

Η ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΥΡΥΠΑΝΣΗΣ

Αριστείδης Βούλγαρης
Πρόεδρος ΟΦΑ Θεσσαλονίκης

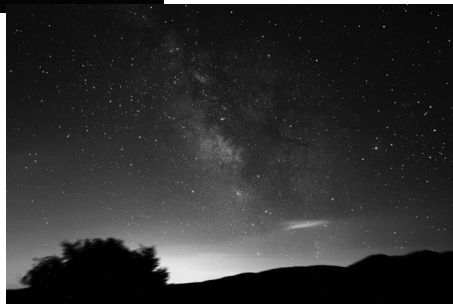
Το καλοκαίρι του 2004 είχα την ευκαιρία να φωτογραφίσω το θερινό τμήμα του Γαλαξία μας (την κεντρική περιοχή και τον πυρήνα) από δύο διαφορετικά μέρη της Ελλάδας. Το πρώτο ήταν το μέρος όπου η Ομάδα Παρατήρησης του Ο.Φ.Α. κάνει τις παρατηρήσεις της και ονομάζεται Πρώτο Καταφύγιο. Βρίσκεται στο όρος Πάικο, 100 χιλιόμετρα βορειοδυτικά της Θεσσαλονίκης και σε υψόμετρο



1325 μέτρα. Η κεντρική περιοχή του Γαλαξία, που περιστοιχίζεται από τους αστερισμούς του Σκορπιού και του Τοξότη, φωτογραφήθηκε με ευρυγώνιο φακό 20 mm f/3,5 καλύπτοντας πεδίο 60X 40 μοίρες του θερινού ουρανού (φωτο 1Α). Χρησιμοποίησα ψηφιακή φωτογραφική μηχανή στα 400 ASA

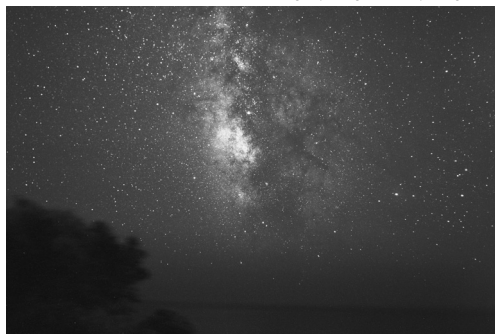
Φωτο1 και Φωτο 1Α: Η κεντρική περιοχή του Γαλαξία μας και στον ορίζοντα η φωτορύπανση από τις πόλεις Βέροια και Νάουσα.

με χρόνο έκθεσης 4 λεπτά. Η εικόνα του Γαλαξία που ανήκει και ο Ήλιός μας, εμφανίστηκε στην οθόνη της μηχανής και κατόπιν του υπολογιστή μου (φωτο 1). Παρατήρησα όμως ότι για αρκετές μοίρες πάνω από τον ορίζοντα τα άστρα ήταν “σβησμένα”, χαμένα μέσα



σε μια κίτρινη-πορτοκαλί άλω. Ήταν η φωτορύπανση από τις πόλεις Βέροια και Νάουσα, μολονότι βρίσκονται σε αρκετή απόσταση από αυτές ...

Δύο εβδομάδες αργότερα βρίσκόμενος στο Ιόνιο Πέλαγος, νότια της Κέρκυρας, στο νησί των Παξών φωτογράφισα το Γαλαξία μας (φωτο2) με την ίδια φωτογραφική μηχανή, φακό και χρόνο έκθεσης. Η φωτογράφιση έγινε στο Μογγονήσι, νότια των Παξών και σε υψόμετρο 10 μέτρα πάνω από τη θάλασσα. Και στα δύο



Φωτο2: Η κεντρική περιοχή του Γαλαξία μας από τους Παξούς.

μέρη φωτογράφησα το θέμα τη στιγμή που “μεσουρανούσε άνω”, όταν δηλαδή ο Γαλαξίας διέρχονταν από τον κεντρικό μεσημβρινό του κάθε τόπου (τα ουράνια αντικείμενα όταν μεσουραρούν άνω έχουν το μέγιστο ύψος πάνω από τον ορίζοντα και επομένως μεσολαβεί λεπτότερο πάχος γήινης ατμόσφαιρας που σημαίνει λιγότερη απορρόφηση αστρικού φωτός από την ατμόσφαιρα, λιγότερη διαταραχή και συνεπώς

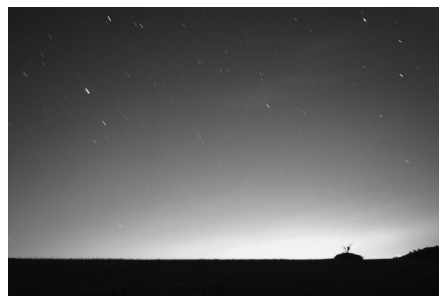
λαμπρότερα και καθαρότερα είδωλα).

Αυτό που έλειπε παντελώς στη φωτογραφία του Γαλαξία που τραβήχτηκε από τους Παξούς ήταν η φωτορύπανση... Τα άστρα του Γαλαξία αποτυπώθηκαν ακόμα και σε ύψος 4 μοιρών πάνω από τον ορίζοντα (θάλασσα). Στη φωτογραφία διακρίνει κανείς το πάχος της γήινης ατμόσφαιρας, τα όρια της θάλασσας (ορίζοντας) και την αντανάκλαση του φωτός των άστρων του Γαλαξία στην επιφάνειά της. Ακόμα και με

γυμνό οφθαλμό έβλεπα άστρα που δεν τα είχα ξαναδεί ποτέ και τόσο χαμηλά στον ορίζοντα που νόμιζες ότι “βουτάνε” στο νερό... Αιτία αυτού βέβαια η απουσία της φωτορύπανσης.

ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΦΩΤΟΥΡΥΠΑΝΣΗ

Με τον όρο φωτορύπανση εννοούμε μία έντονη συγκέντρωση ορατής ακτινοβολίας σε μικρή περιοχή της γήινης επιφάνειας. Εξαιτίας αυτής της έντονης συγκέντρωσης ακτινοβολίας, ένα ικανό και ταυτόχρονα αντιληπτό από τον οφθαλμό, ποσοστό, διαφεύγει στην ατμόσφαιρα μέσω του φαινομένου της ανάκλασης και της διάχυσης του φωτός, έχοντας ως αποτέλεσμα τον φωτισμό του Ουρανού (φωτο 3). Ο φωτισμός του Ουρανού έχει ως επίπτωση την “εξαφάνιση” των αμυδρότερων αστείων από το ουράνιο στερέωμα μια και το μαύρο φόντο ενός σκοτεινού ουρανού αντικαθίσταται από



Φωτο3: Η φωτορύπανση της πόλης της Θεσσαλονίκης όπως φωτογραφήθηκε από τη περιοχή του Λιβαδίου (45χλμ. Β.ΒΑ της Θεσσαλονίκης υψόμετρο 750μ.).

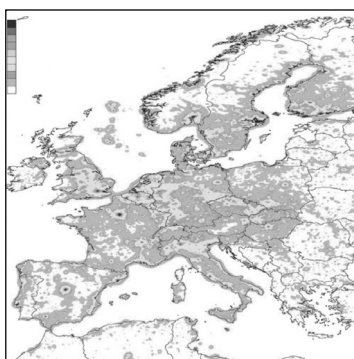


Φωτο4: Δορυφορική νυχτερινή φωτογραφία του πλανήτη Γη αποκαλύπτει την κατανομή της φωτορύπανσης, ιδιαίτερα έντονη στις πυκνοκατοικημένες περιοχές.



Image and data processing by NOAA's National Geophysical Data Center, Defense Meteorological Satellite Program data collected by the US Air Force Weather Agency.

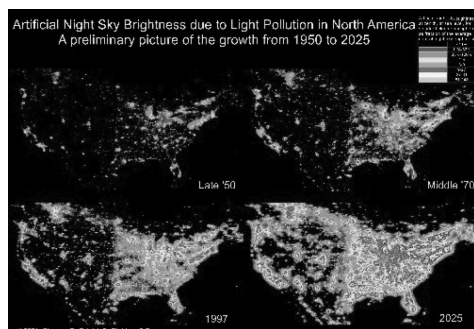
Φωτο5: Δορυφορική νυχτερινή φωτογραφία της Ευρώπης αποκαλύπτει την κατανομή της φωτορύπανσης.



Φωτο5Α: Η Φωτο 5 σε ψευδοχρώματα

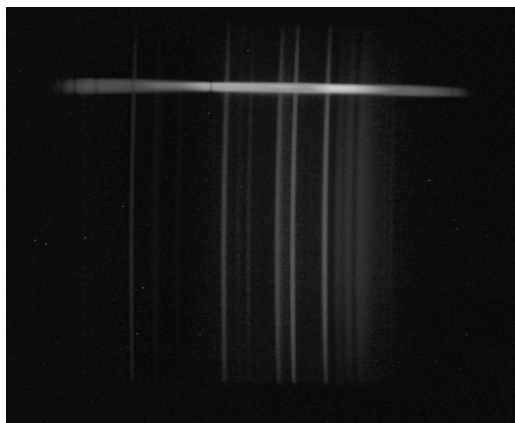
το φωτεινό γκρίζο φως της φωτορύπανσης. Η φωτορύπανση δημιουργείται κατά κύριο λόγο από τη χρήση λαμπτήρων για φωτισμό (δρόμων, κτηρίων, πάρκων και καθώς και σπιτιών): ένα ποσοστό του φωτός που εκπέμπει ένας λαμπτήρας απορροφάται από τη γήινη επιφάνεια και ένα ποσοστό του ανακλάται και διαχέεται στην ατμόσφαιρα μέσω των σωματιδίων της σκόνης και της υγρασίας. Συνήθως η φωτορύπανση εμφανίζεται σε πυκνοκατοικημένες περιοχές και δημιουργείται κυρίως από την άσκοπη σπατάλη φωτεινής ενέργειας. Έχει υπολογιστεί ότι στις χώρες του δυτικού κόσμου η σπατάλη ενέργειας (συμπεριλαμβανομένης και της φωτεινής) είναι 40 φορές περισσότερη από όσο είναι απαραίτητο (φωτο4-6). Φωτορύπανση μικρής κλίμακας μπορεί να δημιουργήσει και ένα μόνο κτίριο π.χ. ένα εργοστάσιο το οποίο χρησιμοποιεί προβολείς μεγάλης ισχύος για λόγους ασφαλείας (αποτροπή από διάρρηξη ή κλοπή).

Αρκετές φορές αυτή η “διαφυγή” ενέργειας προς την ατμόσφαιρα με τη μορφή



Φωτο6: η εξέλιξη της φωτορύπανσης στην αμερικανική ήπειρο κατά τις δεκαετίες 1950, 1970, 1990-2000 και η δυσοίωση πρόβλεψη το 2025

ορατού φωτός (και μαλακής υπεριώδους ακτινοβολίας που εκπέμπουν κάποιοι λαμπτήρες) διεγείρει τα άτομα του οξυγόνου (O_2) της ατμόσφαιρας “εξανταγκάζοντας” τα να φωτοβολήσουν σε μήκη κύματος στην περιοχή του πράσινου και του πορτοκαλί. Και αυτή η «παραγωγή» φωτός διαχέεται επίσης στην ατμόσφαιρα προσδίδοντας της ένα χαρακτηριστικό υποπράσινο ή άλλοτε κοκκινωπό-κεραμιδί χρωματισμό. Αυτός ο χρωματισμός είναι ιδιαίτερα αντιληπτός όταν υπάρχουν στον ουρανό σύννεφα τα οποία ανακλούν τη διαχεόμενη φωτορύπανση ξανά πίσω στη γήινη επιφάνεια. Με την παρουσία αρκετών βλαβερών ρύπων στις πόλεις (CO_2 , CO , O_3 , NO , NO_2 , SO_2) καθώς και υγρασίας (υδρατμοί H_2O) δημιουργείται το λεγόμενο φωτοχημικό νέφος σχηματίζοντας ένα αδιαφανές κέλυφος πάνω από τις πόλεις, το οποίο εξαφανίζει το φως οποιουδήποτε άστρου (η πολλές φορές και πλανήτη). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το οριακό φαινόμενο μέγεθος ενός αστέρα αντιληπτού με γυμνό οφθαλμό να μειώνεται σημαντικά. Για παράδειγμα μέσα από την πόλη της Θεσσαλονίκης μπορούμε οριακά να διακρίνουμε αστέρες μεγέθους 4- 4,5 ,ενώ από το όρος Πάικο έως και 6,7 . Αυτό σημαίνει ότι λόγω της φωτορύπανσης εξαφανίζονται αρκετές χιλιάδες άστρα από τον ουρανό, υποβαθμίζοντας την ποιότητα του ουρανού που παρατηρούμε.

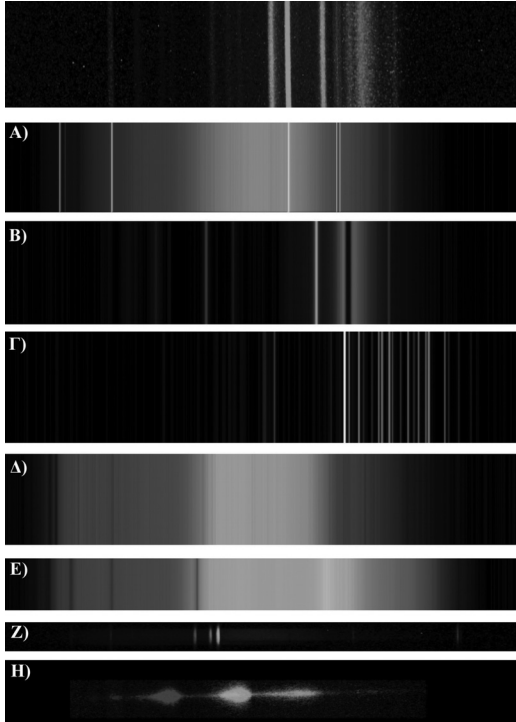


Φωτο7: το φάσμα του αστέρα Σείριον όπως τον φωτογράφησε ο ΦΑΣΜΑ. Οι ισχυρές (κατακόρυφες) γραμμές εκπομπής οφείλονται στο ταυτόχρονα αναλυμένο φως της φωτορύπανσης.

Το καλοκαίρι του 1994 συνέβη ένας μεγάλος σεισμός με ταυτόχρονη διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος στην ευρύτερη περιοχή του Λος Άντζελες της Αμερικής, η οποία βυθίστηκε στο σκοτάδι για αρκετές νύχτες. Κάθε βράδυ ήταν ορατός ο νυχτερινός ουρανός και ο πυρήνας του Γαλαξία μας. Η αστυνομία και τα αστεροσκοπεία

δέχονταν εκατοντάδες τηλεφωνήματα από «απορημένους» πολίτες , οι οποίοι ρωτούσαν τι είναι αυτό το μόνιμο νέφος στον ουρανό που φαίνεται κάθε βράδυ (το κέντρο του Γαλαξία δηλαδή) και για το εάν αυτό το “νέφος” έχει κάποια σχέση με το σεισμό... (από το βιβλίο του Terence Dickinson NightWatch).

ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΥΡΥΠΑΝΣΗΣ



Φωτο8: Συγκεντρωτικός πίνακας φασμάτων. Στο πρώτο φάσμα απεικονίζεται η φασματική ανάλυση του φωτός της φωτορύπανσης στις επιμέρους ακτινοβολίες μέσω του φασματογράφου ΦΑΣΜΑ. Ακολουθούν: Α) το φάσμα (Υδραργύρου) ενός λαμπτήρα φθορισμού. Β) το φάσμα (χαμηλής πίεσεως Νατρίου) ενός λαμπτήρα φωτισμού δρόμων. Γ) το φάσμα (του στοιχείου Νέον) ενός λαμπτήρα φωτεινής διαφημιστικής επιγραφής. Δ) ένα τυπικό ηλιακό φάσμα με τις χαρακτηριστικές γραμμές απορρόφησης Fraunhofer. Ε) το φάσμα του αστέρα Σείριου με τις χαρακτηριστικές γραμμές απορρόφησης Υδρογόνου (Balmer). Ζ) το φάσμα του νεφελώματος M42 του αστερισμού του Ωρίωνα με τις χαρακτηριστικές γραμμές εκπομπής Υδρογόνου (H) και διεισδυμένου Οξυγόνου (OIII). Η) το φάσμα μοριακής εκπομπής άνθρακα (C2, C3) του κομήτη Machholz.

Στις αρχές του 2005 θέλοντας να φωτογραφίσω το φάσμα του κομήτη Machholz κατασκεύασα ένα φασματογράφο για την ανάλυση των ακτινοβολιών με τη βοήθεια ενός φράγματος περίθλασης. Η πρώτη φωτογραφική δοκιμή του Φασματογράφου Μεταβλητής Ανάλυσης (ΦΑΣ.Μ.Α.) έγινε με έναν λαμπτήρα φθορισμού (και όχι φθορίου όπως εσφαλμένα λέγεται πολλές φορές). Κατόπιν έστρεψα τον ΦΑΣΜΑ στον αστέρα Σείριο. Προς μεγάλη μου έκπληξη το φάσμα του Σείριου εμφανίστηκε στην οθόνη της ψηφιακής μου μηχανής: Μια έγχρωμη ταινία διακοπτόμενη από πλατιές μαύρες γραμμές. Ήταν ένα φάσμα με τις χαρακτηριστικές γραμμές απορρόφησης υδρογόνου (γραμμές Balmer), χαρακτηριστικό φάσμα ενός θερμού αστέρα , όπως είναι ο Σείριος. Η έκπληξή μου έγινε ακόμα πιο μεγάλη, όταν παρατήρησα και κάτι άλλο εξίσου αντιληπτό με το φάσμα του αστέρα : έντονες γραμμές εκπομπής κατά μήκος όλου του πεδίου του φασματογράφου οι οποίες δεν οφείλονταν στο αναλυμένο φως του Σείριου, αλλά σε κάτι άλλο... Έχοντας έκδηλη τη δυσπιστία μου για το αποτέλεσμα της πρώτης μου

φωτογράφησης. έστρεψα τον ΦΑΣΜΑ στον αστέρα Μπεντελγκέζ. Μετά από 4 λεπτά φωτογράφησης το φάσμα του αστέρα εμφανίστηκε στην οθόνη της μηχανής μου με την ταυτόχρονη παρουσία των γραμμών εκπομπής πανομοιότυπων με την πρώτη μου φωτογραφία . Ήταν σίγουρο ότι ο ΦΑΣΜΑ ταυτόχρονα με το φως του αστέρα ανέλυε και το φως της φωτορύπανσης που υπήρχε διάχυτη στον ουρανό. Θέλοντας να αναγνωρίσω ποιες λάμπες ευθύνονται για τη φωτορύπανση τη πόλης ξεκίνησα μία καταγραφή των φασμάτων όλων των τύπων των λαμπτήρων που ακτινοβολούν στην πόλη για διαπιστώσω ποια φάσματα λαμπτήρων ταυτίζονται απόλυτα με το φάσμα της φωτορύπανσης και ποιοι λαμπτήρες ευθύνονται για την έντονη φωτορύπανση της πόλης...

Με αφορμή τα παραπάνω κατέληξα στο συμπέρασμα ότι η φωτορύπανση ακόμα και στην Ελλάδα αρχίζει να παίρνει «διαστάσεις επιδημίας» τείνοντας να γίνει πανελλήνιο πρόβλημα. Εάν δεν θέλουμε τα παιδιά μας να τηλεφωνούν στην αστυνομία γεμάτα έκπληξη κάθε φορά που θα γίνεται διακοπή ρεύματος και φαίνεται ο Γαλαξίας μας ή ένας πλανήτης , κάτι πρέπει να κάνουμε...