

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΜΑΡΙΟΥ ΤΙΤΑΝ Α.Ε.: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΑΠΟ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Α. Πρόγιου^{1*}, Α. Κατσιάμπουλας², Π.Μεγαγιάννη², Α. Ανδρέοπουλος¹

¹Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

²ΤΙΤΑΝ Α.Ε., Αθήνα, Ελλάδα

(*ap@axonenviro.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της περιβαλλοντικής παρακολούθησης της ατμόσφαιρας, η εταιρεία ΤΙΤΑΝ Α.Ε. συνεργασία με το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο πραγματοποίησε μελέτη διασποράς αερίων ρύπων στην περιοχή της εγκατάστασης Καμαρίου. Η εφαρμοζόμενη μεθοδολογία καλύπτει χωρικά όλη την περιοχή επιρροής της εγκατάστασης με επαρκή χρονική ανάλυση, ενώ υιοθετείται και από την ισχύουσα οδηγία ποιότητας αέρα (ΕΕ 2008/50). Βάσει αυτής, για την αποτύπωση της αέριας ρύπανσης με αναλυτική χωρική και χρονική κάλυψη, υποδεικνύεται η χρήση υπολογιστικών τεχνικών, ιδίως όταν οι παράμετροι περιβαλλοντικής επιβάρυνσης κινούνται σε χαμηλά επίπεδα. Σε αυτή την κατηγορία εντάσσεται και η εγκατάσταση Καμαρίου της ΤΙΤΑΝ Α.Ε. Στην παρούσα μελέτη υπολογίσθηκαν οι εκπομπές αερίων ρύπων και εφαρμόσθηκαν κατάλληλα μοντέλα για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων από την λειτουργία της εγκατάστασης και συγκεκριμένα την διαπίστωση και αναφορά υπερβάσεων των οριακών τιμών, την εκτίμηση των παραμέτρων έκθεσης του πληθυσμού και τον προσδιορισμό της επίδρασης κάθε πηγής εκπομπών στις απαντώμενες συγκεντρώσεις. Για τις παραπάνω εκτιμήσεις λήφθηκαν υπόψη οι δυσμενέστερες συνθήκες ως προς τις εκπομπές και τις μετεωρολογικές συνθήκες και τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με υφιστάμενες μετρήσεις.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη έχει ως αντικείμενο τη «Διερεύνηση της Διασποράς των Εκπομπών Αερίων Ρύπων από τις εγκαταστάσεις του Εργοστασίου Καμαρίου της Α.Ε. Τσιμέντων ΤΙΤΑΝ (Σχήμα 1). Το Εργοστάσιο Καμαρίου λειτουργεί από το 1976 και εμπορικά δραστηριοποιείται τόσο στην ελληνική όσο και στη διεθνή αγορά. Απασχολεί σήμερα 156 άτομα με σχέση εξαρτημένης εργασίας και άλλα 150-200 εργολαβικά. Από τη διαδικασία παραγωγής του τσιμέντου δεν δημιουργούνται παραπροϊόντα, ούτε παράγονται υγρά απόβλητα. Υλικά από διαρροές αξιοποιούνται πλήρως, ανακυκλούμενα στην παραγωγική διαδικασία, σύμφωνα με τα οριζόμενα στις οδηγίες και διαδικασίες των Συστημάτων Διαχείρισης Ποιότητας και Περιβάλλοντος του εργοστασίου. Συνεπώς, οι κύριες πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος είναι οι εκπομπές αερίων ρύπων και σκόνης. Η εταιρεία έχει υιοθετήσει βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές και τηρεί τα προβλεπόμενα όρια της ελληνικής νομοθεσίας και των περιβαλλοντικών της όρων. Επίσης, εφαρμόζει συστήματα διαχείρισης, πιστοποιημένα βάσει των διεθνών προτύπων ποιότητας, προστασίας περιβάλλοντος και υγείας & ασφάλειας των εργαζομένων. Αποτέλεσμα των παραπάνω σημαντικών βελτιώσεων ως προς την ένταση των εκπεμπόμενων ρύπων, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι πολύ χαμηλότερα από τα αντίστοιχα της μελέτης διασποράς που είχε εκπονηθεί από την ίδια ομάδα και με τα ίδια υπολογιστικά εργαλεία το έτος 2008.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ

Επιλέχθηκε η περιοχή της μελέτης με κέντρο τις εγκαταστάσεις του εργοστασίου Καμαρίου της ΤΙΤΑΝ Α.Ε. και ακτίνα 20 km. Η περιοχή αυτή καλύπτεται από πλέγμα διαστάσεων 40X40 km² το οποίο αποτελείται από 20 X 20 κυψελίδες 2X2 km² η κάθε μία. Η περιοχή της μελέτης περιλαμβάνει ουσιαστικά το Θριάσιο Πεδίο το οποίο βρίσκεται στο ΒΔ τμήμα της Αττικής και έχει Δυτικά το όρος

Πατέρας (1131m), στα βορειοδυτικά τον Κιθαιρώνα (1016m), στα Βόρεια-Βορειοανατολικά την Πάρνηθα (1413m), στα Νοτιοανατολικά - Ανατολικά το Αιγάλεω (468m) και το Ποικίλο Όρος (453m) και στα Νότια τη θάλασσα. Η ευρύτερη περιοχή μελέτης απεικονίζεται στο Σχήμα 1.

Για την εφαρμογή του συγκεκριμένου συστήματος μοντέλων, κρίθηκε αναγκαία η επιλογή της ευρείας αυτής περιοχής προκειμένου να ληφθούν υπόψη ορογραφικές ιδιαιτερότητες της περιοχής μελέτης, που καθορίζουν την τοπική διαμόρφωση των μετεωρολογικών πεδίων και οι οποίες απεικονίζονται στην κλίμακα αυτή πύο ολοκληρωμένα.

Για τον υπολογισμό των επιπέδων ρύπων που συνδέονται αποκλειστικά με την λειτουργία της υπό μελέτη εγκατάστασης, εφαρμόσθηκε το σύστημα μοντέλων CALMET-CALPUFF [1, 2, 3, 4]. Το CALMET είναι ένα διαγνωστικό μοντέλο για την παραγωγή των πεδίων ροής και το CALPUFF είναι ένα μοντέλο Lagrange για τον υπολογισμό της διασποράς αερίων ρύπων. Συμπληρωματικά και για λόγους πληρότητας εφαρμόσθηκε το σύστημα μοντέλων WRF-CHEM [5, 6] το οποίο αποτελείται από ένα τρισδιάστατο προγνωστικό μετεωρολογικό μοντέλο συζευγμένο με ένα τρισδιάστατο φωτοχημικό μοντέλο μεσοκλίμακας το οποίο λαμβάνει υπόψη του το σύνολο των πηγών ρύπανσης ανθρωπογενών και φυσικών στην ευρύτερη περιοχή της μελέτης.



Σχήμα 1. Ευρύτερη Περιοχή Μελέτης και κύριες αστικές περιοχές

Το σύστημα μοντέλων CALMET-CALPUFF εφαρμόσθηκε για τις δυσμενέστερες συνθήκες λειτουργίας, δηλαδή για μέγιστες εκπομπές και κατάλληλες μετεωρολογικές συνθήκες οι οποίες επιλέχθηκαν με τα εξής κριτήρια: α) μετεωρολογικές συνθήκες που απαντώνται συχνά στην περιοχή μελέτης, β) μετεωρολογικές συνθήκες που ευνοούν τη συσσώρευση αερίων ρύπων και γ) συνδυασμούς των ανωτέρω.

Για την επιλογή των μετεωρολογικών σεναρίων που λήφθηκαν υπόψη κατά τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν μακροχρόνιες μετρήσεις μετεωρολογικών παραμέτρων της ευρύτερης περιοχής μελέτης. Από τις μετρήσεις αυτές προκύπτει ότι σε ετήσια βάση, οι βόρειοι άνεμοι επικρατούν στην περιοχή με υψηλό ποσοστό εμφάνισης (~43 %) και ακολουθούν οι νότιοι με ποσοστό περί το 21%. Σημαντικό είναι το ποσοστό των νηνεμιών καθόλη τη διάρκεια του έτους και ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες.

Η επικράτηση των βορείων ανέμων συνδέεται και με την όποια πιθανή μεταφορά ρύπων από τις εγκαταστάσεις του εργοστασίου TITAN προς περιοχές με μεγαλύτερη οικιστική συγκέντρωση όπως η Ελευσίνα ενώ ταυτόχρονα βοηθά στη διασπορά των ρύπων των προερχομένων από τις λοιπές εγκαταστάσεις της βιομηχανικής ζώνης του Θριασίου Πεδίου πάνω από τη θάλασσα, με την

εξαίρεση των οικισμών της Σαλαμίνας. Συνεπώς, οι άνεμοι βορείου τομέα σε συνδυασμό με την μεγάλη συχνότητα εμφάνισής τους αποτελούν ένα από τα εξεταζόμενα μετεωρολογικά σενάρια. Το σενάριο αυτό εξετάσθηκε για χαμηλής και υψηλότερης έντασης ανέμους (1-3 και 4-6 m/s).

Επισημαίνεται ότι, στα πλαίσια της συντηρητικής θεώρησης που υιοθετήθηκε στην παρούσα εργασία, κατά τους υπολογισμούς έχει ληφθεί το ανώτερο 2% των επιπέδων εκπομπών που έχουν καταγραφεί κατά τις συνεχείς μετρήσεις. Συνεπώς, οι προσομοιώσεις που διεξήχθησαν περιγράφουν το δυσμενέστερο περιβαλλοντικά σενάριο και αποδίδουν τις απόλυτα μέγιστες συγκεντρώσεις που αναμένονται για τον συνδυασμό των μέγιστων εκπομπών αλλά και μετεωρολογικών συνθηκών που ευνοούν την συσσώρευση των ρύπων.

Κατά την εφαρμογή του συστήματος μοντέλων WRF-CHEM θεωρήθηκε μία συνοπτική κατάσταση με βόρειους ανέμους και οι εκπομπές των εγκαταστάσεων της ΑΕ Τσιμέντων ΤΙΤΑΝ για συνθήκες κανονικής λειτουργίας και μέσες ωριαίες εκπομπές. Στους υπολογισμούς ελήφθησαν υπόψη και οι εκπομπές από τις άλλες πηγές της ευρύτερης περιοχής.

Οι συνολικές ετήσιες εκπομπές αερίων ρύπων από τους δύο περιστροφικούς κλιβάνους παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Ποσότητες εκπεμπομένων αερίων ρύπων από τις σημειακές πηγές εκπομπής (περιστροφικοί κλίβανοι 1 και 2).

Ρύπος	Εκπομπές (t/y)	
	ΠΚ1	ΠΚ2
Οξείδια του αζώτου (NO _x)	1114	1054
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	79	99
Σωματίδια (PM ₁₀)	11	11
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	2029	9012

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου διασποράς CALPUFF παρουσιάζονται στην συνέχεια ενδεικτικά για το σενάριο βορείων ανέμων υψηλότερης ταχύτητας (4-6m/s) γιατί για το σενάριο αυτό εμφανίζονται σχετικά υψηλότερες συγκεντρώσεις ενώ επιπλέον οι βόρειοι άνεμοι μεταφέρουν τους εκπεμπόμενους ρύπους προς κατοικημένες περιοχές (Σχήματα 2-4).

Οι απόλυτα μέγιστες απαντώμενες ωριαίες συγκεντρώσεις NO₂ αγγίζουν νωρίς το πρωί τα 60 μg/m³ οι οποίες είναι πολύ χαμηλότερες του ορίου των 200 μg/m³. Κατά τις μεσημβρινές ώρες (14.00) οι μέγιστες αυτές συγκεντρώσεις μειώνονται και είναι της τάξης των 40 μg/m³ ενώ αντίστοιχες είναι οι συγκεντρώσεις και τις βραδυνές ώρες (21.00). Οι μέγιστες μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις είναι χαμηλότερες των 35 μg/m³. Οι απόλυτα μέγιστες ωριαίες συγκεντρώσεις των ρύπων CO, PM₁₀ και SO₂ είναι ιδιαίτερα χαμηλές και μπορούν να χαρακτηρισθούν ως αμελητέες αφού δεν υπερβαίνουν τα 600 μg/m³ για το CO και τα 5 και 9 μg/m³ για τα PM₁₀ και SO₂ αντίστοιχα, συγκεντρώσεις χαμηλότερες των αντίστοιχων επιπέδων υποβάθρου της καθαρής ατμόσφαιρας και κατά πολύ χαμηλότερες των υφιστάμενων ορίων .

Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου WRF-CHEM (Σχήματα 5-6), οι μέγιστες ωριαίες συγκεντρώσεις διοξειδίου του αζώτου στην περιοχή της ΑΕ Τσιμέντων ΤΙΤΑΝ και είναι της τάξης των 40 μg/m³ ενώ, συμπληρωματικά, παρουσιάζονται και τα επίπεδα του όζοντος, επειδή δεν είναι δυνατόν να εκτιμηθούν με το CALPUFF, τα οποία είναι περί τα 90 μg/m³. Το μονοξείδιο του άνθρακα, τα σωματίδια και το διοξείδιο του θείου είναι πολύ χαμηλά και δεν εξετάζονται περαιτέρω.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων του μοντέλου διασποράς που εφαρμόστηκε το 2008, προκύπτει ότι οι απόλυτα μέγιστες μέσες ωριαίες υπολογιζόμενες συγκεντρώσεις NO₂ που συνδέονται με τη λειτουργία των εγκαταστάσεων είναι περί τα 130 μg/m³, και πάλι χαμηλότερες των υφιστάμενων ορίων ενώ οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του θείου και των σωματιδίων ήταν πολύ χαμηλές. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων κατά την παρούσα μελέτη συγκρινόμενα με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων στην προηγούμενη μελέτη διασποράς παρουσιάζουν σημαντική μείωση και δεν υπερβαίνουν τα 60 μg/m³, δηλαδή οι συγκεντρώσεις εμφανίζονται κατά 70% μειωμένες σε σχέση με τα επίπεδα του 2007.

Από τα στοιχεία εκπομπών προκύπτει ότι ο σημαντικότερος, ως προς τις εκπεμπόμενες ποσότητες, ρύπος είναι το διοξείδιο του αζώτου με μεγάλη διαφορά από το μονοξείδιο του άνθρακα, τα σωματίδια και το διοξείδιο του θείου. Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη, στα πλαίσια της συντηρητικής προσέγγισης που επιλέχθηκε, με στόχο την περιγραφή των πλέον δυσμενών συνθηκών, λαμβάνονται υπόψη οι μέγιστες εκπομπές που έχουν καταγραφεί κατά τις συνεχείς μετρήσεις.

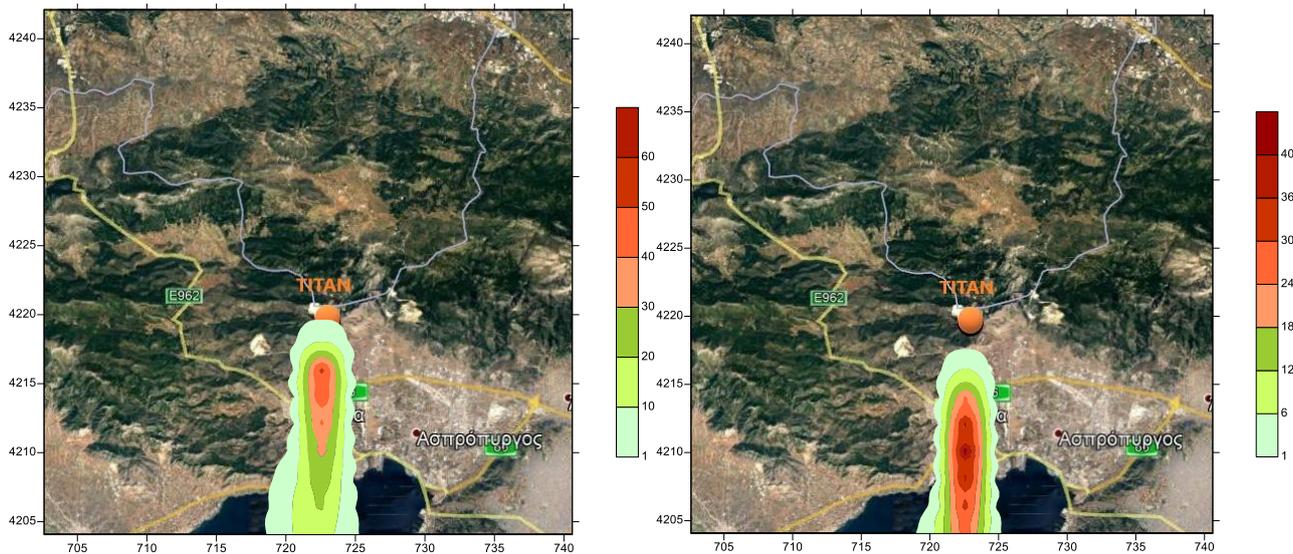
Οι βόρειοι άνεμοι επικρατούν στην περιοχή με υψηλό ποσοστό εμφάνισης (~43 %) και ακολουθούν οι νότιοι με ποσοστό περί το 21%. Για τους λόγους αυτούς κατά τους υπολογισμούς επιλέχθηκε σενάριο ανέμων βορείου τομέα, δεδομένου ότι με τους ανέμους αυτούς υπάρχει μεταφορά και προς κατοικημένες περιοχές.

Βάσει των μετρήσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης, προκύπτει ότι γενικά η περιοχή της Ελευσίνας δεν παρουσιάζει πρόβλημα και κανένας ρύπος, πλην του όζοντος, δεν υπερβαίνει τα θεσμοθετημένα όρια.

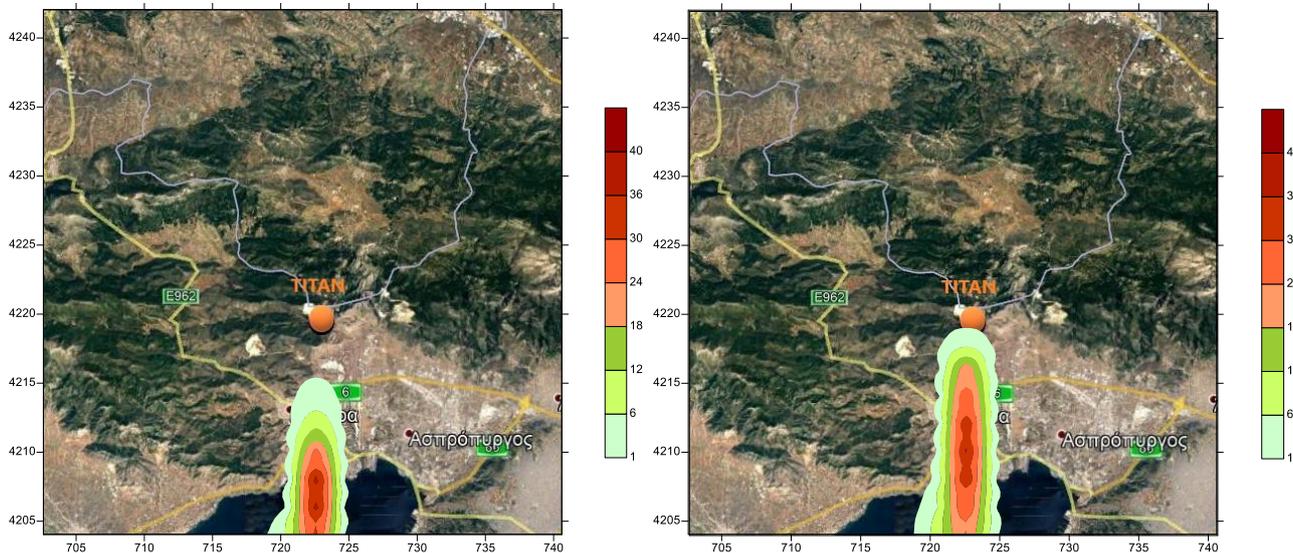
Οι συγκεντρώσεις του μονοξειδίου του άνθρακα, του διοξειδίου του θείου και των σωματιδίων αξιολογούνται ως πολύ χαμηλές. Οι εγκαταστάσεις του εργοστασίου Καμαριού της Α.Ε. Τσιμέντων ΤΙΤΑΝ ουσιαστικά δεν συνεισφέρουν στα απαντώμενα επίπεδα των αντίστοιχων ρύπων της περιοχής όπως προκύπτει και από τις υφιστάμενες μετρήσεις στον σταθμό του Εθνικού Δικτύου Περιβάλλοντος και Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ) της Ελευσίνας.

Οι απόλυτα μέγιστες ωριαίες υπολογιζόμενες συγκεντρώσεις NO₂ που συνδέονται με τη λειτουργία των εγκαταστάσεων είναι περί τα 60 μg/m³, πολύ χαμηλότερες του υφιστάμενου ορίου των 200 μg/m³. Το παραπάνω συμπέρασμα συμφωνεί και με τις αντίστοιχες μετρήσεις στην περιοχή ενδιαφέροντος. Πράγματι, ενδεικτικά αναφέρεται ότι η μέγιστη ωριαία συγκέντρωση του διοξειδίου του αζώτου κατά το έτος 2017 στην Ελευσίνα ήταν 106 μg/m³.

Οι απόλυτα μέγιστες 24ωρες συγκεντρώσεις NO₂ δεν υπερβαίνουν τα 35 μg/m³, και στην περίπτωση αυτή χαμηλότερες του ετησίου ορίου των 40 μg/m³.



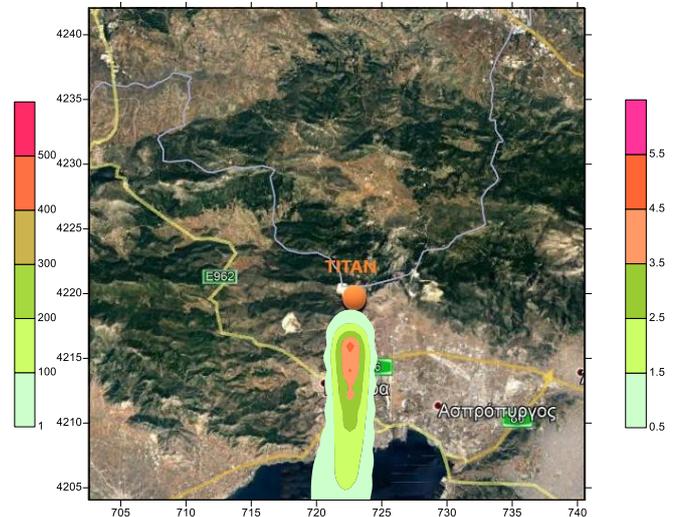
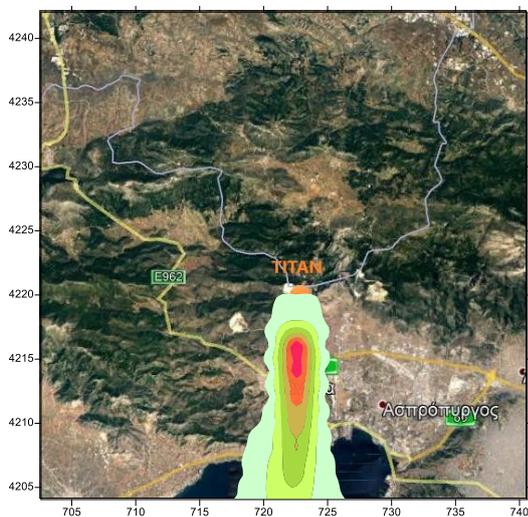
Σχήμα 2. Μέγιστες ωριαίες συγκεντρώσεις ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) NO_2 για τις ώρες 07.00 (αριστερά) και 14.00 (δεξιά) .



Σχήμα 3. Μέγιστες ωριαίες συγκεντρώσεις NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) για τις 21.00 (αριστερά) και μέσες ημερήσιες συγκεντρώσεις NO_2 (δεξιά) .

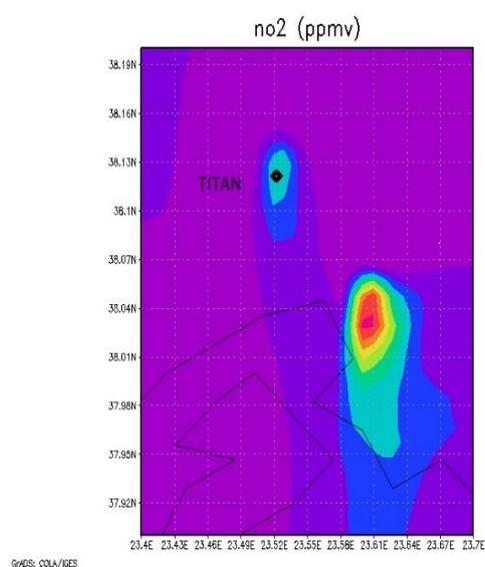
CO

PM10

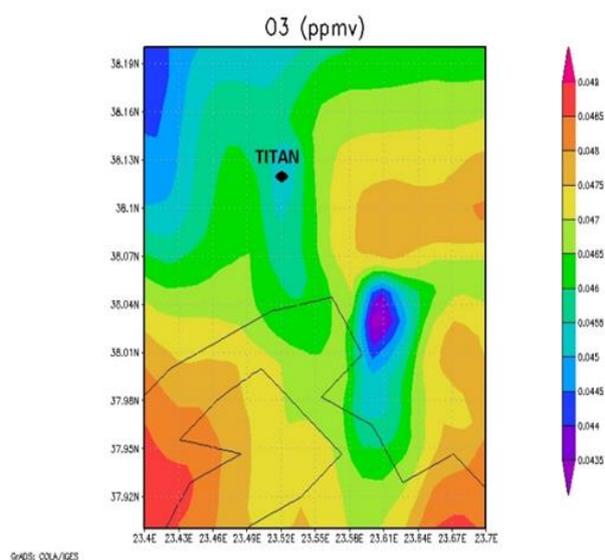


SO₂

Σχήμα 4. Μέγιστες ωριαίες συγκεντρώσεις ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) CO (πάνω αριστερά), PM_{10} (πάνω δεξιά) και SO_2 (κάτω).



GridS: COLA/IGES



GridS: COLA/IGES

Σχήμα 5. Μέγιστες ωριαίες συγκεντρώσεις NO_2 .

Σχήμα 6. Μέγιστες ωριαίες συγκεντρώσεις O_3 .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] J. S. Scire, D.G. Strimaitis, R.J. Yamartino and X. Zhang (1995) A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model, Report prepared for the USDA Forest Service by EARTH TECH, Concord, MA
- [2] J. S. Scire, E. M. Insley, R.J. Yamartino (1990) Model Formulation and User's Guide for the CALMET Meteorological Model, Report No A025-1, California Air Resources Board, Sacramento, California
- [3] R.J. Yamartino, J. S. Scire, S. R. Hanna, G.R. Carmichael, Y.S. Chang (1992) "The CALGRID Mesoscale Photochemical Grid Model –I. Model Formulation", Atmospheric Environment, 26A, 1493-1512.
- [4] R.J. Yamartino, J. S. Scire, S. R. Hanna, G.R. Carmichael, Y.S. Chang (1989) CALGRID: A Mesoscale Photochemical Grid Model. Volume II: User's Guide. Report prepared for the California Air Resources Board by Sigma Research Corporation, Concord, MA
- [5] National Center for Atmospheric Research / Atmospheric Chemistry Observations & Modeling / Atmospheric Chemistry Observations and Modeling. WRF-Chem n.d. <https://www2.aocom.ucar.edu/wrf-chem> (accessed March 11, 2018).
- [6] US Department of Energy / Pacific Northwest National Laboratory. WRF-Chem n.d. <http://bit.ly/2ng2wTD> (accessed March 11, 2018).