

# Οδηγός Οπτικής Παρατήρησης Διαττόντων

## Γενικά:

Ο αριθμός των διαττόντων που βλέπουμε εξαρτάται από πολλές παραμέτρους. Πρώτα από όλα όμως σημαντικότερο είναι το ύψος του ακτινοβόλου σημείου (radiant), δηλαδή το σημείο του ουρανού από όπου φαίνονται να ακτινοβολούν οι διάττοντες (αν κρατήσουμε στο μυαλό μας τις διευθύνσεις που κινήθηκαν οι διάττοντες, θα συγκλίνουν προς τα πίσω σε αυτό σημείο).

Αν το ακτινοβόλο σημείο δεν έχει ανατείλει από τον τόπο που παρατηρούμε τότε δεν πρόκειται να δούμε κανένα διάττοντα που συσχετίζεται με αυτή την βροχή διαττόντων. Συνεπώς δεν έχει νόημα να παρατηρούμε πριν το ακτινοβόλο ανατείλει, αλλά και πριν αυτό αποκτήσει κάποιο ύψος της τάξεως των 10-20 μοιρών. Αυτό, γιατί ο παρατηρούμενος ρυθμός διαττόντων ανά ώρα εξαρτάται από το ημίτονο του ύψους του ακτινοβόλου:

$$ZHR_{\text{observed}} = ZHR \cdot \sin \phi, \quad \phi = \text{ύψος ακτινοβόλου}$$

Έτσι, αν πχ έχουμε  $ZHR=25$  και  $\phi=10^\circ$  τότε παρατηρούμε μόλις 4 διάττοντες ανά ώρα, δηλαδή ένα πολύ μικρό ποσοστό της πραγματικής δραστηριότητας. Συνεπώς, για τις περισσότερες βροχές διαττόντων όπου το ακτινοβόλο βρίσκεται σε μέγιστο ύψος κατά την αυγή, αυτό δυστυχώς σημαίνει ότι θα πρέπει να ξενυχτίσουμε, ενώ το να κάνουμε παρατήρηση πριν τα μεσάνυχτα δεν έχει απολύτως κανένα νόημα!

Επίσης σημαντικό είναι το οριακό μέγεθος που βλέπουμε, δηλαδή πόσο λαμπρό είναι το αμυδρότερο άστρο που βλέπουμε. Πριν ξεκινήσουμε μια παρατήρηση αυτό το μέγεθος θα πρέπει να το προσδιορίζουμε και αν για κάποιο λόγο αλλάζει κατά την διάρκεια της παρατήρησης να σημειώνουμε την αλλαγή αυτή (μαζί με την χρονική περίοδο που αυτή συνέβη). Για την εκτίμηση του οριακού μεγέθους μπορούμε είτε να βασιστούμε στην εμπειρία μας

-αυτό κυρίως σε φωτορυπασμένους ουρανοούς όπου δεν βλέπουμε και πάρα πολλά άστρα και μια εκτίμηση με σφάλμα καλύτερο του  $\frac{1}{2}$  του μεγέθους είναι εφικτή. Μια άλλη λύση είναι η χρήση ειδικών χαρτών και πινάκων που μπορείτε να βρείτε στην σελίδα του IMO αλλά και σε μια πιο αυτοματοποιημένη έκδοση.

Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι το οριακό μέγεθος αλλάζει από παρατήρηση σε παρατήρηση, ανάλογα με τις συνθήκες του ουρανού και δεν πρέπει ποτέ να χρησιμοποιούμε μια παλαιά εκτίμηση μας. Επιπλέον σε φωτορυπασμένους ουρανοούς αλλάζει και ανάλογα με την διεύθυνση που παρατηρούμε και συνεπώς σε τέτοιες περιπτώσεις πάντα σημειώνουμε το οριακό μέγεθος για την συγκεκριμένη περιοχή παρατήρησης και αν κοιτάξουμε κάποια χρονική περίοδο προς άλλη διεύθυνση θα πρέπει να σημειώσουμε εκ' νέου το οριακό μέγεθος (καθώς και την χρονική περίοδο που βλέπαμε εκεί). Επίσης, το οριακό μέγεθος είναι προσωπικό και ποτέ δεν πρέπει να χρησιμοποιούμε μια τιμή που εκτίμησε κάποιος άλλος, μια και θα έχει διαφορετική όραση.

Κάτι άλλο που πρέπει να προσέξουμε είναι ότι η παρατήρηση διαττόντων είναι απαιτητική από τον παρατηρητή ο οποίος πρέπει να έχει καλά αντανακλαστικά και οξεία αντίληψη για την ανίχνευση γρήγορων και αμυδρών διαττόντων. Η έλλειψη πρωτεΐνης-A και η χρήση αλκοόλ καθώς και το κάπνισμα μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την οπτική αντίληψη. Ειδικά, η νικοτίνη δεν επιτρέπει στα μάτια να προσαρμοστούν πλήρως στο σκοτάδι, ακόμα και αν ο καπνιστής έχει κόψει το κάπνισμα για κάποιο καιρό... Επίσης, η κούραση είναι αρνητικός παράγοντας και καλύτερα κανείς να διακόψει την παρατήρηση όταν κουραστεί. Αν ένα διάλειμμα, λίγο περπάτημα και φαγητό δεν μας ξυπνήσουν, καλύτερα είναι να σταματήσουμε την παρατήρηση οριστικά μια και από την κούραση θα χάνουμε ένα σημαντικό ποσοστό διαττόντων και η καταγραφή μας δεν θα είναι ακριβής.

Τώρα, για την διεξαγωγή μιας χρήσιμης παρατήρησης είναι απαραίτητο να έχουμε κάποιο καταγραφικό μέσο, είτε αυτό είναι χαρτί, είτε ακόμα καλύτερα ένα κασετόφωνο που κάνει εγγραφή. Θα πρέπει να περιμένουμε έξω στο σκοτάδι, τουλάχιστον 15-20

λεπτά πριν ξεκινήσουμε την όποια παρατήρηση, μια και τα μάτια μας χρειάζονται χρόνο για να προσαρμοστούν. Επίσης, δεν είναι καλή ιδέα να ακούμε ραδιόφωνο ή μουσική κατά την διάρκεια της παρατήρησης μια και μπορεί να μας αποσπάσει την προσοχή. Τέλος κοιτούμε προς το ακτινοβόλο σημείο, αλλά δεν είναι ανάγκη να κοιτούμε ακριβώς πάνω σε αυτό. Γενικά, μια απόσταση 30-60 μοίρες είναι καλύτερη μια και μας επιτρέπει εύκολα να διαπιστώνουμε κατά πόσον υπάρχει συσχέτιση ενός διαττόντα με την βροχή διαττόντων υπό μελέτη. Ενώ σε ύψος δεν θα πρέπει να κοιτούμε πολύ χαμηλά, γύρω στις 50-70 μοίρες είναι το ιδανικό, πιο χαμηλά ίσως έχουμε διάφορα εμπόδια στο οπτικό μας πεδίο και η απορρόφηση της ατμόσφαιρας θα γίνεται μη αμελητέα, ενώ πιο ψηλά θα είναι μάλλον άβολη η θέση του κεφαλιού μας.

Ένα επιπλέον θέμα που πρέπει να προσέξουμε είναι η τυχόν εμπόδιση που μπορεί να έχουμε στο οπτικό μας πεδίο. Γενικά οποιαδήποτε εμπόδιση μπορεί να διορθωθεί κατά τους υπολογισμούς για την εξαγωγή συμπερασμάτων από οργανισμούς όπως ο IMO, αλλά δεν είναι καλή ιδέα η διεξαγωγή παρατήρησης με εμπόδιση μεγαλύτερη του 25% (εκτός από περιπτώσεις πολύ υψηλής δραστηριότητας), μια και η εμπόδιση θα μειώνει την αξιοπιστία των δεδομένων μας. Εμπόδιση μπορούμε να έχουμε για πολλούς λόγους, αλλά βέβαια δύο είναι οι κύριοι: αντικείμενα (όπως δέντρα, κτίρια, βουνοκορφές, στύλοι) και σύννεφα. Για τα αντικείμενα βέβαια πάντα θα έχουμε σταθερή εμπόδιση, αλλά για τα σύννεφα δεν είναι δυνατόν να εκτιμούμε διαρκώς την εμπόδιση που προκαλούν στο οπτικό μας πεδίο. Μια πολύ σημαντική γνώση σχετικά με το θέμα τις εμπόδισης, είναι ότι η αντίληψη της συντριπτικής πλειοψηφίας των διαττόντων γίνεται κυρίως στο κέντρο του οπτικού μας πεδίου. Συγκεκριμένα, σε μια έρευνα που έγινε από τον IMO διαπιστώθηκε ότι το 98% των διαττόντων το αντιλαμβανόμαστε μέσα σε ένα πεδίο 50 μοιρών! Συνεπώς, αν τα σύννεφα παρουσιάζουν μεγάλα κενά ανάμεσα τους, της τάξης των 50 μοιρών ή μεγαλύτερα, δεν χρειάζεται καν να αναφέρουμε κάποια εμπόδιση, ενώ καλή ιδέα είναι να κεντράρουμε το οπτικό μας πεδίο σε τέτοια κενά και να τα ακολουθούμε, όσο είναι κοντά στην διεύθυνση παρατήρησης μας. Επίσης αν παρατηρούμε

μέσα από ένα κενό 40 μοιρών, τότε θα καλύπτεται το 50% της επιφάνειας του σημαντικού πεδίου μας, ωστόσο επειδή η αντίληψη λειτουργεί καλύτερα στο κέντρο του πεδίου δεν πρέπει να αναφέρουμε εμπόδιση 50% (που έχουμε πραγματικά), αλλά εμπόδιση της τάξεως του 10%. Άρα για να φτάσουμε εμπόδιση 25% που αναφέρω σαν τυπικό άνω όριο, όπως γίνεται αντιληπτό θα πρέπει να καλύπτεται πραγματικά το μισό οπτικό μας πεδίο σε διάμετρο!

Επιπλέον, αξίζει να προσέξουμε ότι στην περίπτωση όπου έχουμε σπασμένα σύννεφα στον ουρανό και παρατηρούμε μέσα από κενά, όταν βρισκόμαστε σε περιοχή κοντά σε έντονες πηγές φωτός, όπως πόλεις ή χωριά, τότε τα σύννεφα μπορεί να είναι αρκετά φωτεινά, λόγω ανάκλασης του φωτός από αυτές τις πηγές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ελαττώνεται το οριακό μέγεθος που βλέπουμε! Ένα φαινόμενο που δεν πρέπει να αγνοήσουμε...

### **Κάνοντας καταγραφή:**

Μέχρι τώρα έχουμε δει πολύ γενικά στοιχεία που πρέπει να προσέξουμε όταν κάνουμε μια παρατήρηση, ωστόσο αν θέλουμε η παρατήρηση μας να έχει χρήσιμα αποτελέσματα που μπορούν να έχουν επιστημονική αξία, τότε πρέπει να καταγράψουμε όλα τα στοιχεία σωστά. Γενικά η καταγραφή που θα κάνουμε, είτε σε χαρτί, είτε σε μαγνητόφωνο, θα πρέπει να γίνει έτσι ώστε να μας βοηθά στο τέλος της παρατήρησης μας να συντάξουμε μια αναφορά που θα μπορούμε να στείλουμε στον IMO.

Για αυτό το σκοπό χωρίζουμε την παρατήρηση σε χρονικά διαστήματα που τυπικά θα είναι της τάξεως της μιας ώρας. Όσους διάττοντες παρατηρήσουμε μέσα σε κάθε τέτοιο διάστημα τους σημειώνουμε ξεχωριστά, αλλιώς ο χωρισμός σε χρονικά διαστήματα δεν έχει νόημα. Καλό είναι τα χρονικά διαστήματα αυτά να συμπίπτουν με τις οποιαδήποτε διακοπές της παρατήρησης μας, όπως πχ διαλείμματα για να ξεκουραστούμε... Αν ωστόσο διακόψουμε για μικρό χρονικό διάστημα, πχ για μισό λεπτό, ακόμα και αρκετές φορές μέσα σε ένα τέτοιο διάστημα, δεν είναι ανάγκη να ξεκινήσουμε νέα περίοδο ούτε να σημειώσουμε πότε ακριβώς αυτή η διακοπή έγινε. Απλώς πρέπει να σημειώσουμε την διάρκεια της

διακοπής (και σε ποιο χρονικό διάστημα αντιστοιχεί βέβαια). Αν υπάρχει κάποια μακροχρόνια διακοπή τότε όπως αναφέρθηκε παραπάνω λειτουργεί σαν φυσικό χώρισμα χρονικών διαστημάτων (πάντα σημειώνουμε την ώρα που ξεκινά και τελειώνει ένα χρονικό διάστημα), ωστόσο αν δεν υπάρχει διακοπή τότε ο χωρισμός είναι τεχνητός.

Κάτι που πρέπει να προσέξει κανείς είναι ότι τα χρονικά διαστήματα θα πρέπει να επιλέγονται με βάση την δραστηριότητα που παρατηρείται. Το διάστημα της μιας ώρας είναι ικανοποιητικό για βροχές διαττόντων που έχουν δραστηριότητα της τάξης των 10-50 διαττόντων ανά ώρα, αλλά σε υψηλότερες δραστηριότητες καλό θα ήταν να μειωθεί... Ειδικά σε δραστηριότητες της τάξεως των 1000 διαττόντων ανά ώρα χρονικά διαστήματα της τάξεως των 5-10 λεπτών θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν, ενώ σε πάρα πολύ υψηλές δραστηριότητες θα πρέπει η ο ρυθμός να εκτιμηθεί με διαφορετικό τρόπο. Σε τέτοιες περιπτώσεις είτε μετράμε τους διάττοντες που βλέπουμε σε μικρά χρονικά διαστήματα της τάξεως των δευτερολέπτων, είτε σε εξαιρετικά μεγάλες δραστηριότητες πόσους διάττοντες βλέπουμε "ταυτόχρονα" σε μια περιοχή του ουρανού που οριοθετείται από κάποια άστρα.

Σε μια παρατήρηση βροχής διαττόντων βέβαια εκτός από όλα αυτά τα φαινομενικά άσχετα στοιχεία που είδαμε ότι με πολύ προσοχή πρέπει να καταγράψουμε, βέβαια ο σκοπός μας είναι η καταγραφή των διαττόντων. Ο παρατηρητής γενικά πρέπει να καταγράψει δύο μεγέθη: τον αριθμό των διαττόντων και την κατανομή της λαμπρότητας τους. Για να γίνει αυτό πρέπει σε κάθε χρονικό διάστημα να σημειώνουμε με κάποιο τρόπο από ποια βροχή διαττόντων προέρχεται ο διάττοντας, αλλά κατά προσέγγιση (όσο καλύτερα μπορούμε να εκτιμήσουμε) την λαμπρότητα του. Για την εκτίμηση της λαμπρότητας πρέπει, ενθουμούμενοι τον διάττοντα στο μυαλό μας, να συγκρίνουμε την λαμπρότητα του με αυτή γνωστών αστέρων στην περιοχή όπου παρατηρούμε. Βέβαια αυτό προϋποθέτει ότι πρέπει να είμαστε αρκετά γρήγοροι, ενώ επιπλέον ότι γνωρίζουμε την λαμπρότητα διαφόρων άστρων κοντά

στην περιοχή παρατήρησης. Για πολύ λαμπρούς διάττοντες η εκτίμηση μας γίνεται με βάση την μνήμη που έχουμε από λαμπρά ουράνια σώματα όπως πχ ο Σείριος, ο Δίας, η Αφροδίτη και η Σελήνη.

### **Συντάσσοντας “αναφορά”:**

Τα στοιχεία που συμπληρώνουμε σε μια αναφορά οπτικής παρατήρησης διαττόντων του IMO είναι (ανά χρονικό διάστημα):

- **Χρόνος αρχής-τέλους** – Ο χρόνος που ξεκινά και τελειώνει το χρονικό διάστημα, πάντα σε UT (ώρα Ελλάδος-2ώρες ή -3ώρες αν ισχύει το θερινό ωράριο)..

- **Κέντρο πεδίου** – Το κέντρο του οπτικού μας πεδίου σε απόκλιση/ορθή αναφορά, με μια ακρίβεια βέβαια της τάξεως των  $\pm 10$  μοιρών.

Από αυτό το στοιχείο βέβαια γίνεται κατανοητό ότι ο παρατηρητής κατά την διάρκεια της παρατήρησης δεν πρέπει να αλλάζει συνεχώς οπτικό πεδίο, αλλά καλό είναι να ακολουθεί τα άστρα στην κίνηση τους.

- **Teff (time effective)** – Ο πραγματικός χρόνος που διήρκεσε η παρατήρηση (αφαιρώντας όλες τις πιθανές διακοπές) εκφρασμένος σε ώρες με δύο δεκαδικά ψηφία.

Για να γίνει αυτό κατανοητό ας υποθέσουμε ότι ένα χρονικό διάστημα παρατήρησης ήταν από 01:13 έως 02:37, δηλαδή συνολικά 84 λεπτά. Αν είχαμε μια διακοπή 1,5 λεπτού και σημειώσαμε 27 διάττοντες, τότε αν χρειαζόμαστε περίπου 15 δευτερόλεπτα για να καταγράψουμε καθε ένα διάττοντα η συνολική διακοπή θα είναι  $1,5 + 27 \cdot 1/4 = 8,25$  περίπου δηλαδή 8 λεπτά. Άρα ο πραγματικός χρόνος παρατήρησης είναι  $84 - 8 = 76$  λεπτά, που εύκολα το εκφράζουμε σε ώρες:  $76/60 = 1,2666$  περίπου δηλαδή 1,27 ώρες. Παρατηρήστε ότι γενικά στρογγυλοποιούμε το αποτέλεσμα στα δύο δεκαδικά ψηφία όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

- **Παράγοντας F** – Ο μέσος διορθωτικός παράγοντας εμπόδισης, πάλι με δύο δεκαδικά ψηφία.

Το σημαντικό στοιχείο εδώ που πρέπει κανείς να προσέξει είναι

ότι πρόκειται για μέσο παράγοντα διόρθωσης γιατί μέσα σε μεγάλα χρονικά διαστήματα η εμπόδιση μπορεί να αλλάζει. Αν πχ στην αρχή της περιόδου είχαμε για 34 λεπτά κάλυψη του πεδίου μας κατά 10% λόγω νεφών και στα επόμενα 15 λεπτά ο ουρανός καθάρισε, ενώ στα τελευταία 27 λεπτά είχαμε πάλι νεφοκάλυψη 20%, τότε υπολογίζουμε την μέση κάλυψη ως εξής:

$$\kappa = (34 \cdot 10\% + 15 \cdot 0\% + 27 \cdot 20\%) / (34 + 15 + 27) = 11,6\%$$

Και συνεπώς παρατηρούσαμε κατά μέσο όρο το  $100\% - 11,6\% = 88,4\% = 0,884$  του ουρανού άρα ο διορθωτικός παράγων θα είναι:

$$F = 1/\kappa = 1/0,884 = 1,13$$

· **limiting magnitude (lm)** – Το μέσο οριακό μέγεθος (λαμπρότητα) ανίχνευσης του παρατηρητή.

Πάλι εδώ πρέπει να προσέξουμε ότι πρόκειται για μέσο μέγεθος και συνεπώς αν έχουμε μεταβολές πρέπει να εφαρμόσουμε τον παραπάνω κανόνα άθροισης με τα χρονικά διαστήματα. Αν δηλαδή είχαμε στα πρώτα 50 λεπτά της παρατήρησης οριακό μέγεθος 5,5 αλλά στα τελευταία 26 λεπτά ανέτειλε η σελήνη και το οριακό μέγεθος μας έπεσε στο 5,0 τότε θα έχουμε μέσο οριακό μέγεθος:

$$lm = (5,5 \cdot 50 + 5,0 \cdot 26) / (50 + 26) = 5,32 \text{ περίπου δηλαδή } 5,3$$

· **Nx** – Ο αριθμός των διαττόντων που ανιχνεύτηκαν από την x βροχή διαττόντων. Τον αναφέρουμε σημειώνοντας την βροχή συντομογραφικά, πχ PER για Perseids (Περσείδες).

· **Nspor** – Ο αριθμός των σποραδικών διαττόντων.

Πρέπει εδώ να παρατηρηθεί ότι οι σποραδικοί διάττοντες εμφανίζονται τυχαία στον ουρανό και δεν σχετίζονται με καμιά βροχή διαττόντων. Σε αυτούς υπολογίζουμε και όλους όσους δεν βρίσκουμε να συσχετίζονται με κάποια γνωστή βροχή διαττόντων, ενεργή την περίοδο της παρατήρησης... Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι οι σποραδικοί μπορεί να μας δίνουν την εντύπωση ότι προέρχονται από κάποια γενική περιοχή του ουρανού η οποία ανατείλει τα μεσάνυκτα και βρίσκεται σε μέγιστο ύψος τα ξημερώματα, λίγο πριν την ανατολή του ηλίου. (για αυτό τον λόγο μάλιστα και οι τιμές των σποραδικών παρουσιάζουν μέγιστο τα ξημερώματα). Αυτό το φαινόμενο προκαλείται κυρίως από μετέωρα που κινούνται με μικρή ταχύτητα κατά την διεύθυνση της

κίνησης της γης, οπότε η γη τα προλαβαίνει από πίσω.

Τέλος, αφού καταγράψουμε όλες αυτές τις πληροφορίες για όλες τις χρονικές περιόδους που κάναμε παρατήρηση, θα πρέπει να συντάξουμε ένα πίνακα με την κατανομή μεγεθών των διαττόντων, ανά βροχή διαττόντων. Πως γίνεται αυτό νομίζω γίνεται καλύτερα κατανοητό στο παρακάτω παράδειγμα αναφοράς... Ωστόσο, με μια προσεκτική ματιά θα δει κανείς ότι σε ένα τέτοιο πίνακα παρουσιάζονται και μισά ( $\frac{1}{2}$ ), πως είναι αυτό δυνατό; Απλώς όταν δούμε ένα διάττοντα πχ 2,5 μέγεθος τότε προσθέτουμε  $\frac{1}{2}$  στην καταμέτρηση του 2ου μεγέθους, και άλλο  $\frac{1}{2}$  στου 3ου. Αυτό ισχύει και όταν δεν είμαστε σίγουροι για το μέγεθος του διάττοντα, δηλαδή αν ήταν πχ 2ου ή 3ου μεγέθους τότε καλύτερα να τον καταγράψουμε σαν 2,5 και να εφαρμόσουμε τον παραπάνω κανόνα.

Observer: Petros Georgopoulos

Site: Loutraki, at long.: 22°59.2'E, lat.: 37°57.0'N

Country: Greece

Method used: count

Date: 7-8/8/2000

-----

Period (UT)	Field RA,Dec	Teff (hours)	F	lm	Per	Aqr	Capr	Spor
23:23-01:27	20h,+45d	1.02	1.00	4.75	6	3	0	1
01:27-02:38	20h,+45d	1.10	1.00	4.75	9	2	2	1

mag	0	1	2	3	4	5	Total
-----	---	---	---	---	---	---	-------

-----

Per	1	5	4	2	2 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	15
Aqr	2	-	2	-	1	-	5
Capr	-	-	-	1	1	-	2
Spor	-	-	-	1	1	-	2



Date: 12-13/8/2000

-----

Period (UT)	Field RA,Dec	Teff	F	lm	Per	Agr	Capr	Spor
22:23-23:35	22h,+60d	1.07	1.00	3.25	8	0	-	2
23:35-00:35	22h,+60d	0.90	1.00	3.5	7	1	-	0
00:42-01:15	22h,+60d	0.50	1.00	3.5	8	1	-	1
01:30-02:10	01h,+20d	0.60	1.00	3.5	8	1	-	3

mag -2 -1 0 1 2 3 4 5 Total

-----

Per	2	-	4	8	10	6 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	-	31
Agr	-	-	1	-	-	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-	3
Spor	-	-	-	3	-	2	1	-	6

---

## Λεοντίδες 2003 – ανάλυση ελληνικών παρατηρήσεων



Οι παρατηρητές, από αριστερά  
Μαραβέλιας Γρηγόρης και Γεωργόπουλος  
Πέτρος.

Φέτος, [όπως και πέρυσι](#), ομάδα παρατηρητών (Γεωργόπουλος Πέτρος και Γρηγόρης Μαραβέλιας) έκανε εξόρμηση για την παρατήρηση της ετήσιας βροχής των Λεοντίδων στον Ταύγετο. Πάλι είχαμε επανάληψη του φαινομένου της υψηλής υγρασίας και του σχηματισμού ομίχλης σε χαμηλά υψόμετρα, αλλά ευτυχώς πάλι, στον Ταύγετο (σε υψόμετρο 1230μ) δεν υπήρχε κανένα πρόβλημα. Η βραδιά ήταν υπέροχη και ο ουρανός πολύ σκοτεινός (LM=6,4) παρά την παρουσία της σελήνης (τελευταίο τέταρτο), ενώ διάττοντες εμφανίζονταν συνεχώς. Υπό αυτές τις συνθήκες το τσουχτερό κρύο το ξεχάσαμε εντελώς και ξεκινήσαμε αμέσως καταγραφή!

Βέβαια οι χρονιές τις ισχυρής δραστηριότητας τελείωσαν και φέτος δεν προβλεπόταν κάποια “καταιγίδα” διαττόντων. Ωστόσο, υπήρχαν [αρκετές προβλέψεις](#) για κάπως ενισχυμένη δραστηριότητα, όχι όμως εντυπωσιακή... Αυτό τελικά παρατηρήσαμε και εμείς, αν και ελπίζαμε για κάτι καλύτερο. Αλλά σίγουρα η πιο εντυπωσιακή στιγμή που μας έμεινε χαραγμένη στην μνήμη από αυτή την βραδιά ήταν μια βολίδα (πολύ λαμπρός διάττοντας) που “έσκασε” κοντά στον Δυτικό ορίζοντα... Για λίγο φωτίστηκε ολόκληρος ο ουρανός και εμείς μείναμε άφωνοι! Σίγουρα η παρατήρηση διαττόντων μπορεί να προσφέρει πολλές και καλές συγκινήσεις στον αφοσιωμένο ή και περιστασιακό παρατηρητή.

Μετά από επεξεργασία των παρατηρήσεων φέτος τα αποτελέσματα είναι

PERIOD	LEO(TOTAL)	ZHR	ERROR (+/-)
2:35-3:10	23	25	3
3:10-3:53	28	24	2
3:53-4:10	5	15	4

Όπως φαίνεται η δραστηριότητα κινήθηκε σε χαμηλά επίπεδα, κοντά στα κανονικά για τις Λεοντίδες, αλλά λίγο ενισχυμένη. Να σημειωθεί ότι κανονική δραστηριότητα για τις Λεοντίδες είναι ZHR~15, ενώ η δραστηριότητα στις καταιγίδες των προηγούμενων χρόνων ήταν ZHR~3000!

Επίσης κάτι που δεν φαίνεται στον προηγούμενο πίνακα, αλλά

ήταν παραπάνω από εμφανές ακόμα και κατά την διάρκεια της παρατήρησης (συγκριτικά με πέρυσι), ήταν ότι η μεγάλη πλειοψηφία των διαττόντων ήταν πολύ αμυδροί. Αυτό συνεπάγεται ένα κανονικό δείκτη πληθυσμού ( $r=2,5-3$ ).

---

# Λεοντίδες 2002 – αποτελέσματα ελληνικών παρατηρήσεων

## 1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή την εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των Ελληνικών παρατηρήσεων της καταιγίδας των Λεοντιδών για το έτος 2002. Η ανάλυση βασίζεται σε 875 καταγεγραμμένους διάττοντες και σε  $2\frac{1}{2}$  ώρες οπτικών παρατηρήσεων, μιας μικρής ομάδας παρατηρητών, την νύκτα 18-19/11/2002. Τα αποτελέσματα δείχνουν την εμφάνιση ενός απότομου μεγίστου δραστηριότητας με  $ZHR=3000$  και  $FWHM=20\text{min}$  στις 4:10UT (αρκετά μικρότερο σε διάρκεια και λίγο καθυστερημένο σε σχέση με ότι προέβλεπαν τα θεωρητικά μοντέλα). Επιπλέον ο δείκτης πληθυσμού  $r$  εμφάνισε πολύ χαμηλές τιμές πριν το μέγιστο ( $r=1.2$ ) και αυξήθηκε μέσα σε αυτό ( $r=1.8$  – οι τυπικές τιμές για τις Λεοντίδες είναι  $r=2.0-2.5$ ).

## 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη των διαττόντων έκανε ένα μεγάλο άλμα τα τελευταία 3-4 χρόνια με την δυνατότητα ακριβούς πρόβλεψης της δραστηριότητας που παρουσιάζουν οι Λεοντίδες. Αυτό οφείλεται σε υπολογιστικά μοντέλα που λαμβάνοντας υπόψη την δυναμική εκτόξευσης των μετεωροειδών στο μεσοπλανητικό διάστημα και τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτά από τον Ήλιο και τους πλανήτες υπολογίζουν την ακριβή μετέπειτα πορεία τους. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια, μετά την πρώτη επιτυχή πρόβλεψη για την δραστηριότητα των Λεοντιδών του 1999 από τους Asher & McNaught, υπάρχουν αρκετοί

ερευνητές οι οποίοι χρησιμοποιούν διάφορα μοντέλα για αυτό τον σκοπό, όπως οι Lyytinen & van Flandern, ο Jenniskens και ο Vaubaillon.

Για το έτος 2002 τα θεωρητικά μοντέλα αυτά προέβλεπαν δύο μέγιστα δραστηριότητας, ένα περίπου στις 4:00UT (ή λίγο νωρίτερα) και ένα μετά τις 10:30UT. Αυτό που θα μπορούσε να είναι παρατηρήσιμο από την Ελλάδα ήταν το πρώτο

### 3. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Για την παρατήρηση των Λεοντιδών οργανώθηκε μια μικρή εξόρμηση από μια τριμελή ομάδα (Πέτρος Γεωργόπουλος, Γρηγόρης Μαραβέλιας και Νικηφόρος Γεωργιάδης), αρχικά προς τα Ιόνια νησιά, μια και το δυτικότερο γεωγραφικό πλάτος τους θα επέτρεπε παρατήρηση μεγαλύτερου μέρους του αναμενόμενου μεγίστου. Ωστόσο, ο καιρός δεν βοηθούσε ιδιαίτερα καθώς τις προηγούμενες μέρες παρουσιάζονταν ομίχλες, ενώ εικόνες μετεωρολογικού δορυφόρου έδειχναν ότι τα ξημερώματα της 19ης κακοκαιρία ερχόταν από την Ιταλία... Με αυτά τα δεδομένα το απόγευμα αποφασίστηκε να κατευθυνθούμε προς την Νότια Πελοπόννησο στο Όρος Ταύγετος. Το βράδυ φεύγοντας από την Σπάρτη προς το βουνό διαπιστώσαμε ότι είχε αρχίσει να σχηματίζεται πυκνή ομίχλη, στα χαμηλά υψόμετρα. Η στάθμη συμπύκνωσης φαινόταν να είναι γύρω στα 1000μ, έτσι όταν ανεβήκαμε σε ένα ικανοποιητικό υψόμετρο ο ουρανός ήταν πολύ διαυγής και η υγρασία πολύ χαμηλή. Αυτό ήταν πολύ σημαντικό καθώς η βροχή των Λεοντιδών συνέπιπτε με την πανσέληνο και διαφορετικά το LM (Limiting Magnitude : το μέγεθος του αμυδρότερου αστέρα που μπορεί να δει κανείς) θα ήταν πολύ μικρό. Με αυτές τις εξαιρετικές (δεδομένου των περιστάσεων) συνθήκες είχαμε όλη την νύκτα ανέφελο ουρανό και LM=5,1 ακόμα και με την Σελήνη σχεδόν να μεσουραναί. Βεβαίως η τεχνική ήταν η παρατήρηση να γίνεται σε μεγάλες αποστάσεις από την Σελήνη η οποία πρέπει να είναι εκτός του οπτικού πεδίου του παρατηρητή... Ωστόσο η πανσέληνος δύσκολα μπορεί να αποφευχθεί και σίγουρα δημιούργησε πρόβλημα στην ακρίβεια των καταγραφών.



Η ομάδα παρατήρησης. Από αριστερά προς τα δεξιά: Γρηγόρης Μαραβέλιας, Πέτρος Γεωργόπουλος και Νικηφόρος Γεωργιάδης.

Οι καταγραφές έγιναν από μια τοποθεσία υψομέτρου 1230μ, με συντεταγμένες 37deg 04.5min N, 22deg 15.3min E, με την μέθοδο της απαρίθμησης των διαττόντων. Ο συγγραφέας χρησιμοποίησε κασσετοφωνάκι, ενώ ο Γρ. Μαραβέλιας αναγκάστηκε να χρησιμοποιήσει χαρτί και μολύβι λόγω εμπλοκής στο κασετόφωνο του από την αρχή της παρατήρησης. Αυτό είχε ως συνέπεια να μην προλαβαίνει να σημειώσει λαμπρότητες για τους διάττοντες από τις 4:03UT και έπειτα.

#### 4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ

Διεθνώς η ροή των διαττόντων (δηλ. διάττοντες ανά ώρα) μετριέται με βάση το ZHR (Zenithial Hourly Rate) το οποίο ορίζεται σαν ο αριθμός των διαττόντων που βλέπει ένας μέσος παρατηρητής σε ένα ουρανό με  $LM=6,5$  όταν το ακτινοβόλο σημείο βρίσκεται στο ζενίθ. Η αναγωγή των μετρήσεων σε ZHR είναι απαραίτητη για να μπορούν τα αποτελέσματα διαφόρων παρατηρητών να είναι μεταξύ τους συγκρίσιμα. Ωστόσο αυτή η αναγωγή προϋποθέτει τον υπολογισμό του δείκτη πληθυσμού  $r$ , ο οποίος ορίζεται σαν ο λόγος του αριθμού των διαττόντων που

παρατηρούνται με λαμπρότητες που διαφέρουν κατά  $+1\text{mag}$  – δηλ. αν  $N(m)$  η συνάρτηση που δίνει των αριθμό των διαττόντων συναρτήσει της λαμπρότητας  $m$ , τότε  $r = N(m+1)/N(m)$ . Με άλλα λόγια η κατανομή λαμπροτήτων των διαττόντων είναι γενικά εκθετική και το  $r$  είναι η βάση, δηλ.  $N(m)$  ανάλογο του  $r^m$ .

Όμως, η κατανομή που καταρτίζεται από την ανάλυση των παρατηρήσεων  $n(m)$  διαφέρει, μια και ένας παρατηρητής δεν ανιχνεύει με την ίδια ικανότητα διάττοντες όλων των λαμπροτήτων, αλλά όσο πιο αμυδρός ένας διάττοντας είναι, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να του διαφύγει. Έτσι, αν η πιθανότητα ανίχνευσης δίνεται από την  $p(m-LM)$ , τότε  $n(m) = N(m)p(m-LM)$ .

Αν λοιπόν έχουμε δύο παρατηρητές με  $LM_1$  και  $LM_2 = LM_1 + x$  αντίστοιχα, τότε θα μετρούν ο ένας σχετικά με τον άλλο:

$$\begin{aligned}
 N_{LM_2} &= \sum_{m=LM_2}^{-\infty} N(m)p(LM_2 - m) = \sum_{m=LM_1+x}^{-\infty} N(m)p(LM_1 + x - m) \xrightarrow{m=j+x} \\
 N_{LM_2} &= \sum_{j=LM_1}^{-\infty} N(j+x)p(LM_1 - j) \xrightarrow{(αφ) N(j+x) = r^x N(j)} N_{LM_2} = r^x \sum_{j=LM_1}^{-\infty} N(j)p(LM_1 - j) \Rightarrow \\
 \Rightarrow N_{LM_2} &= r^x N_{LM_1} \Rightarrow N_{LM_2} = r^{LM_2 - LM_1} N_{LM_1} \quad (1)
 \end{aligned}$$

Συνεπώς σύμφωνα με την σχέση (1) αν έχουμε παρατηρήσεις με  $LM_1 = LM$  και ανάγουμε σε  $LM_2 = 6,5$  για ZHR, τότε πολ/σιάζουμε με το διορθωτικό παράγοντα:

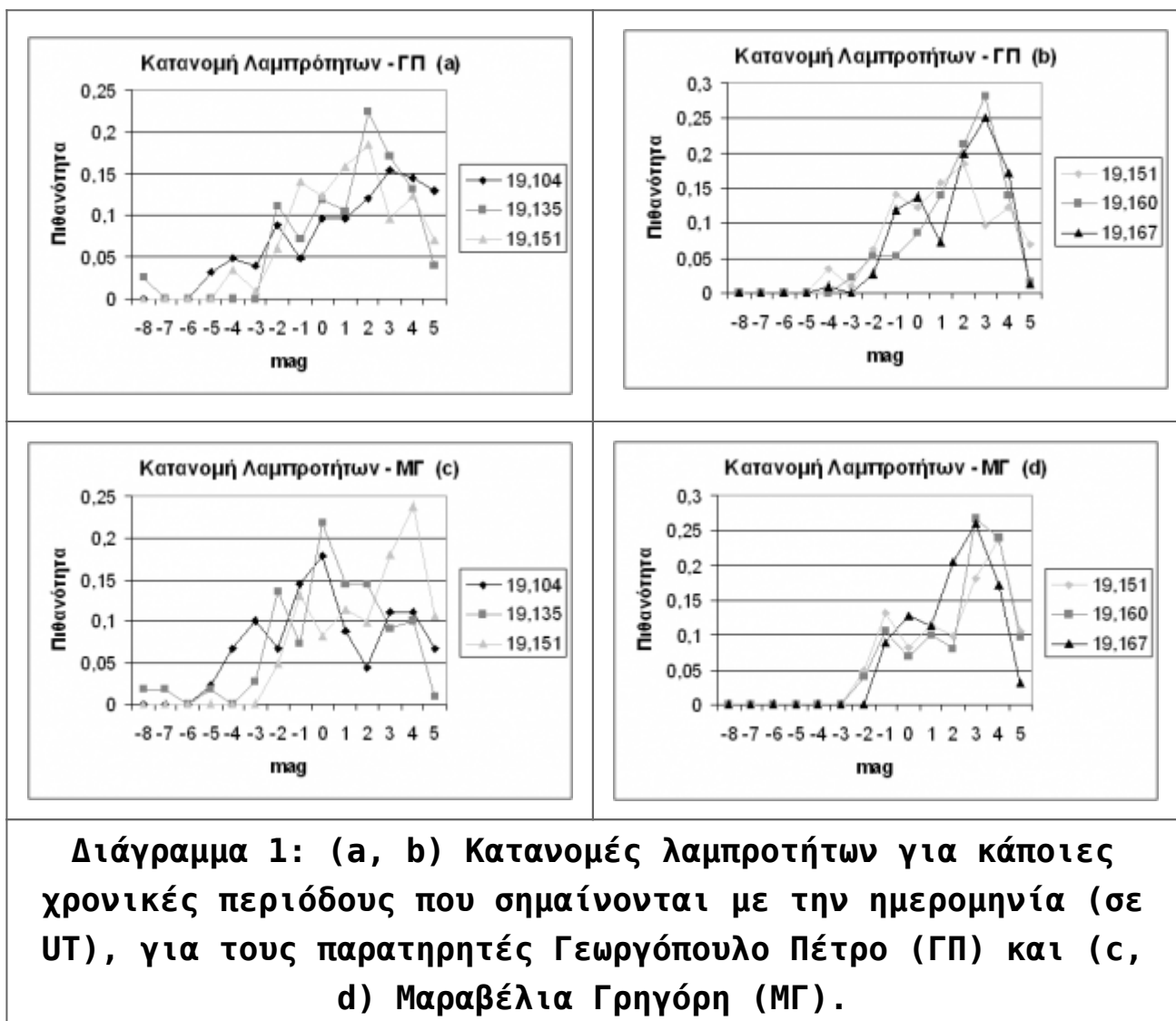
$$c_m = r^{6,5 - LM}$$

Επίσης όταν το ακτινοβόλο σημείο δεν είναι πολύ χαμηλά και ο παρατηρητής κοιτάζει ψηλά στον ουρανό (όχι κοντά στον ορίζοντα) τότε το κομμάτι της ατμόσφαιρας που παρατηρεί μπορεί να θεωρηθεί μια επίπεδη επιφάνεια και συνεπώς η ροή που παρατηρείται μεταβάλλεται με το νόμο του ημιτόνου του ύψους του ακτινοβόλου. Άρα για να ανάγουμε σε ακτινοβόλο στο ζενίθ πολ/σιάζουμε με τον διορθωτικό παράγοντα (όπου  $h$  το ύψος του ακτινοβόλου):

$$c_h = \frac{1}{\eta \mu(h)}$$

## 5. ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ

Στα διαγράμματα 1.a-d παραθέτονται οι κατανομές λαμπρότητας ανά παρατηρητή για επιλεγμένες χρονικές περιόδους (βλ. πίνακα 1) και σημαίνονται για κάθε καμπύλη το μέσο της περιόδου σε ημερομηνία UT. Για εύκολη σύγκριση σε κάθε διάγραμμα έχουν τοποθετηθεί μαζί τρεις διαδοχικές χρονικές περίοδοι, ενώ οι κατανομές έχουν κανονικοποιηθεί (για αυτό ο κατακόρυφος άξονας γίνεται πιθανότητα να παρατηρηθεί διάττοντας λαμπρότητας  $m$ ).

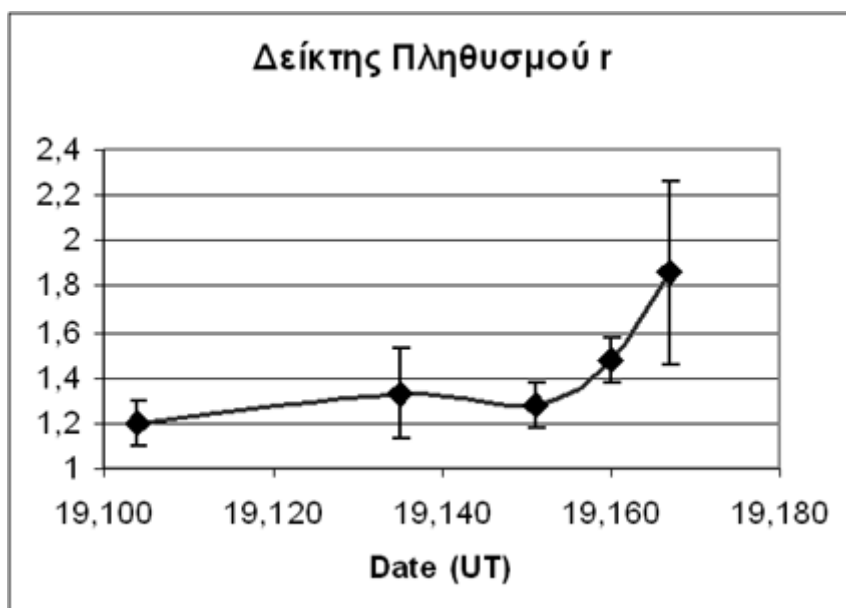


Από την σύγκριση των διαγραμμάτων 1a,1c που αναφέρονται στην περίοδο πριν το μέγιστο, με τα 1b,1d που δείχνουν τις κατανομές στην αρχή και μέσα στο μέγιστο, μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι στο μέγιστο υπάρχει σαφής ενίσχυση των αμυδρών διαττόντων. Ενώ, πριν από αυτό υπήρχε ένας πληθυσμός πολύ

λαμπρών διαττόντων (βολίδες, -4mag και λαμπρότεροι) που κατά το μέγιστο εξαφανίζεται εντελώς.

Περαιτέρω, ανάλυση των κατανομών έγινε για τον υπολογισμό του δείκτη πληθυσμού  $r$ , υπολογίζοντας την καμπύλη της μορφής  $f(x)=Ar^x$  που ταιριάζει καλύτερα στα δεδομένα (με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων). Βέβαια όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4, επειδή υπάρχει διαφορετική πιθανότητα ανίχνευσης ανάλογα τη λαμπρότητα του διάττοντα, το ταίριασμα περιορίστηκε μέχρι διάττοντες λαμπρότητας LM-3, δηλαδή +2mag.

Σύμφωνα με το [1] η πιθανότητα ανίχνευσης είναι 80% για LM-3, 30% για LM-2 και μόλις 7% για LM-1... Μάλιστα η μορφή που έχουν οι κατανομές των διαγραμμάτων 1b, 1d με την απότομη πτώση του αριθμού των διαττόντων μετά από ένα μέγιστο στο +3mag, οφείλεται ακριβώς στο ότι η πιθανότητα ανίχνευσης μειώνεται δραματικά και δεν πρόκειται για μια ιδιότητα της πραγματικής κατανομής λαμπροτήτων (και μαζών) των μετεωροειδών που προκαλούν τις Λεοντίδες. Επίσης, αξίζει να παρατηρηθεί ότι στα διαγρ.1a&1c οι αμυδροί διάττοντες μειώνονται πριν από το LM-2 που αναμένουμε – ιδίως στο 1c για τον ΜΓ. Αυτό κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται στους πολύ φωτεινούς διάττοντες που αποσπούν την προσοχή του παρατηρητή και στο πολύ χαμηλό  $r$ . Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται στο διάγρ.2, όπου αποκαλύπτεται η σταδιακή αύξηση του  $r$  καθώς φτάνουμε το μέγιστο της δραστηριότητας.



Πίνακας 1

UT Time & Date	$r$
2:00-3:00 (19,10417)	1,20 ± 0,1
3:00-3:30 (19,13542)	1,33 ± 0,2
3:30-3:45 (19,15104)	1,28 ± 0,1
3:45-3:55 (19,15972)	1,48 ± 0,1
3:55-4:05 (19,16667)	1,80 ± 0,4

Διάγραμμα

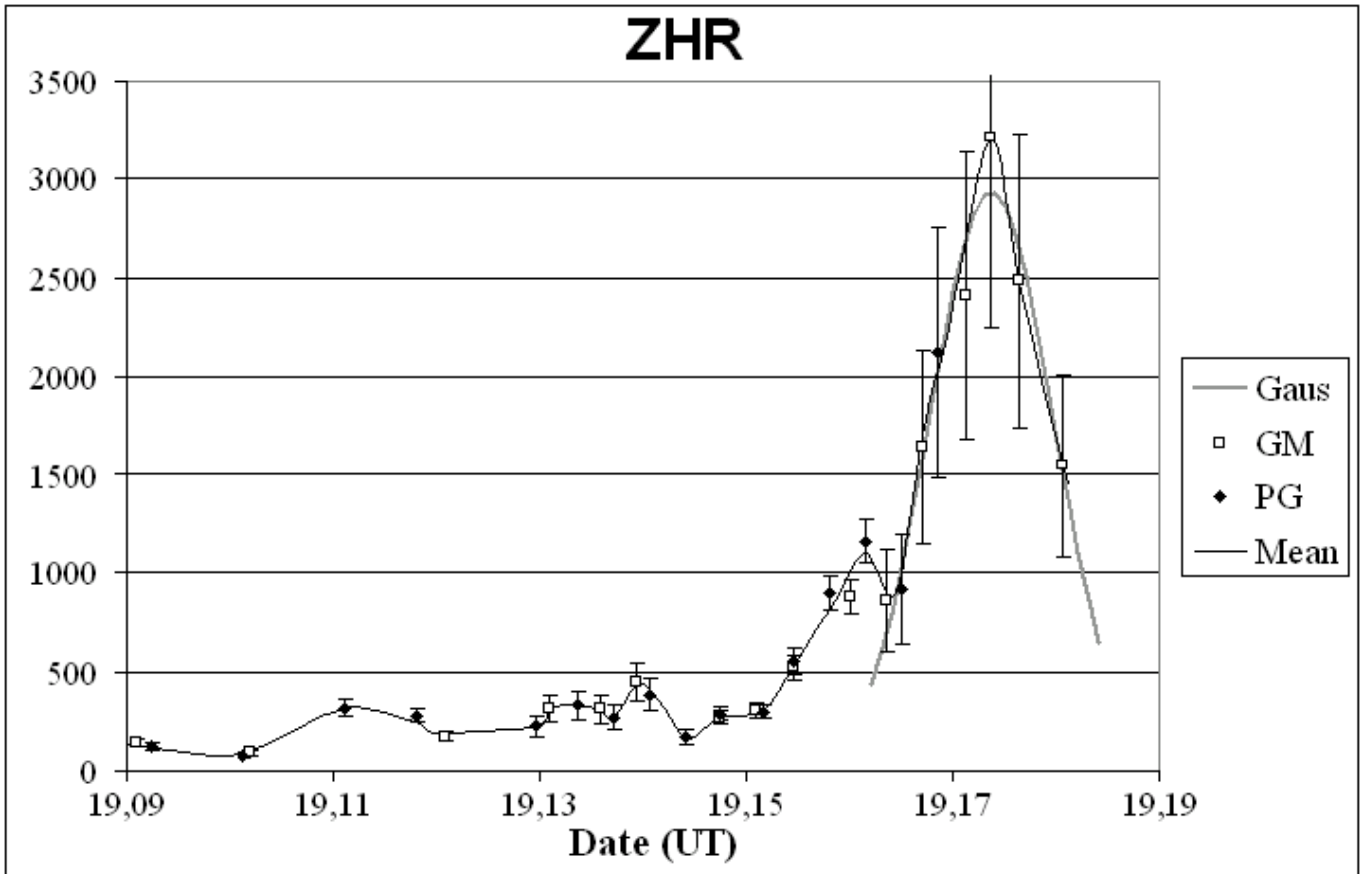


μα 2: Η μεταβολή του δείκτη πληθυσμού  $r$  συναρτήσει του χρόνου.

Το φαινόμενο αυτό της αύξησης του  $r$  καθώς πλησιάζουμε σε μέγιστο δραστηριότητας έχει παρατηρηθεί και στις προηγούμενες καταγιίδες που παρουσίασαν οι Λεοντίδες τα προηγούμενα 3 χρόνια. Από ότι φαίνεται οι καταγιίδες δημιουργούνται με ενίσχυση του αριθμού των αμυδρότερων διαττόντων – ένα φαινόμενο που μέχρι τώρα δεν έχει εξηγηθεί...

#### 6. Η ΡΟΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Όπως εξηγήθηκε στην παράγραφο 4, η ροή των διαττόντων μετριέται με βάση ένα στάνταρ μέγεθος το ZHR. Στην ίδια παράγραφο αναπτύχθηκε η μεθοδολογία αναγωγής των παρατηρήσεων σε ZHR και οι διορθώσεις που πρέπει να εφαρμοστούν. Με βάση τον δείκτη πληθυσμού  $r$  που υπολογίστηκε από τις κατανομές λαμπρότητας στην παράγραφο 5 έγινε και ο υπολογισμός του ZHR, πρώτα ανά παρατηρητή και έπειτα υπολογίστηκε και το μέσο ZHR. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο διάγρ.3 όπου οι κουκίδες σημαίνουν τις τιμές που προκύπτουν από τα παρατηρησιακά δεδομένα και η μαύρη γραμμή είναι το μέσο ZHR. Όπως μπορεί να διαπιστωθεί οι παρατηρήσεις είναι γενικά σε πάρα πολύ καλή συμφωνία μεταξύ τους και αποκαλύπτονται κάποια δευτερεύοντα μέγιστα...



Διάγραμμα 3: Το ZHR συναρτήσει του χρόνου. Οι κουκίδες δείχνουν τις παρατηρησιακές μετρήσεις, ενώ η μαύρη γραμμή το μέσο ZHR. Η γκρι καμπύλη είναι Γκαουσιανή που ταιριάχθηκε στις μετρήσεις γύρω από το μέγιστο.

Τα σφάλματα στο ZHR έχουν υπολογιστεί από την σχέση (όπου  $\Delta m = 6,5 - LM$ ):

$$\delta N = \sqrt{N + \left(\frac{\partial N}{\partial r} \delta r\right)^2} \xrightarrow{N = cr^{\Delta m}} \delta N = \sqrt{N + \left(\Delta m \frac{N}{r} \delta r\right)^2}$$

Όπου ο όρος  $N$  οφείλεται σε στατιστικά αίτια (στατιστική Poisson) ενώ ο δεύτερος όρος απλά εκφράζει το σφάλμα που εισάγεται λόγω του σφάλματος στην εκτίμηση του  $r$ .

Επίσης, στο προφίλ του μέγιστου της δραστηριότητας ταιριάχθηκε (με ελάχιστα τετράγωνα) Γκαουσιανή καμπύλη (παρουσιάζεται με την γκρι καμπύλη στο διαγρ.3) για την καλύτερη εκτίμηση της ροής και του χρόνου του μεγίστου, καθώς και για τον υπολογισμό του εύρους ημισείας τιμής του (FWHM). Το αποτέλεσμα ήταν:

$$ZHR_{\text{peak}} = 2930$$

$$T_{\text{peak}} = 18,17365 \text{ (4:10 UT)}$$

$$\sigma = 0,005967 \Rightarrow \text{FWHM} = 2.35\sigma = 20.2\text{min}$$

## 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αυτά τα αποτελέσματα καταδεικνύουν μια σημαντικότερη διαφορά σε σχέση με τα θεωρητικά μοντέλα, το FWHM είναι πολύ μικρότερο από ότι προβλεπόταν (20min αντί 2h). Ενώ το μέγιστο ήρθε με μια μικρή καθυστέρηση της τάξεως των 10-15min. Ωστόσο το  $ZHR_{\text{peak}}$  είναι αρκετά κοντά στην τιμή που προέβλεπαν ξεχωριστά οι Lyytinen και Vaubaillon (περίπου 3500).

Επίσης επαναλήφθηκε το φαινόμενο όπου πριν την καταιγίδα εμφανίζεται πολύ χαμηλός δείκτης πληθυσμού (και συνεπώς πολλοί λαμπροί διάττοντες), ενώ μέσα σε αυτή ο δείκτης αυξάνεται με αποτέλεσμα η καταιγίδα να δημιουργείται ουσιαστικά από τα μικρότερα σωματίδια. Αυτό δείχνει ότι η δυναμική των συγκεκριμένων ρευμάτων μετεωροειδών στο διάστημα είναι τέτοια που τα μικρά σωματίδια έχουν κρατηθεί καλά συγκεντρωμένα.

## 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] "Determination of Spatial Number Density and Mass Index from Visual Meteor Observations", Ralf Koschack and Jurgen Rendtel.

[2] "Leonid Dust Trail Structure and Predictions for 2002", Rob. H. McNaught and David Asher, WGN (journal of IMO) 30:5 (2002).

[3] "Activity Level Prediction for the 2002 Leonids", Jeremie Vaubaillon, WGN 30:5 (2002).

[4] "Bulletin 18 of the International Leonid Watch: Preliminary Analysis of the 2002 Leonid Meteor Shower", Rainer Arlt, Vladimir Krumov, Andreas Buchmann, Javor Kac, Jan Verbert, WGN 30:6 (2002).

[5] "The 2002 Leonids in Poland – preliminary results", Arkadiusz Olech, WGN 31:1 (2003).

---

# Σύγχρονες και παραδοσιακές μέθοδοι παρατήρησης Διαττόντων Αστέρων



*Εικόνες 1,2: Περσείδες του 1996  
(φωτογραφική μηχανή με φακό 50mm f/2 και film Ilford XP-2,  
έκθεση 5min, Λουτράκι)*

## **Εισαγωγή:**

Ίσως το πιο χαρακτηριστικό στο πεδίο της παρατήρησης των διαττόντων αστέρων είναι ότι οι παραδοσιακές οπτικές τεχνικές παρατήρησης παραμένουν ακόμα και σήμερα το ίδιο ζωντανές. Αυτό για τον ερασιτέχνη αστρονόμο σημαίνει εύκολα μπορεί να

συμβάλει με ουσιαστικές παρατηρήσεις χωρίς ιδιαίτερο εξοπλισμό, παρά μόνο τα μάτια του... Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια όπου το επιστημονικό ενδιαφέρον στο πεδίο των διαττόντων έχει ανανεωθεί σημαντικά, έχει αρχίσει να εισάγεται νέα τεχνολογία και νέες τεχνικές από διάφορες ομάδες -ερασιτεχνών και επαγγελματιών- ανά τον κόσμο. Όμως στην Ελλάδα ελάχιστα είναι γνωστά για αυτό το πεδίο, ενώ κάθε χρόνο γίνονται ελάχιστες παρατηρήσεις, παρά τις ευνοϊκές καιρικές συνθήκες.

### Παραδοσιακές Τεχνικές Παρατήρησης:

Σαν παραδοσιακές τεχνικές παρατήρησης των διαττόντων θεωρούμε τις οπτικές και τις φωτογραφικές, με τις οπτικές βέβαια να είναι μακράν οι παλαιότερες ενώ οι φωτογραφικές έχουν ζωή περίπου μισό αιώνα.

### Οπτική παρατήρηση

Η οπτική παρατήρηση είναι ακόμα και σήμερα εξαιρετικής σημασίας γιατί μας επιτρέπει πιο εύκολα τον συσχετισμό των δεδομένων από διάφορους παρατηρητές για τον υπολογισμό της δραστηριότητας κάποιας πηγής διαττόντων. Μάλιστα το μέτρο της δραστηριότητας αυτής μετράται πάντα με βάση τον μέσο (άνθρωπο) παρατηρητή. Επίσης, δεν πρέπει να λησμονούμε ότι η οπτική μέθοδος μας έχει παράσχει μέχρι σήμερα αμέτρητες παρατηρήσεις στους ιστορικούς χρόνους, που είναι μεταξύ τους άμεσα συσχετίσιμες και μπορούν να μας δώσουν σημαντικές πληροφορίες για την δυναμική εξέλιξη και δραστηριότητα των διαφόρων πηγών μετεωροειδών. Επιπλέον ακόμα και σήμερα η οπτική παρατήρηση συνδυάζει καλύτερα από οποιαδήποτε άλλη τεχνική ένα πολύ μεγάλο οπτικό πεδίο με πολύ καλή ανιχνευτικότητα αμυδρών διαττόντων.

Ωστόσο, η οπτική παρατήρηση έχει σοβαρά μειονεκτήματα από άποψη ακρίβειας. Επειδή ένας διάττοντας γενικά διαρκεί περίπου ένα δευτερόλεπτο ή λιγότερο και πολλές φορές είναι αμυδρός, δεν είναι εύκολο να καταγράψουμε με ακρίβεια τις ποσότητες που μας ενδιαφέρουν (δηλαδή τη λαμπρότητα και την πορεία του).

Δυστυχώς η ανθρώπινη μνήμη δεν συγκρατεί καλά τέτοια φαινόμενα που διαρκούν τόσο λίγο, ενώ δεν παρέχει βέβαια και την δυνατότητα μόνιμης και αναπαράξιμης καταγραφής, όπως μια φωτογραφία. Επιπλέον, επειδή ο παρατηρητής θα πρέπει να αποφασίσει γρήγορα για το τι θα καταγράψει, η πιθανότητα σφάλματος είναι κάθε άλλο παρά αμελητέα. Εδώ βέβαια, πολύ σημαντικό ρόλο παίζει και η εμπειρία του παρατηρητή στην οπτική παρατήρηση, αφού είναι αναμενόμενο ένας έμπειρος παρατηρητής να κάνει σαφώς λιγότερα σφάλματα. Ωστόσο, αυτό είναι κάτι που γενικά δεν θέλουμε, μια και ένας επιστήμονας ιδανικά θα προτιμούσε ακριβώς ίδιους παρατηρητές, ώστε να έχει πλήρως συσχετίσιμα δεδομένα. Επίσης, δεν πρέπει να ξεχνούμε και το γεγονός ότι ένας άνθρωπος παρατηρητής, ακόμα και με πολύ δυνατή θέληση, μετά από μερικές ώρες παρατήρησης -και ειδικά σε μια περίοδο που ο οργανισμός θα έπρεπε να ξεκουράζεται- παρουσιάζει κόπωση που μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την επίδοση του.

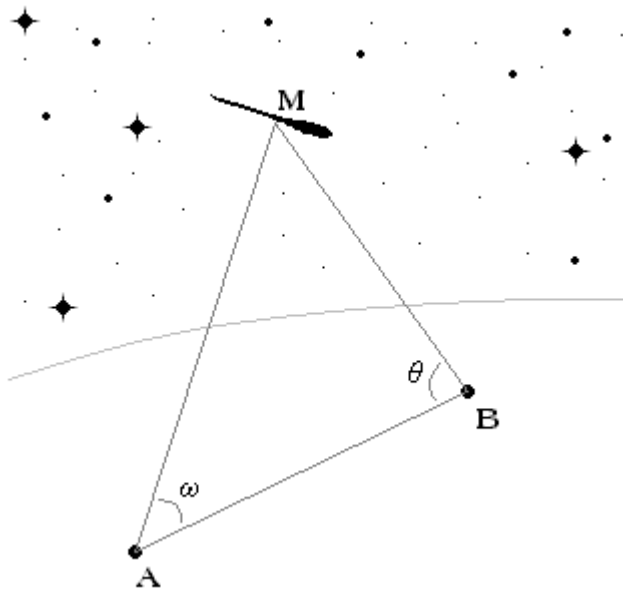
### Φωτογραφική παρατήρηση

Από την άλλη πλευρά η φωτογραφική μέθοδος ξεπερνά πολλές από τις δυσκολίες της οπτικής, αλλά με σημαντικά μειονεκτήματα που περιορίζουν την χρήση της μόνο σε μια εφαρμογή: την εύρεση τροχιών μετεωροειδών.

Ειδικότερα, αν και η φωτογραφία εξ ορισμού επιτρέπει την μόνιμη και αναπαράξιμη καταγραφή του διάττοντα, δυστυχώς δεν έχει αρκετή ευαισθησία και έτσι μόνο οι πολύ φωτεινοί διάττοντες καταγράφονται (μόνο φωτεινότεροι από 2ο μέγεθος στην καλύτερη περίπτωση). Αυτό, σε συνδυασμό με το ότι γενικά έχουμε μικρότερο οπτικό πεδίο σε σύγκριση με το μάτι, σημαίνει ότι γενικά πολύ λίγοι διάττοντες καταγράφονται, ακόμα σε όταν έχουμε υψηλή δραστηριότητα. Συνήθως χρειάζεται να τραβήξουμε πολλά καρέ για να βρούμε 1-2 διάττοντες πράγμα καθόλου αποτελεσματικό! Επίσης, αν και έχει πάρα πολύ καλή αστρομετρική ακρίβεια, δηλαδή καταγράφει εξαιρετικά καλά την τροχιά του διάττοντα στον ουρανό, δεν επιτρέπει ωστόσο την εύρεση της λαμπρότητας του διάττοντα με ούτε ικανοποιητική

ακρίβεια, ούτε εύκολα...

Αυτά τα προβλήματα δεν επιτρέπουν την χρήση της φωτογραφικής μεθόδου για τον υπολογισμό (ούτε καν την εκτίμηση) της δραστηριότητας που παρουσιάζει κάποια πηγή διαττόντων. Ωστόσο, λόγω της πολύ καλής ακρίβειας στην καταγραφή της τροχιάς η μέθοδος χρησιμοποιείται ευρέως για τον υπολογισμό της τροχιάς μετεωροειδών, πράγμα που επιτυγχάνεται με τριγωνισμό, φωτογραφίζοντας τον ίδιο διάττοντα από δύο διαφορετικούς σταθμούς παρατήρησης με σημαντική απόσταση μεταξύ τους. Με τον τριγωνισμό μπορεί να βρεθεί το ύψος του διάττοντα, η ακριβής διεύθυνση του στον χώρο και η ταχύτητα του (με χρήση ειδικών διαφραγμάτων, συνήθως περιστροφικών, που ανοιγοκλείνουν το φακό μερικές δεκάδες φορές το δευτερόλεπτο). Από αυτές τις πληροφορίες μπορεί πλέον να γίνει αρκετά ακριβής υπολογισμός της τροχιάς που ακολούθησε ο διάττοντας πριν πέσει στη Γη.



Εικόνα 3: Η βασική αρχή του τριγωνισμού είναι απλή, ξέροντας την απόσταση  $AB$  και βρίσκοντας τις γωνίες  $\omega$  και  $\theta$  από το αντίστοιχο ύψος (*altitude*) που μετρά κάθε σταθμός, όλες οι πλευρές του τριγώνου  $AMB$  μπορούν να προσδιοριστούν.

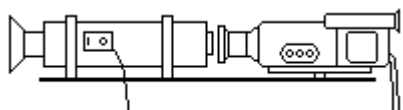
**Νέες Τεχνικές – Νέα Τεχνολογία:**

Οι πρώτη προσπάθεια εισαγωγής νέων μεθόδων για την μελέτη και καταγραφή διαττόντων ήταν με την τεχνική του ραδιοεντοπισμού διαττόντων πριν μερικές δεκαετίες. Βασικά αυτή η τεχνική βασίζεται στο γεγονός ότι οι διάττοντες δημιουργούν στο πέρασμα τους στην ατμόσφαιρα ένα ίχνος ιονισμένου υλικού που μπορεί να ανακλά ραδιοσήματα. Η ιδέα λοιπόν είναι να συντονιστεί ένας δέκτης σε κάποιο ραδιοφωνικό πομπό που βρίσκεται πολύ μακριά (πχ 500Km) και κανονικά δεν μπορεί να τον ακούσει. Όταν ένας διάττοντας πέσει στην ατμόσφαιρα, στην περιοχή μεταξύ του πομπού και του δέκτη θα ανακλαστεί το σήμα και ο δέκτης θα ακούσει για ένα μικρό χρονικό διάστημα (<1sec) τον πομπό. Αυτή η τεχνική παρά το πλεονέκτημα που έχει ότι μπορεί να ανιχνεύει διάττοντες ακόμα και την ημέρα και το γεγονός ότι μπορεί να παρέχει συγκεκριμένες καταγραφές τις δραστηριότητας, έχει αρκετά σοβαρά μειονεκτήματα. Κυρίως το ότι δεν μπορεί να βαθμονομηθεί αξιόπιστα σε σχέση με την οπτική παρατήρηση, μια και η μέθοδος είναι ευαίσθητη σε αρκετά πιο αμυδρούς διάττοντες από ότι το μάτι, ενώ τα αποτελέσματα εξαρτώνται από πολλούς παραμέτρους όπως η συχνότητα και ο προσανατολισμός της κεραίας του δέκτη, ή άλλα που δεν είναι υπό τον έλεγχο μας, όπως η γεωμετρία πομπού-διάττοντα-δέκτη. Ενώ, επιπλέον υπάρχει και η σημαντική δυσκολία στην εύρεση της λαμπρότητας των διαττόντων που καταγράφονται...

Η νεότερη τεχνική ωστόσο για την καταγραφή διαττόντων οπτικά, είναι η βιντεοσκόπηση με ειδικές κάμερες. Γενικά οι περισσότερες βιντεοκάμερες -εμπορικές και ασφαλείας- δεν έχουν την ευαισθησία για να καταγράψουν διάττοντες μια και καταγράφουν σκηνές με φωτισμό πάνω 2lux τυπικά (χρειάζεται 0.25lux για να καταγραφούν σκηνές υπό σεληνόφως με πανσέληνο). Ωστόσο, η χρήση του lux σαν μέτρηση της ευαισθησίας δεν μας βοηθά ιδιαίτερα γιατί τα άστρα και οι διάττοντες είναι σημειακές πηγές και όχι εκτεταμένες σκηνές, ενώ επιπλέον η ευαισθησία που αναφέρεται έτσι είναι συνάρτηση και του φακού που φέρει η κάμερα -εάν γενικά τοποθετηθεί ένας μεγαλύτερος σε διάμετρο φακός η ευαισθησία μπορεί να αυξηθεί αρκετά. Επειδή ωστόσο τα άστρα είναι σημειακές πηγές πολλές φορές ακόμα και



μια τέτοια κάμερα μπορεί να καταγράψει πολύ φωτεινά άστρα όπως πχ ο Vega, πάρα το γεγονός ότι η φωτεινότητα το Vega είναι  $0,000002 \text{ lux}$ ! Και αυτό γιατί το φως εστιάζεται σε μια πολύ μικρή περιοχή πάνω στον αισθητήρα CCD. Έτσι χρειάζεται πχ μια τυπική κάμερα-μινιατούρα με φακό  $6 \text{ mm f}/2$  (στις κάμερες η διαστάσεις αναφέρονται στην εστιακή απόσταση και όχι στη διάμετρο) και ευαισθησία  $1 \text{ lux}$  για την καταγραφή του Vega... Ενώ αν η ίδια κάμερα είχε ευαισθησία  $0,1 \text{ lux}$ , θα κατέγραφε άστρα μέχρι  $2,5 \text{ mag}$ .



*Εικόνα 4: Μια διάταξη με ενισχυτή ειδώλου αποτελείται από ένα φακό, τον ενισχυτή ειδώλου και μια βιντεοκάμερα (με φακό). Τέτοια συστήματα μπορεί να είναι πολύ ευαίσθητα ( $5-9 \text{ mag}$ ).*

Όμως επειδή μέχρι πριν από λίγα χρόνια δεν υπήρχαν πολλές τέτοιες κάμερες με καλή ευαισθησία πολλοί ξεκίνησαν πειραματισμούς με συστήματα που χρησιμοποιούσαν ενισχυτές ειδώλου. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν ένα φακό που προβάλλει την εικόνα του ουρανού σε ένα ενισχυτή ειδώλου και μετά μια απλή βιντεοκάμερα εστιασμένη στην οθόνη του ενισχυτή για την τελική καταγραφή της εικόνας σε βίντεο. Τέτοια συστήματα γενικά μπορούν να είναι πολύ αποτελεσματικά στην ανίχνευση διαττόντων και τυπικά μπορούν να ανιχνεύουν  $6 \text{ mag}$  με οπτικά πεδία της τάξεως των  $30$  μοιρών, ή και πιο χαμηλά γύρω στο  $9 \text{ mag}$ , αλλά με μικρό οπτικό πεδίο. Η όλη απόδοση βέβαια του συστήματος αυτού εξαρτάται από το ενισχυτή ειδώλου και τον φακό που επιλέγουμε. Τα προβλήματα που έχουμε είναι ότι οι ενισχυτές ειδώλου συνήθως απαιτούν κάποιο τροφοδοτικό υψηλής τάσεως και το γεγονός ότι οι καλοί ενισχυτές είναι πολύ ακριβοί. Συνήθως σε τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται φτηνοί ενισχυτές  $1 \text{ης}$  γενιάς που όμως εισάγουν σημαντική παραμόρφωση στο οπτικό μας πεδίο (ειδικά στις άκρες).

Ωστόσο, αν και οι CCD κάμερες δεν έχουν φτάσει ακόμα τα αντίστοιχα επίπεδα απόδοσης, υπάρχει σαφέστατη τάση βελτίωσης.

Μια προσέγγιση στο θέμα είναι η εύρεση κατάλληλου φακού που μπορεί να συγκεντρώσει περισσότερο φως, αλλά αυτό γενικά θα μας δώσει πολύ μικρό οπτικό πεδίο, ειδικά αν αναλογιστούμε τις μικρές διαστάσεις των video CCD. Για παράδειγμα, αν στην κάμερα που είδαμε στο παραπάνω παράδειγμα αντί για τον φακό 6mm f/2 βάζαμε ένα φωτογραφικό φακό 50mm f/2 τότε αντί για 2,5mag θα έφτανε 7mag! Ωστόσο, τώρα αντί για 40 μοίρες οπτικό πεδίο, θα είχαμε μόνο 5 μοίρες... Μια άλλη πιθανότητα είναι η χρήση κάποιας πιο ευαίσθητης κάμερας, αλλά υπάρχουν ελάχιστες καλύτερες από 0,1lux και αυτές πολλές φορές είναι υπερβολές του κατασκευαστή για λόγους μάρκετινγκ. Μια τέτοια κάμερα που έχει χρησιμοποιηθεί από τον συγγραφέα και μπορεί να διαβεβαιώσει για την αξία της είναι η PC23C της Supercircuits (βλέπε [www.supercircuits.com](http://www.supercircuits.com)) η οποία έχει ονομαστική ευαισθησία 0,04lux με φακό f/1,2. Σε αυτή έχω προσαρμόσει φακό 6mm f/1,2 που δίνει οπτικό πεδίο περίπου 40×30μοίρες. Αν το νούμερο του κατασκευαστή είναι αληθές θα πρέπει η κάμερα να μπορεί να ανιχνεύσει ~5mag αστέρια (και διάττοντες), ωστόσο αυτό δεν μπορώ να το επιβεβαιώσω, αν και πιστεύω ότι είναι αληθές. Μέσα από την Αθήνα έχω διαπιστώσει ότι καταγράφει άστρα μέχρι 3,5-4mag, ενώ σε δύο περιπτώσεις που την δοκίμασα εκτός Αθηνών (Λεοντίδες και Περσίδες 2000), δυστυχώς υπήρχε πανσέληνος και το αποτέλεσμα ήταν το ίδιο...

Νομίζω ωστόσο, ότι παρά το γεγονός ότι μια τέτοια κάμερα δεν φτάνει το ιδανικό 6-7mag, έχει πολλές δυνατότητες και μια ικανοποιητική ευαισθησία. Είναι δυνατόν κανείς με μια τέτοια κάμερα να κάνει αρκετές εργασίες με άμεσο επιστημονικό ενδιαφέρον, όπως:

- Καθημερινή καταγραφή δραστηριότητας διαττόντων γνωστών πηγών – πιθανή εύρεση νέων
- Τριγωνισμός – εύρεση τροχιών και αμυδρών διαττόντων
- Καταγραφή φάσματος φωτεινών διαττόντων (>4mag)
- Φωτομετρία διαττόντων – εύρεση ρ (population index) και πιθανές ανωμαλίες

Βέβαια όλα αυτά για να γίνουν θέλουν σίγουρα κατάλληλο

λογισμικό που σε μερικές περιπτώσεις υπάρχει, ενώ στις περισσότερες όχι. Για την επεξεργασία ωστόσο των καταγραφών βίντεο σίγουρα υπάρχει η ανάγκη για λογισμικό εύρεσης διαττόντων από κασέτες βίντεο. Τέτοιο λογισμικό υπάρχει και μπορεί κανείς να το προμηθευτεί δωρεάν από το IMO, ωστόσο αυτό το λογισμικό κάνει την ανίχνευση των διαττόντων από το βίντεο σήμα σε πραγματικό χρόνο και απαιτεί γρήγορο υπολογιστή και συγκεκριμένη κάρτα grabber. Επιπλέον κάτι που πρέπει να έχουμε υπόψη μας είναι ότι τέτοια προγράμματα πολλές φορές δεν έχουν 100% επιτυχία στην ανίχνευση των διαττόντων (συγκρινόμενα με άνθρωπο που βλέπει τις κασέτες) και για το συγκεκριμένο πρόγραμμα δίνεται ποσοστό επιτυχίας ~80%. Ωστόσο, αν έχουμε δεκάδες πολύωρες παρατηρήσεις, δεν είναι ανθρωπίνως δυνατόν να δούμε όλες τις κασέτες για να βρούμε τους διάττοντες.