοί να διεξάγονται με ad hoc κώδικες που διαμορφώνονται ειδικά για την εξεταζόμενη κάθε φορά περίπτωση. Μερικά κοινά μεθοδολογικά στοιχεία που μπορεί κανείς να διακρίνει στις περισσότερες από τις περιπτώσεις αυτές, είναι τα εξής:

- Η προσομοίωση της πηγής παραγωγής των δονήσεων χρειάζεται αρκετή ακρίβεια. Πρόκειται συνήθως για το σύστημα τροχού – σιδηροτροχιάς – επιδομής – έδρασης και η ακρίβεια επιδιώκεται χρησιμοποιώντας συνήθως πεπερασμένα στοιχεία.
- Το μέσο διάδοσης των δονήσεων, που στην πράξη είναι ένα σύνθετο εδαφολογικό και δομοστατικό μίγμα, μπορεί να προσομοιωθεί είτε ως απλό συνεχές είτε ως αποτελούμενο από εικονικά αρθρώματα διαφορετικών αποκρίσεων. Οι υπολογισμοί διεξάγονται συνήθως προς μια κύρια κατεύθυνση, αυτή της διάδοσης των δονήσεων (το βάθος συνήθως αγνοείται), και επομένως ως καταλληλότερη επιλέγεται η προσέγγιση με πεπερασμένες διαφορές.
- Το συνολικό μοντέλο που προκύπτει από το συνδυασμό των δύο παραπάνω προσομοιώσεων χρειάζεται «βαθμονόμηση» για να ανταποκρίνεται στις πραγματικές συνθήκες. Αυτό συνήθως πραγματοποιείται με την προσαρμογή της απόκρισης του μοντέλου σε όσο το δυνατόν εκτενέστερες σειρές παρατηρήσεων, που περιλαμβάνουν μετρήσεις τόσο στην πηγή των δονήσεων όσο και στο δέκτη.
- Μετά το επιτυχές calibration, το μοντέλο χρησιμοποιείται για να αξιολογηθεί η απόδοση διάφορων τύπων έδρασης και υλικών για την απόσβεση δονήσεων.
- Δεδομένου ότι οι δονήσεις δεν απειλούν μόνο τη δομοστατική ακεραιότητα κτιρίων ή μνημείων, αλλά αποτελούν επίσης αγωγούς οχλήσεων και δομόφερτου θορύβου, η αντιμετώπισή τους ενδιαφέρει σε ευρωπαϊκό επίπεδο, έχοντας οδηγήσει σε προγράμματα όπως το Qcity, μέσω του οποίου χρηματοδοτήθηκαν μελέτες και στο Τραμ της Αθήνας.

Η υπολογιστική μηχανική στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων: μερικά παραδείγματα

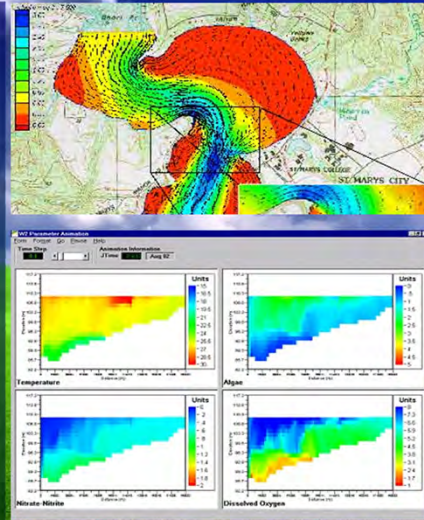
• Νερά

– Εσωτερικά ύδατα

- Μεταφορά και διασπορά ρύπων
- Υδρολογικά ισοζύγια
- Διαχειριστικά σχέδια

– Παράκτια και θαλάσσια ύδατα

- Ακτομηχανική ανάλυση (καταπονήσεις, διάβρωση, στερεομεταφορά)
- Διασπορά ρύπανσης ή άλμης
- Ευτροφισμός



27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, εμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

23

Στον τομέα των υδάτων, οι υπολογιστικές μέθοδοι αποτελούν εδώ και πολύ καιρό ενδημικό είδος, ενώ οι πρόσφατες αυξημένες απαιτήσεις της νομοθεσίας (κυρίως λόγω της Οδηγίας – Πλαισίου για τα Ύδατα και της Οδηγίας για τις Πλημμύρες) έχουν καταστήσει συχνότερη και εντατικότερη την ανάγκη για προηγμένους υπολογισμούς. Στα εσωτερικά ύδατα, ενδιαφέρουσες εφαρμογές υπολογιστικών μεθόδων απαντώνται

- στη μεταφορά και διασπορά ρύπων σε κινούμενα ή στατικά υδάτινα σώματα, όπου η περιπλοκότητα αυξάνει εάν συμμετέχουν και οι υπόγειοι υδροφορείς με τις αβεβαιότητες της χαρτογράφησης και συμπεριφοράς τους,
- στα υδρολογικά ισοζύγια, όπου οι εκτάσεις των περιοχών μελέτης μπορεί να είναι ιδιαίτερα μεγάλες και οι αλληλεπιδράσεις των εισροών και εκροών να μην είναι πάντα απλές,
- στα διαχειριστικά σχέδια, όπου απαιτείται αυξημένη ακρίβεια, αξιοπιστία και τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων, λόγω των αλληλέπληλων διοικητικών, κοινωνικών και συχνά δικαστικών ελέγχων στους οποίους υποβάλλονται οι σχετικές μελέτες.

Στα παράκτια και θαλάσσια ύδατα, οι υπολογιστικές μέθοδοι είναι απαραίτητες

- σε ακτομηχανικές προσομοιώσεις, όπου επιχειρείται ο υπολογισμός διάφορων κατά περίπτωση παραμέτρων που σχετίζονται άλλοτε με τις καταπονήσεις που θα δέχονται λιμενικά έργα, άλλοτε με τη διάβρωση των ακτών και άλλοτε με τη στερεομεταφορά από φυσικά αίτια (π.χ. προσχώσεις σε εκβολές ποταμών) ή τεχνητές παρεμβάσεις (π.χ. έργα προστασίας ακτών από διάβρωση),
- στην εκτίμηση της έκτασης και του χρόνου διασποράς ρύπων που εκρέουν στη θάλασσα από ατύχημα ή παράβαση της νομοθεσίας, καθώς και των τελικών συγκεντρώσεων αραιώσης,
- στον προσδιορισμό της επηρεαζόμενης έκτασης από την απόρριψη αλμολοιπού από μονάδα αφαλάτωσης,
- στις εκτιμήσεις συγκεντρώσεων θρεπτικών συστατικών που προκαλούν φαινόμενα ευτροφισμού.

Στα παραπάνω πεδία, απαντάται μια ποικιλία έτοιμων προϊόντων σε συνδυασμό με αρκετές ad hoc προσεγγίσεις. Μεγάλη διαφοροποίηση απαντάται μερικές φορές (π.χ. σε υπολογισμούς διασποράς άλμης) μεταξύ παλαιών μεθόδων που βασίζονταν σε απλουστευμένες, εύκολα επιλύσιμες προσεγγίσεις και νέων μοντέλων που χρησιμοποιούν πιο ρεαλιστικές προσεγγίσεις, υπολογιστικά απαιτητικές αλλά όχι έξω από τις δυνατότητες των σημερινών προσωπικών υπολογιστών.

Η υπολογιστική μηχανική στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων: νέοι τομείς

- Υπολογιστική οικολογία
- Τοπιολογία
- Κλιματική αλλαγή (νέες προσεγγίσεις, εμπλουτισμός παλαιότερων)
- Εισαγωγή φυσικοχημικών μεταβολών κατά τις προσομοιώσεις διασποράς
- Τεχνολογικές βελτιώσεις:
 - Interfacing με GIS, CAD και βάσεις δεδομένων περιβαλλοντικής και γεωχωρικής πληροφορίας
 - Περισσότερη φυσική, λιγότερη στατιστική (περισσότερος Lagrange, λιγότερος Euler)

27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

24

Τα παραδείγματα που προαναφέρθηκαν είναι ένα ελάχιστο δείγμα του μεγάλου εύρους των εφαρμογών που βρίσκουν οι υπολογιστικές μέθοδοι σε ζητήματα περιβάλλοντος. Θα μπορούσε επομένως να τεθεί το ερώτημα: το θέμα έχει καλυφθεί πλήρως; Όχι. Υπάρχουν ορισμένοι νέοι τομείς, που απαιτούν φρέσκες μεθοδολογίες τόσο από υπολογιστικής όσο και από περιβαλλοντικής πλευράς. Μερικοί από αυτούς τους νέους τομείς είναι οι εξής:

- Η υπολογιστική οικολογία αποτελεί ένα υβρίδιο μαθηματικών μεθόδων, υπολογιστικών τεχνικών και οικολογικής επιστήμης, που αποσκοπεί στην επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων, μεγάλης συνήθως κλίμακας, από την ανάκαμψη υποβαθμισμένων οικοσυστημάτων έως την ισορροπημένη διαχείριση περιβαλλοντικών πόρων. Τα μοντέλα της υπολογιστικής οικολογίας επιχειρούν να προβλέψουν τη μελλοντική εξέλιξη των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των πολυάριθμων παραγόντων που συν-καθορίζουν την περιβαλλοντική δυναμική, προσομοιώνοντας τους πληθυσμούς των κρίσιμων ειδών που εμπλέκονται στις οικολογικές αλληλεπιδράσεις, τις περιβαλλοντικές μεταβλητές που ρυθμίζουν την ικανότητα υποστήριξης των ειδών αυτών από πλευράς οικοσυστήματος, και λαμβάνοντας υπόψη ορισμένες φορές τις γενετικές και εξελικτικές μεταβολές που προκύπτουν λόγω των περιβαλλοντικών αλλαγών.
- Η τοπιολογία έχει προσφάτως αρχίσει να αξιοποιεί εφαρμογές υπολογιστικών μεθόδων στην προσπάθεια στροφής από τις υποκειμενικές, διαισθητικές και ποιοτικού χαρακτήρα προσεγγίσεις στην ποσοτικοποίηση των οπτικών μεταβολών και της σημασίας τους. Μετά την κύρωση της Ευρωπαϊκής Σύμβασης του Τοπίου (N.3827/2010), τα ποσοστά διατάραξης, οι οπτικές παρεισδύσεις και οι υπολογισμοί στερεών γωνιών αναμένεται να αποτελούν όλο και συχνότερα μέρος των μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων για έργα μεγάλης κλίμακας.
- Η κλιματική αλλαγή χρειάζεται βελτιωμένες μεθόδους και εργαλεία, τόσο για το συνυπολογισμό παραγόντων που ως τώρα δεν συμμετείχαν στις προσομοιώσεις όσο και για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων από τα υπάρχοντα μοντέλα.
- Στις διαδεδομένες εφαρμογές υπολογισμών ποιότητας αέρα και υδάτων, χρειάζονται εξελίξεις που να λαμβάνουν ενεργότερα υπόψη τις χημικές και φυσικές μεταβολές στις οποίες υπόκεινται οι διαχεόμενες ουσίες.
- Τέλος, οι ανάγκες για τεχνικές βελτιώσεις είναι ευρύτατες: σημαντική κινητικότητα παρατηρείται στον τομέα αλληλεπίδρασης των περιβαλλοντικών μοντέλων με συστήματα GIS και CAD, καθώς και με δημόσιες, διαδικτυακές βάσεις δεδομένων περιβαλλοντικής και γεωχωρικής πληροφορίας, ενώ καθώς η υπολογιστική ισχύς ανά μονάδα κόστους αυξάνεται, είναι αισθητή μια αργή μεταστροφή από τα στατιστικά μοντέλα (Euler), που υποθέτουν εκ των προτέρων ότι οι εξεταζόμενες ποσότητες ακολουθούν στατιστικές κατανομές εμπειρικού χαρακτήρα (π.χ. Gauss), σε μοντέλα που επιχειρούν την προσομοίωση των εσωτερικών διεργασιών του εξεταζόμενου συστήματος, παρακολουθώντας π.χ. την τροχιά ενός στοιχειώδους όγκου και τις φυσικοχημικές μεταβολές στις οποίες υπόκειται (Lagrange).

Η υπολογιστική μηχανική στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων: προκλήσεις (1/3)

- Από τα black-box μοντέλα σε ανοικτούς υπολογισμούς

27-Ιαν-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

25

Πέρα από τους νέους τομείς που αναφέρθηκαν προηγουμένως, η αξιοποίηση της υπολογιστικής μηχανικής στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων καλείται να ανταποκριθεί σε μια σειρά από «οριζόντιου» χαρακτήρα προκλήσεις. Η πρώτη από αυτές θα μπορούσε να διατυπωθεί ως «ανοικτοί υπολογισμοί αντί κλειστών μοντέλων».

Ενώ τα εξελιγμένα προϊόντα υπολογιστικών εκτιμήσεων, με τους black-box βελτιστοποιημένους κώδικες είναι πολύ χρήσιμα, υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις που οι απαραίτητοι υπολογισμοί θα μπορούσαν να διεξάγονται μέσω ανοικτού κώδικα, με τη μεθοδολογία και τις παραδοχές εμφανείς σε κάθε ενδιαφερόμενο. Τέτοιες προσεγγίσεις αποκτούν μεγαλύτερη αξία στις περιπτώσεις συνεχούς ή επαναλαμβανόμενης χρήσης (π.χ. στη διαρκή προσομοίωση των συγκεντρώσεων νιτρικών σε παράκτια ύδατα, βάσει των ποσοτήτων λιπασμάτων και πτηνοτροφών που χρησιμοποιούνται ανά μήνα στην ανάντη περιοχή) παρά στις περιπτώσεις μιας χρήσης (π.χ. στην άπαξ εκτίμηση των επιπτώσεων από ένα δυσμενές σενάριο αέριων εκπομπών ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής). Στις περιπτώσεις επαναλαμβανόμενης χρήσης, πέραν της διαφάνειας που χαρακτηρίζει τον ανοικτό κώδικα, η δυνατότητα διαρκών βελτιώσεων είναι σημαντικό πλεονέκτημα. Επιπλέον, με τη σημερινή διαθεσιμότητα εργαλείων όπως το Matlab, η Mathematica ή το MathCad, ο ανοικτός κώδικας δεν είναι ανάγκη να γραφεί σε Fortran ή C.

Δύο παράμετροι που διαφαίνεται να αποκτούν όλο και αυξανόμενη σημασία κατά την επιλογή υπολογιστικής πλατφόρμας είναι (α) η διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών συστημάτων (Windows – Linux – MacOS και τελευταία Android) και (β) η δωρεάν διαθεσιμότητα σε κάθε χρήστη είτε του πλήρους πακέτου επεξεργασίας και επανεκτέλεσης του κώδικα είτε του ανάλογου software απλής θέασης και αναπαραγωγής των υπολογισμών (player).

Η υπολογιστική μηχανική στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων: προκλήσεις (2/3)

- Από την παραγωγή αποτελεσμάτων στην αξιολόγηση πιθανών σεναρίων

27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

26

Η επόμενη πρόκληση για την αξιοποίηση της υπολογιστικής μηχανικής στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι γενικότερου χαρακτήρα και εντοπίζεται στη μετάβαση από την παραγωγή στεγνών αποτελεσμάτων στην ολοκληρωμένη αξιολόγηση πιθανών σεναρίων.

Η συνήθης μέχρι σήμερα πρακτική είναι η διαμόρφωση ενός (υποθετικού, αλλά με αρκετή δόση ρεαλισμού) δυσμενούς σεναρίου, το οποίο οδηγεί στη δυσμενέστερη πιθανή εκδοχή αιτίων παραγωγής επιπτώσεων (π.χ. εκπομπών) και ο υπολογισμός της διασποράς με επίσης δυσμενείς συνθήκες. Ο τρόπος αυτός είναι πράγματι ο κατάλληλος όταν πρόκειται για θέματα ασφάλειας (π.χ. βιομηχανικά ατυχήματα μεγάλης κλίμακας), αλλά καταλήγει «στεγνός» όταν χρησιμοποιείται για ΕΠΕ, διότι υπερτονίζει τις δυσμενείς περιπτώσεις χωρίς να λαμβάνει υπόψη τη σπανιότητά τους, οδηγώντας τελικά σε μια αρκετά μονόπλευρη αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Μια νέα, υπολογιστικά απαιτητικότερη πρακτική, είναι ο προσδιορισμός επιπτώσεων για τρία τουλάχιστον ή περισσότερα σενάρια, μαζί με τον υπολογισμό της πιθανότητας εμφάνισης του καθενός εξ' αυτών. Στη γενικότερη θεώρηση, αντί του ενός δυσμενούς σεναρίου, χρειάζεται η μετάβαση στον συνυπολογισμό όλων ή των βασικών πιθανών σεναρίων περιβαλλοντικών επιπτώσεων, με ειδικό βάρος εξαρτημένο από την πιθανότητα εμφάνισής τους. Παράλληλα, θα πρέπει να βελτιωθεί η εκτίμηση της εξέλιξης της κατάστασης χωρίς το έργο (“do-nothing scenario”), η οποία αποτελεί συνήθως βάση σύγκρισης για την αξιολόγηση των επιπτώσεων. Μέχρι τώρα, η συνήθης παραδοχή είναι στατική: εάν το έργο δεν υλοποιηθεί, θεωρείται ότι η κατάσταση θα παραμείνει ίδια. Στην πραγματικότητα βέβαια, τις περισσότερες φορές με τη μη-υλοποίηση του έργου τα πράγματα χειροτερεύουν, λόγω της εξέλιξης των άλλων (πλην του έργου) πλευρών του περιβάλλοντος, αλλά και των αντιαναπτυσιακών πιέσεων οι οποίες περιορίζουν εν τέλει τη δυνατότητα της κοινωνίας να ενδιαφερθεί για το περιβάλλον. Η πρόβλεψη της εξέλιξης αυτής αποτελεί σημαντική πρόκληση και χρειάζεται εκτενείς υπολογισμούς και έξυπνες αντιστοιχίσεις με ανάλογες περιπτώσεις.

Η υπολογιστική μηχανική στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων: προκλήσεις (2/2)

- Από την απομονωμένη περιβαλλοντική αξιολόγηση στις συνδυασμένες θεωρήσεις της αιφορικής προσέγγισης και της πράσινης οικονομίας

27-Jan-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, εμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

27

Η τρίτη πρόκληση για την αξιοποίηση της υπολογιστικής μηχανικής στην εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η οποία όμως εκτείνεται πολύ πέραν αυτής, είναι η μετάβαση σε συνδυασμένες θεωρήσεις αιφορικής προσέγγισης και πράσινης οικονομίας αντί της σημερινής «απομονωμένης» περιβαλλοντικής αξιολόγησης.

Η διαδικασία ΕΠΕ σήμερα είναι εστιασμένη στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κάθε φορά εξεταζόμενου έργου, τείνοντας να αγνοεί τις επιδράσεις του έργου στην αναπτυξιακή δυναμική και την κοινωνική ευημερία, και κατόπιν το αποτέλεσμα των επιδράσεων αυτών στο περιβάλλον. Στο πλαίσιο αυτό, συχνά παραγνωρίζεται η συμβολή των εξεταζόμενων έργων και δραστηριοτήτων στην κατεύθυνση που λαμβάνει η εξέλιξη της αναπτυξιακής δυναμικής στο τοπικό ή εθνικό επίπεδο, ενώ συγχρόνως υπερτονίζονται επιπτώσεις που ορισμένες φορές είναι ανεκτές από τη φέρουσα ικανότητα του περιβάλλοντος. Παραδείγματα αυτής της λογικής υπάρχουν σε ένα ευρύ φάσμα έργων από τουριστικές επενδύσεις έως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή ολοκληρωμένη διαχείριση αποβλήτων. Αυτό που χρειάζεται είναι η ολοκληρωμένη σύνδεση του κάθε φορά εξεταζόμενου έργου με τη συνολική μεταβολή που αναμένεται να επιφέρει ή να σηματοδοτήσει, σε τομείς όπως οι συνολικές περιβαλλοντικές επιδόσεις της επηρεαζόμενης κοινωνίας (π.χ. μέσω per capita δεικτών όπως η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων, το ποσοστό εισοδήματος, δαπανών ή φόρων που επιστρέφει στο περιβάλλον κ.ά.), το επίπεδο ευημερίας (που δεν συνδέεται τόσο με το εισόδημα όσο με τις ανέσεις των δημόσιων υποδομών και την ποιότητα του εργασιακού και εξωεργασιακού περιβάλλοντος). Το συγκεκριμένο ζήτημα είναι πολυδιάστατο, αλλά μια γενική εικόνα της πρόκλησης σχηματίζεται εάν εξετάσει κανείς κοινωνίες όπου η πράσινη συνιστώσα της οικονομίας είναι ισχυρή (Δανία, Σουηδία, Αυστρία κ.ά.) και αντιπαραβάλλει την κατάσταση με κοινωνίες που έθεσαν σε δεύτερη μοίρα τους πράσινους τομείς της οικονομίας και στράφηκαν σε περιβαλλοντικά επώδυνες αναπτυξιακές επιλογές (π.χ. Ουγγαρία, στην οποία συγκεντρώνεται μεγάλο μέρος της «βρώμικης» βιομηχανίας της Ευρώπης, και οι πολίτες της οποίας βίωσαν με τον πιο επώδυνο τρόπο της συνέπειες κατά το ατύχημα με την κόκκινη τοξική λάσπη που διέρρευσε από το εργοστάσιο βωξίτη-αλουμινίου MAL στο Ajka τον Οκτώβριο του 2010).

Ευρύτερη σύνδεση της υπολογιστικής μηχανικής με το περιβάλλον

- Πέρα από την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η υπολογιστική μηχανική αξιοποιείται σε πλειάδα τομέων του περιβάλλοντος.
- Στην πράξη, οι περισσότερες περιβαλλοντικές τεχνολογίες (επεξεργασία υγρών αποβλήτων, παραγωγή, μεταφορά και αποθήκευση πράσινης ενέργειας και ενεργειακή εξοικονόμηση, μειώσεις εκπομπών, πράσινη αυτοκίνηση, βιώσιμη διαχείριση νερού κ.ά.) χρειάζονται υπολογιστικές προσεγγίσεις στο στάδιο της αρχικής έρευνας, της ανάπτυξης προϊόντων και της βελτιστοποίησης.
- Η διαρκώς ενισχυόμενη σύνδεση περιβαλλοντικών και οικονομικών αξιών (Stern, TEEB, pollutant pays) καθιστά απαραίτητες τις ακριβείς εκτιμήσεις, βάσει σύνθετων υπολογιστικών αποτελεσμάτων αντί απλουστευμένων προσεγγίσεων.

27-lav-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων: νομικό πλαίσιο, έμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

28

Αν και η διάλεξη αυτή επικεντρώθηκε στη σύνδεση της υπολογιστικής μηχανικής με τον ειδικό εκείνο τομέα των περιβαλλοντικών επιστημών που αφορά στην εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η αξιοποίηση υπολογιστικών τεχνικών και εργαλείων εκτείνεται σε πολύ μεγαλύτερο εύρος τομέων του περιβάλλοντος.

Σε περιβαλλοντικές τεχνολογίες όπου η ρευστοδυναμική ανάλυση είναι απαιτητική (π.χ. επεξεργασία υγρών αποβλήτων, βελτιστοποίηση κινητήρων εσωτερικής καύσης, ροές γύρω από τα πτερύγια ανεμογεννητριών κ.ά.) η αξία της υπολογιστικής μηχανικής είναι αυταπόδεικτη. Αλλά και σε ευρύτερης χρησιμότητας προβλήματα όπως (α) η παραγωγή, μεταφορά, αποθήκευση και τιμολόγηση πράσινης ενέργειας, (β) βιώσιμη διαχείριση νερού (γ) η διαχείριση της αστικής κυκλοφορίας και η πράσινη αυτοκίνηση κ.ά., η συμμετοχή της υπολογιστικής μηχανικής είναι κρίσιμη. Στους τομείς μάλιστα αυτούς, οι ρυθμοί καινοτομίας, αλλά και δημιουργίας αναγκών που θα καλυφθούν από υπολογιστικές τεχνικές, είναι συχνά ταχύτεροι απ' ό,τι στα «παραδοσιακά» πεδία της υπολογιστικής μηχανικής. Έχει επίσης σημασία να αναφερθεί ότι στην πλειονότητα των τομέων της «μηχανικής για το περιβάλλον», δηλαδή της προσπάθειας βελτίωσης προϊόντων και υπηρεσιών ώστε να είναι περιβαλλοντικά συμβατότερα, οι υπολογιστικές τεχνικές αξιοποιούνται σε όλη την πορεία από την ιδέα στην έρευνα και ανάπτυξη, και από εκεί στην παραγωγή.

Ένας άλλος τομέας που η υπολογιστική μηχανική καλείται όλο και συχνότερα να διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο είναι οι έρευνες που βασίζονται στη σύνδεση περιβαλλοντικών και οικονομικών αξιών. Πρόκειται συνήθως για πολυσύνθετα έργα, με κυριότερα παραδείγματα την έκθεση Stern για τις παγκόσμιες οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, τις εκθέσεις TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity), καθώς και ορισμένες εφαρμογές της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει». Κοινό χαρακτηριστικό των προσπαθειών αυτών είναι η αυξανόμενη ανάγκη για ακριβέστερες και πιο ολοκληρωμένες εκτιμήσεις. Η ανάγκη για μεγαλύτερη ακρίβεια ωθεί τις υπολογιστικές τεχνικές σε όλο και μεγαλύτερη εμπάθυνση (π.χ. με την επιλογή φυσικών αντί εμπειρικών μοντέλων, την εκλογίκευση των παραδοχών κ.ά.) ενώ η προσπάθεια για πιο ολοκληρωμένα αποτελέσματα ωθεί στον συνυπολογισμό όλο και περισσότερων φαινομένων που επηρεάζουν τα προσομοιούμενα μεγέθη.

Πέρα από αυτές τις δύο ευρείες κατηγορίες ζητημάτων, η διαρκώς εντεινόμενη μέριμνα της κοινωνίας για το περιβάλλον, ενισχύει τις σχετικές έρευνες σε ένα πολύ μεγάλο φάσμα επιστημών και κλάδων, από την επιστήμη υλικών έως τη βιοτεχνολογία και την εμβιομηχανική. Οι υπολογιστικές τεχνικές αποτελούν απαραίτητο εργαλείο σχεδόν στο σύνολο αυτών των προσπαθειών. Υπό αυτή την έννοια, το περιβάλλον αποτελεί έναν από τους βασικούς παραγωγούς αναγκών και ωθήσεων για την υπολογιστική μηχανική.



Ευχαριστώ για το ενδιαφέρον σας.
Ώρα για ερωτήσεις και συζήτηση...

27-Ιαν-12

Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στο σχεδιασμό έργων υποδομής και παραγωγικών δραστηριοτήτων:
νομικό πλαίσιο, εμπρακτες εφαρμογές και η συμβολή της υπολογιστικής μηχανικής

29

Αλέξανδρος Κουλίδης

Χημικός Μηχανικός, MSc Υπολογιστική Μηχανική
Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής / Ειδική Υπηρεσία Περιβάλλοντος