



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΕΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ»

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΡΧΑΙΑΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ ΣΕΛΑΟΣ ΚΑΙ
ΑΡΧΑΙΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ»



Μπέσιου Μαρία , Αρχαιολόγος, ΠΜΣ «Εφαρμοσμένες Αρχαιολογικές Επιστήμες»,
Τμήμα Μεσογειακών Σπουδών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου , Σεπτέμβρης 2018

Επιβλέπων: Καθ.Ι.Λυριντζής (Παν/μιο Αιγαίου)

Εξεταστική Επιτροπή: Καθ.Γ.Τσόκας (Α.Π.Θ.) και Καθ.Θ.Γκανέτσος (Παν/μιο
Δυτικής Αττικής)

*Η ζωή είναι και θα παραμείνει πάντα μια εξίσωση ανίκανη προς λύση, αλλά περιέχει
ορισμένους γνωστούς παράγοντες.*

- Nikola Tesla

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ

*Η εργασία που παραδίδω είναι αποτέλεσμα πρωτότυπης έρευνας και δεν παραθέτω
πνευματική ιδιοκτησία χωρίς παραπομπές.*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	8
ΣΕΛΑΣ	8
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ	8
1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	10
1.3 ΣΕΛΑΣ ΚΑΙ ΜΥΘΟΛΟΓΙΑ.....	13
1.4 ΣΕΛΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΑΙΟΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΙ.....	19
(i)Ελλάδα.....	19
(ii) Ιταλία.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	24
ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ.....	24
2.1 ΜΑΓΝΗΤΟΣΦΑΙΡΑ ΓΗΣ	24
2.2 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΙΔΗ ΠΟΛΩΝ.....	25
(i) Γεωγραφικοί πόλοι	25
(ii) Μαγνητικοί πόλοι.....	26
(iii) Γεωμαγνητικοί πόλοι.....	28
(iv)Εικονικοί Γεωμαγνητικοί πόλοι (Virtual Geomagnetic Pole)	28
2.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΕΛΑΟΣ.....	29
(i)Οβάλ σέλαος.....	29
(ii) Σχηματισμός Φαινομένου.....	30
(iii) Διαφορετικά φάσματα	31
(iv) Αιτίες φαινομένου	32
Ηλιακές κηλίδες-εκλάμψεις-καταιγίδες	32
(v) Σέλας σε χαμηλότερα πλάτη.....	36
2.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΡΧΑΙΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ	39
3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ	39
3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥ	40
3.3 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ	41
3.4 ΑΡΧΑΙΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΟ ΣΕΛΑΣ	41
3.5 ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ VGP _s	43
3.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	46
ΑΡΧΑΙΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ - ΚΑΤΑΛΟΓΟΙ ΣΕΛΑΩΝ ΒΑΣΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΩΝ	46
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	46
4.2 ΙΣΠΑΝΙΑ	47
4.3 ΒΑΒΥΛΩΝΙΑ.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	57
ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΕΛΑΟΣ ΒΑΣΗ ΑΡΧΑΙΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	57
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	57
5.2 ΚΙΝΑ	57
5.3 ΕΛΛΑΔΑ-ΙΤΑΛΙΑ	65
(i) Σενέκα, 40-55 μ.Χ.	68
(ii) Αναξαγόρας, Ελλάδα, 467 π.Χ.	68
(iii) Αριστοτέλης, Ελλάδα, 380-340 π.Χ.	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	74
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	74
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	75

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας « Συσχέτιση Αρχαίας Παρατήρησης Σέλαος και Αρχαιομαγνητισμού » έγινε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος «Εφαρμοσμένες Αρχαιολογικές Επιστήμες» και θα ήταν αδύνατη χωρίς την βοήθεια ορισμένων ανθρώπων.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ.Ιωάννη Λυριντζή για την καθοδήγησή του, τις χρήσιμες συμβουλές του αλλά κυρίως την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, γνωρίζοντας ότι προέρχομαι από διαφορετικό επιστημονικό κλάδο και όχι των θετικών επιστημών.

Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές Θεόδωρο Γκανέτσο και Γρηγόρη Τσόκα , καθώς οι παραδόσεις των μαθημάτων τους αποτέλεσαν κίνητρο να διευρύνω το επιστημονικό μου ενδιαφέρον και σε άλλους τομείς- άμεσα συσχετιζόμενους με την επιστήμη της αρχαιολογίας. Όπως επίσης όλους όσους συνέβαλαν στην υλοποίηση και διεξαγωγή αυτού του μεταπτυχιακού προγράμματος.Θεωρώ ότι μέσω των Εφαρμοσμένων Αρχαιολογικών Επιστημών, διαπιστώνεται και εφαρμόζεται μία τεκμηριωμένη και σύγχρονη προσέγγιση της αρχαιολογικής έρευνας, η οποία καθίσταται απαραίτητη στα πλαίσια του διεπιστημονικού πεδίου.

Επίσης θα ήθελα εκ βάθους να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ηθική και υλική υποστήριξη,την ανεξάντλητη κατανόηση και το πραγματικό ενδιαφέρον τους κατά την διάρκεια των σπουδών μου στο Π.Μ.Σ.

Τέλος ευχαριστώ πραγματικά τον κ.Ιωάννη Ψύχο (Video Editor) , με τον οποίο συνεργαστήκαμε άψογα για την δημιουργία του βίντεο προσομείωσης εμφάνισης σέλαος στην Αρχαία Ελλάδα, μέσω των προγραμμάτων Adobe After Effects,Motion,Final Cut Pro.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσης εργασίας είναι να παρουσιάσω πιθανές εμφανίσεις βορείου σέλαος (aurora borealis) σε χαμηλά γεωγραφικά πλάτη όπως αυτό της Ελλάδας, της Ιταλίας, της Ισπανίας, της Κίνας κ.α. μέχρι την πρώτη χιλιετία μ.Χ.. Οι καταγραφές που βρήκα ήταν αρκετές και οι πρωιμότερες παρατηρήσεις του εντυπωσιακού φαινομένου ξεκινούν την 3η χιλιετία π.Χ. στην Κίνα. Το ενδιαφέρον των αρχαίων επιστημόνων και παρατηρητών για τα εξωπραγματικά φώτα -που στόλιζαν τον ουρανό αλλά ταυτοχρόνως τρόμαζαν και γοήτευαν τους λαούς θέασής τους- ήταν μεγάλο. Ερμηνεύθηκαν με διάφορους τρόπους που έχουν βρεθεί σε αρχαία γραμματεία, όπως για παράδειγμα στην Θεογονία του Ησίοδου περιγράφηκαν ως "φλεγόμενοι ουρανοί" ή "φλεγόμενοι ουράνιοι δράκοι" τον 8ο αι.π.Χ.. Την ίδια περίπου εποχή ο Όμηρος στην Ηλιάδα μιλά για "βροχοπτώσεις αίματος", ενώ ο Αναξαγόρας μέσα από κείμενα του Πούταρχου (5ος αι.π.Χ.) περιγράφει ένα φλεγόμενο σύννεφο στον ουρανό. Περίπου έναν αιώνα μετά ο Αριστοτέλης δίνει την δική του εξήγηση για τα βόρεια φώτα, η οποία θεωρείται και η πρώτη επιστημονικά τεκμηριωμένη, περιγράφοντας τάφρους και διάφορα φάσματα στον ουρανό. Στην εργασία λοιπόν αυτή παρουσιάζονται αρκετές από τις αρχαίες καταγραφές και περιγραφές του φαινομένου όπως αυτές σώζονται σε ελληνικές, ρωμαϊκές, ιβηρικές, κινέζικες κ.α. πηγές (κεφ 1 κ 4). Ο βασικός όμως στόχος είναι να παρουσιάσω τις πιθανές εμφανίσεις του σέλαος επιστημονικά τεκμηριωμένες (επιβεβαιωμένες ή μη) μέσω της μεθόδου του Αρχαιομαγνητισμού (κεφ 5). Ο Αρχαιομαγνητισμός είναι μία μέθοδος απόλυτης χρονολόγησης που μετρά την ένταση και την κατεύθυνση (έγκλιση, απόκλιση) του αρχαίου μαγνητικού πεδίου, οι οποίες αποτυπώνονται και αποθηκεύονται στα σιδηρομαγνητικά στοιχεία που εμπεριέχουν τα κεραμικά (ψημμένος πηλός). Το βόρειο σέλας (όπως θα αναλύσουμε στο κεφάλαιο 2) είναι αποτέλεσμα της άμυνας της γήινης μαγνητόσφαιρας όταν έρχεται σε επαφή με ηλιακά σωματίδια που εκτοξεύονται από την φωτόσφαιρα (ανώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας του Ήλιου). Συνεπώς συνδέεται άμεσα τόσο με την ηλιακή δραστηριότητα όσο και με τις τιμές (ένταση, έγκλιση, απόκλιση) που καθορίζουν το γεωμαγνητικό πεδίο. Οι πίνακες που παρουσιάζω (κεφ. 5) έχουν τιμές των μετρηθέντων αρχαιομαγνητικών υλικών που προσπαθούν να ανακατασκευάσουν το παλαιομαγνητικό πεδίο και να επιβεβαιώσουν ή απορρίψουν την εμφάνιση χαμηλού πλάτους σέλαος στην μεσογειακή λεκάνη και την ευρύτερη περιοχή της Κίνας κατά την 1η χιλιετία π.Χ.

ABSTRACT

The aim of this paper is to present possible appearances of aurora borealis in low latitudes such as Greece, Italy, Spain, China and so on, until the first millennium AD. The records I found were several and the earliest observations of the impressive phenomenon began in the 3rd millennium BC. in China. The interest of ancient scientists and observers for the magnificent lights - which adorned the sky but at the same time feared and fascinated the people at their sight - was strong. They were interpreted in various ways that have been found in ancient scripture and literature, for example, in Hesiod's Theogony, were described as flaming skies or flaming heavenly dragons. In the 8th century BC, at about the same time, Homer in Iliad talks of blood rain, while Anaxagoras, through the writings of Ploutarchos (5th c B.C.) he describes a flaming cloud in the sky. About a century later, Aristotle gives his own explanation for the north lights (which is also considered the first scientifically documented), describing trenches and various spectra in the sky. Several of the ancient recordings and descriptions of the phenomenon as they are saved in Greek, Roman, Iberian, Chinese, etc. sources (see Chapters 1 and 4). However, the basic aim is to present the possible occurrences of aurora, scientifically documented (confirmed or not) by the method of Archaomagnetism (ch. 5). Archaomagnetism is a method of absolute dating that measures the intensity and direction (declination, inclination) of the ancient magnetic field, which are depicted and stored in the ferromagnetic elements contained in the ceramics (baked clay). The northern lights (we will analyze in Chapter 2) is a result of the Earth Magnetosphere Defense versus solar wind ejected from fotosfaira (the upper layer of the sun). Consequently, connected directly both to solar activity and the values (intensity, direction) which determine the geomagnetic field. The tables (presented in Chapter 5) have values of measured magnetic materials attempting to reconstruct the paleomagnetic field and to confirm or repel the appearance of low/mid latitude aurora in the Mediterranean area and the wide area of China.

Keywords: Aurora Borealis , Low Latitude Aurora , Magnetic Field , Archeomagnetism , Declination , Inclination

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΕΛΑΣ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

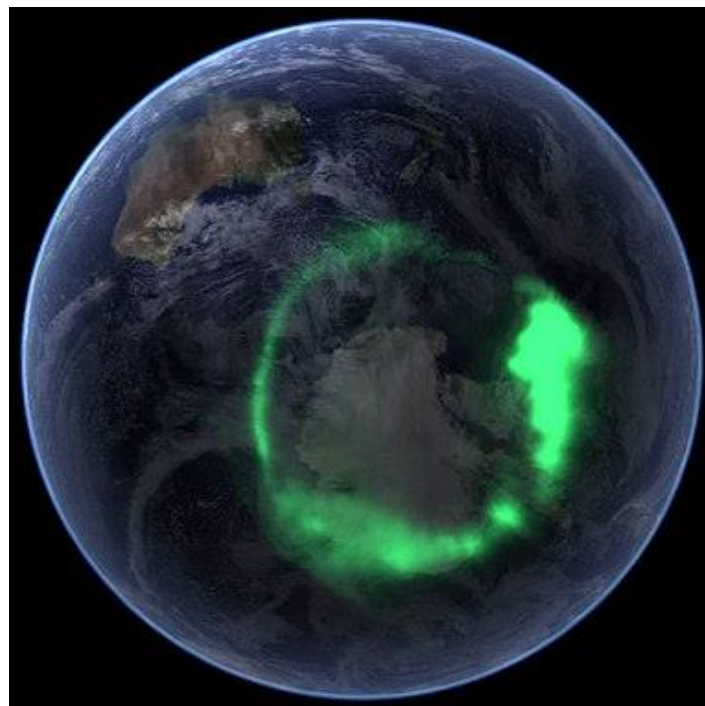
Βόρειο Σέλας ονομάζεται ένα μοναδικό φαινόμενο, του οποίου το φώς κοσμεί τους βόρειους ουραμούς και θα αναλύσουμε παρακάτω την σύνθεση και δημιουργία του. Ονομάζεται και Πολικό Σέλας καθώς παρατηρείται κυρίως στις πολικές περιοχές τόσο στο Βόρειο όσο και στο Νότιο ημισφαίριο, αποκαλούμενο ανάλογα Βόρειο Σέλας και Νότιο Σέλας (εικ.1 και 2). Η σημερινή διεθνής ονομασία του βόρειου σέλαος, Aurora Borealis, έχει ελληνικές ρίζες: αποτελείται από τη λατινική ονομασία για την αρχαιοελληνική θεότητα της αυγής, την Ηώ (Aurora), και την εκλατινισμένη ελληνική λέξη "βόρειος" (Borealis), βόρεια αυγή λοιπόν. Φυσικά απαντά και σε άλλα ονόματα όπως, aurora borealis και aurora australis(νότιο), πολικό βόρειο και νότιο σέλας, northern lights και southern lights και aurorae. Η ύπαρξη των "νότιων φανών" (aurora australis) ήταν, φυσικά, άγνωστη στην Ευρώπη. Το aurora australis παρατηρήθηκε πρώτα από τους Ευρωπαίους στα τέλη του 18ου αιώνα, κατά τις αποστολές του καπετάνιου James Cook γύρω από την Αυστραλία και τον Νότιο Ειρηνικό. Το πλήρωμα του Cook στο HMS Endeavour κατέγραψε ότι "ένα φαινόμενο εμφανίστηκε στους ουραμούς και σε πολλά σημεία μοιάζει με το aurora borealis".¹

Εμφανίζεται συνήθως σε μια περιοχή με μορφή σαν δαχτυλίδι (οβάλ) γύρω από τον βόρειο και τον νότιο πόλο, πάνω από πόλεις όπως το Fairbanks στην Αλάσκα, το Tromso στη Νορβηγία και την Kiruna στη Σουηδία. Το Σέλας, τόσο το Βόρειο όσο και το Νότιο, παρατηρείται συχνότερα κατά μήκος ζώνης της οποίας το κέντρο απέχει από τους πόλους περίπου 10° (μοίρες - degrees), ενώ ακριβώς πάνω από τους πόλους εμφανίζεται πολύ αραιότερα.¹

By Jesse Emspak, Northern Lights: 8 Dazzling Facts About Auroras, Live Science Contributor | October 27, 2014 06:17am ET ¹ Daglis I. , Akasofu S. , Aurora - The magnificent northern lights on the splendors of aurora , March 2004 , The Eggs, issue 7 ,σελ 12-18.



Εικ.1 Ζώνες εμφάνισης του οβάλ του βόρειου και νότιου πολικού σελούς. (scienceillustrated.gr)



Εικ 2. Το Νότιο Σέλας όπως φωτογραφήθηκε από δορυφόρο της NASA στις 11 Σεπτεμβρίου 2005. Φαίνεται καθαρά το ωοειδές του σχήμα. (εικόνα της NASA - Spacecraft Pictures Aurora : Image of the Day)

Το κέντρο της ζώνης εμφάνισης του Βόρειου Σέλαος, βρίσκεται κοντά στη βορειοδυτική ακτή της Γροιλανδίας και άρα πιο κοντά στην Αμερικανική ήπειρο παρά στην Ευρώπη. Όσο νοτιότερα απομακρυνόμαστε από αυτή τη ζώνη τόσο σπανιότερη γίνεται και η εμφάνιση του φαινομένου.³ Εμφανίζεται με τη μορφή μεγαλόπρεπων, πολύχρωμων φώτων με μια ποικιλία σχημάτων, χρωμάτων και δομών που συνεχώς μεταβάλλονται στο χρόνο^{2,3}.

1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Το θέαμα του σέλαος ξεκινά με μια απαλή λάμψη που φαίνεται μακριά στον ορίζοντα σαν να φωσφορίζει κάποιο φωτεινό αντικείμενο στον ουρανό. Όσο το παρατηρούμε όμως διάφοροι σχηματισμοί σαν ασπίδες γεμίζουν την εικόνα μας και όσο περνά η ώρα γίνονται όλο κ πιο συχνοί. Κυματισμοί και δακτύλιοι φωτός- σαν να βλέπεις μια φωτεινή κινούμενη θάλασσα στον ουρανό-κινούνται κατά μήκος των ασπίδων³. Λίγο αργότερα ένας καταγισμός φωτός από πάνω μας σχηματίζει ακτίνες και άλλους αλλόκοτους φωτεινούς σχηματισμούς που θυμίζουν κουρτίνες που ανεμίζουν ή μία τεράστια μορφή σαν στέμμα που στολίζει τον ουρανό. Κάθε τόσο τα κινούμενα φώτα εξαφανίζονται και μετά ξαναδημιουργούνται από νέες ακτίνες φωτός που φαίνεται σαν να κατακρημνίζονται από το διάστημα στην ατμόσφαιρα μας.¹ Το εντυπωσιακό φαινόμενο διαρκεί περίπου 10' με 20' και φτάνει στο τέλος του αφήνοντας πίσω αχνά υπολλείμματα φωτός, που μαρτυρούν το εξαιρετο θέαμα που προηγήθηκε. Τα χρώματα και τα σχήματα που βλέπουμε κατά την διάρκεια του, είναι πιο πολύ μια καλλιτεχνική πανδαισία αποτέλεσμα έξαρσης έμπνευσης ενός καλλιτέχνη, παρά φαινόμενο που λαμβάνει χώρα στην μαγνητόσφαιρας της γης^{1,3} (εικ.3 και εικ. 4)

²Ξυλοπαρκιώτης Κ.: «Όταν πνέει ο ηλιακός άνεμος: Η επιστημονική εξήγηση για τα φώτα του Βορρά», Μάρτιος 1998, Περισκόπιο της Επιστήμης, τεύχος 215, σελ. 40-51.

³ Δαγκλής Ι., Syun-ich Akasofu ,Σέλαος-Alaska by night, 8 Μαΐου 2004, Γεωτρόπιο, τεύχος 213, σελ. 72-75.



Εικ 3. Οι εντυπωσιακές ασίδες του Βόρειο σέλαους στην περιοχή της Αλάσκας, (φωτογραφία από τον Senior Airman Joshua Strang – αυτή η εικόνα κυκλοφόρησε από την πολεμική αεροπορία των Η.Π.Α. με ID 050118-F-3488S-003).



Εικ. 4 Όταν το βόρειο σέλας φαίνεται να διαχέει το φώς του με την μορφή ακτινών κατακόρυφα ακριβώς από πάνω μας , σχηματίζει το λεγόμενο στέμμα του σέλαους. Η

συγκεκριμένη φωτογραφία αποτυπώνει πολύ καλά αυτήν την ξεχωριστή στιγμή του φαινομένου. (© Jan Curtis)

Όλοι όσοι έχουν δει τα βόρεια φώτα από κοντά, θα συμφωνήσουν ότι είναι η οπτική ποίηση της φύσης. Οι φυσικοί λένε ότι το σέλας είναι απλά ένα φαινόμενο ηλεκτρικής εκκένωσης μεγάλης κλίμακας στην ατμόσφαιρα υψηλού υψομέτρου, που προκύπτει από τα κβαντικά άλματα των ατόμων του οξυγόνου και του αζώτου ¹(θα αναφερθούμε αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο). Πράγματι, το σέλας βασίζεται στην ατομική φυσική, αλλά ήταν επίσης και ένα προληπτικό θέμα στη μυθολογία και τα παραμύθια. Από τους αρχαίους χρόνους γεμίζει τους ανθρώπους με χαρά δέος και φόβο. Έχει εμπνεύσει τους καλλιτέχνες αλλά έχει τρομοκρατήσει και τους ανθρώπους που πίστευαν ότι πλησιάζει το τέλος του κόσμου κατά καιρούς. Οι ακριβείς εξηγήσεις του φαινομένου έπρεπε να περιμένουν μέχρι να αναπτυχθεί η σύγχρονη φυσική του 20ού αιώνα και η γνώση για λεπτομέρειες στο ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον της Γης έγινε διαθέσιμη μόνο μέσω μετρήσεων από διαστημικό όχημα^{1,3} (εικ.5).



Εικ.5 Φωτογραφία από τους αστροναύτες του διαστημικού λεωφορείου κατά την αποστολή STS-39. Οι στήλες φωτός που φαίνονται στο βάθος, υψώνονται προς το διάστημα και δείχνουν την κατακόρυφη μορφή του σέλαος, που δεν γίνεται αντιληπτή από τον επίγειο παρατηρητή. Τα κόκκινα φώτα που διακρίνονται στα ανώτερα στρώματα, είναι αυτά που γίνονται αντιληπτά και σε περιοχές όπως η Ελλάδα, όταν βέβαια η μαγνητική καταιγίδα που προκαλεί το σέλας είναι πολύ ισχυρή.(εικόνα της NASA - http://luxaeterna90.blogspot.gr/2011/06/blog-post_4418.html)

1.3 ΣΕΛΑΣ ΚΑΙ ΜΥΘΟΛΟΓΙΑ

Η ομορφιά του είναι δύσκολο να αποδοθεί, ακόμη και από τους πιο γλαφυρούς καλλιτέχνες και καμία περιγραφή δεν πλησιάζει την μαγεία των ουράνιων ποταμών. Ιστορικά αναφέρεται με πολλά ονόματα και περιγραφές συνδυζόμενο με δοξασίες, μύθους και φυσικά, ανεξάντλητη φαντασία. Οι πιο εξοικειωμένοι με το φαινόμενο λαοί, όπως οι Εσκιμώοι του Καναδά και της Γροιλανδίας και οι Λάπωνες της Σκανδιναβίας, είχαν φιλική σχέση με το σέλας³ (εικ.6).

Οι Ινούιτ του βορειοανατολικού Καναδά, πίστευαν πως το σέλας είναι το φώς ουράνιων δαυλών που καθοδηγεί τις ψυχές των πεθαμένων για να βρουν το δρόμο τους προς τον ουρανό. Οι Εσκιμώοι του Γιούκον πάλι, πίστευαν πως το σέλας είναι χορός πνευμάτων των αγαπημένων τους νεκρών και των θηραμάτων τους, που συναντούσαν μέσα στην ημέρα, όπως τα ελάφια, οι φώκιες και οι σολομοί. Πίστευαν πως είναι οι ψυχές των νεκρών που αναζητούν τους δικούς τους. Έτσι κατά τη διάρκεια του φαινομένου ούτε μιλούσαν ούτε σφύριζαν φοβούμενοι μη κατέβει το Σέλας χαμηλά και τους αρπάξει αναγνωρίζοντάς τους από τη φωνή³.

Παρόμοια σχέση με τα νυχτερινά φώτα του ουρανού είχαν και οι Λάπωνες της Σκανδιναβίας. Οι Λάπωνες έκρυβαν γυναίκες και παιδιά, σταμάταγαν τα έλκηθρα και μάζευαν τα κουδούνια για να μη γίνουν αντιληπτοί από το Σέλας και τους πάρει. Οι Σουηδοί πίστευαν πως ήταν αντανάκλασεις από τις δάδες που κρατούσαν οι Λάπωνες ψάχνοντας τους τάρανδους τους⁴.

⁴ Northern Lights Legends from Around the World. (Διαθέσιμο στον διακτυακό τόπο: <https://www.theaurorazone.com/about-the-aurora/aurora-legends>)



Εικ.6 Ζωγραφική απεικόνιση πολικού σέλαος. Το πολυφασματικό εντυπωσιακό ουράνιο φαινόμενο αποτελούσε καθημερινό θέαμα στα μάτια των βόρειων λαών. Ήταν επόμενο, μόνο και μόνο λόγω της μοναδικής του ομορφιάς να αποτελέσει πηγή έμπνευσης και αντικείμενο καλλιτεχνικής έξαρσης. (Art by <http://simjim91.deviantart.com>)

Στην Νορβηγία πίστευαν πως το Βόρειο Σέλας ήταν η αντανάκλαση των ασπίδων που κρατούσαν οι Βαλκυρίες - νεκρές πολεμίστριες του ουρανού – όταν επέλεγαν ποιον θα σκοτώσουν αλλά και ποιον θα αφήσουν ζωντανό για να πολεμήσει μαζί τους την επόμενη μέρα⁴ (εικ.7) . Στην Σουηδία από την άλλη το βόρειο σέλας ήταν καλός οιωνός. Πίστευαν ότι ήταν δώρο από τους θεούς, οι οποίοι προσέφεραν από τον ουρανό φωτιά και ζεστασιά από ένα μεγάλο ηφαίστειο που βρισκόταν στον Βορρά⁴.



Εικ. 7 Τα βόρεια φώτα: Θεοί, πνεύματα ή ουράνιοι πολεμιστές; (φωτογραφία από το αρχείο του Antti Pietikainen.)

Σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη το σέλας δεν εμφανίζεται συχνά τόσο στην Αρχαιότητα όσο και σήμερα. Βέβαια είχε παρατηρηθεί από τους Αρχαίους Έλληνες που υποστήριζαν ότι το Σέλας (ή αλλιώς *Auroga*=αυγή) ήταν η αδελφή του Ήλιου και της Σελήνης και ότι έτρεχε στον πρόωρο ουρανό πάνω στο πολύχρωμο άρμα της για να προειδοποιήσει τα αδέρφια της για την αυγή μιας καινούριας ημέρας. Οι Ρωμαίοι συνέδεσαν επίσης τα βόρεια φώτα με μια νέα μέρα που τους πίστευαν ότι ήταν η *Auroga*, η θεά της αυγής.¹

Οι παρατηρήσεις του σέλαος στην Κίνα είναι επίσης σπάνιες και θα είχαν προκληθεί από ένα σημαντικό ηλιακό γεγονός, οπότε δεν ήταν εκπληκτικό το γεγονός ότι οι αρχαίοι Κινέζοι είχαν και αυτοί παρατηρήσει τα φώτα που στόλιζαν περιστασιακά τον νυχτερινό τους ουρανό. Πολλοί από τους πρώτους κινέζικους θρύλους που σχετίζονται με δράκους (εικ. 8 και εικ. 9) ήταν αποτέλεσμα των βόρειων φώτων. Πίστευαν ότι είναι μια ουράνια μάχη μεταξύ κακών και καλών δράκων⁴.



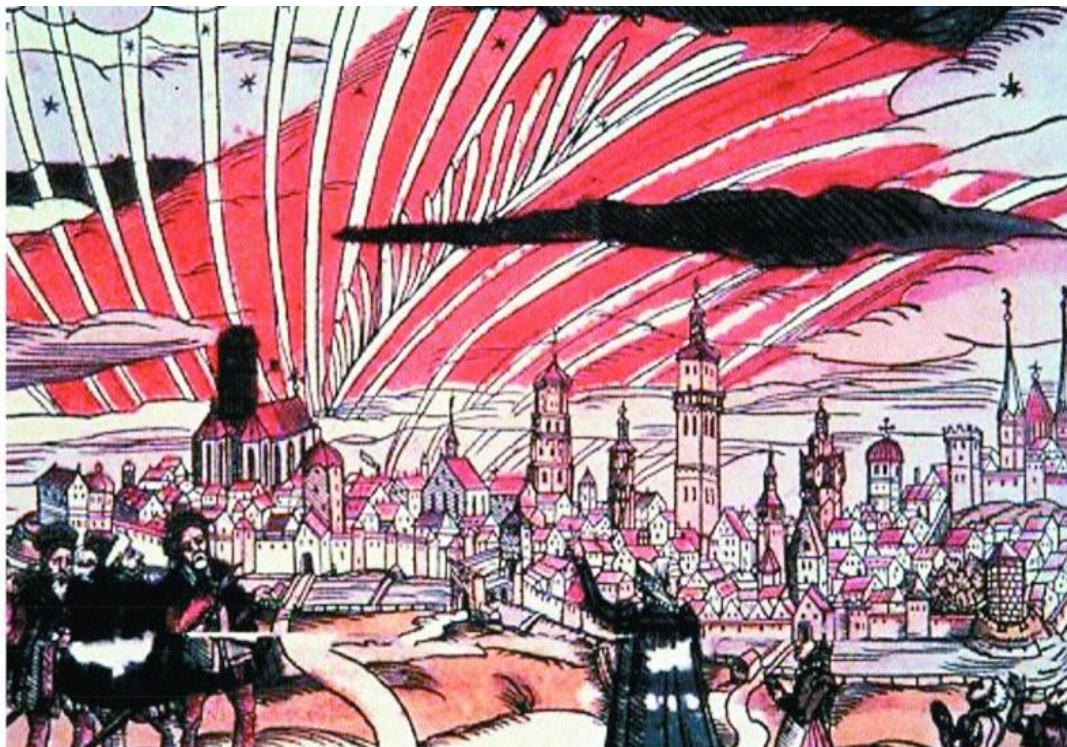
Εικ.8 Σέλας ή ουράνιος δράκος ; (φωτογραφία του Antti Pietikainen)



Εικ. 9 Φωτογραφία σέλαος από το τοπίο του Καναδά. Η μορφή του θυμίζει έναν γιγάντιο φωτεινό δράκο όπως αποτυπωνόταν και σε αρχαίους κυρίως κινέζικους θρύλους και μύθους. (© Peter Jeffery)

Στην ιαπωνική κουλτούρα, θεωρούσαν ότι είναι ένα παιδί που γεννήθηκε κάτω από τα βόρεια φώτα και έχει ευλογηθεί με καλή εμφάνιση, διάνοηση και καλή τύχη.⁴ Οι Αυστραλοί των Αβοριγίνων ήταν πιο συνηθισμένοι να βλέπουν το Aurora Australis (The Southern Lights) και παρακολουθούσαν με δέος ότι οι θεοί τους χόρευαν πάνω από το κεφάλι. Τέλος οι Μαορί της Νέας Ζηλανδίας πίστευαν πως οι παλιοί πρόγονοί τους έφθασαν στο Νότιο Πόλο και παγιδεύτηκαν εκεί και τώρα ανάβουν μεγάλες φωτιές, για να συνεννοηθούν με τους σημερινούς απογόνους τους και να πάνε να τους ελευθερώσουν.

Αντιθέτως στην κεντρική Ευρώπη, όπου το σέλας εμφανίζεται σπανιότερα, οι άνθρωποι του Μεσαίωνα θεωρούσαν το σέλας κακό οινό που προμήνυε το ξέσπασμα πολέμου ή άλλης μεγάλης δυστυχίας³. Μάλιστα από την εκκλησιαστική τότε εξουσία, το φαινόμενο αποδίδονταν ως προάγγελος μεγάλου κακού. Πολλές γκραβούρες της εποχής το παρουσιάζουν το Σέλας ως θηρίο της κόλασης με στόχο την καταστροφή³ (εικ. 10).



Εικ. 10 Γκραβούρα του Μεσαίωνα που απεικονίζει το Βόρειο Σέλας να εξαπλώνεται στον ουρανό ως κακός οινός στις περιοχές της κεντρικής Ευρώπης¹.

1.4 ΣΕΛΑΣ ΚΑΙ ΑΡΧΑΙΟΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΙ

(i)Ελλάδα

Το σέλας ήταν και είναι ένα εξαιρετικά σπάνιο φαινόμενο στα χαμηλά γεωγραφικά πλάτη και είχε καταπλήξει τους ανθρώπους στην αρχαιότητα. Όπως είναι φυσικό, έχει καταγραφεί με τα πιο ζωντανά χρώματα στη Θεογονία του Ησίοδου και στη Παλαιά Διαθήκη. Η εμφάνιση του Σέλαος, αν και πολύ σπάνια για παραμεσόγειες χώρες ήταν γνωστή και στους αρχαίους Έλληνες. Ο Ησίοδος, ένας από τους μεγαλύτερους ποιητές της Αρχαίας Ελλάδας, μίλησε τον 8ο αιώνα π.Χ. για «φλεγόμενους ουρανούς» και «φλογισμένους ουράνιους δράκους»³. Στο όραμα του προφήτη Ιεζεκιήλ (6ο αιώνα π.Χ.) ο φλεγόμενος τροχός που μεσουραναί μπορεί να ερμηνευθεί είτε σαν εμφάνιση κομήτη είτε σαν σέλας. Η ερμηνεία βέβαια του ίδιου του Ιεζεκιήλ ήταν καθαρά θρησκευτική³.

Ο Νόννος ο Πανοπολίτης (Nonnus), πολλούς αιώνες αργότερα, ερμήνευσε τον μύθο του Ησίοδου για τον Τυφώνα ως "κομήτες", "φωτεινές δέσμες" και "φλεγόμενες εκπνεύσεις" (Διονυσιακά 11 198-200, 482-492, 515-516 · σύγκριση Pliny, Naturalis historia 11 91 · Avienus ή Servius, In Vergilii Aeneadum, ad X 272)⁵. Ο Όμηρος (περ.9^{ος} -8^{ος} αι.) αναφέρει δύο μυθολογικές «βροχοπτώσεις του αίματος» (Ιλιάδα XI 53-54, XVI 458-459), τις οποίες όμως ο μεταγενέστερος σχολιαστής του Ηράκλειος (Ομηρικές Αλληλογραφίες 42) τις ερμήνευσε απλώς ως πτώση κόκκινων σταγόνων βροχής και ως πτώση του ανθρώπινου αίματος που είχε προηγουμένως εξατμιστεί (Ομηρικές Αλληλογραφίες 53-54)⁵.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι μύθοι της «βροχής του γάλακτος», όταν η Ήρα δημιούργησε τον Γαλαξία (Γεωπονικά XI 19) και ο μύθος της διαδρομής του ουρανού του Φαέθωνα, που ερμηνεύεται με ρητή αλληγορική έννοια, όπως π.χ., «μια μάζα φωτιάς του ουρανού» (ψευδο-Αριστοτέλης, De mundo 400a30-32, Lucretius, De rerum natura V 406-408, Philostratus), «μια φλογερή εκπνοή» (Domninus in Proclus, In Platonis Timaeum, 22) και "έναν κομήτη" (Proclus, ad 22, Philoponus, In Aristotelis Meteorologica, ad 345a13, Olympiodorus, In Aristotelis Meteorologica, ad 345a11)⁵. Άλλοι μυθολογικοί "κομήτες" και "φώτα" έχουν λιγότερο ενδιαφέρον εδώ. Σε βιβλική εξήγηση, ο Φίλων ο Αλεξανδρεύς ή Φίλων ο Ιουδαίος (Philo Judaeus, Quaestiones et solutiones στο Genesin III 14-15) ερμήνευσε τη Γένεση όσον αφορά τις "φλογερές εκπνοές" του Αριστοτέλη⁵.

Τον 5^ο αιώνα ο Ιπποκράτης της Χίου ανέπτυξε την ιδέα τους για «αντανακλάσεις του ηλιακού φωτός», ενώ τον 4^ο αιώνα ο Μετρόδωρος της Χίου και ο Ηρακλείδης του Πόντου αναφέρουν τα «φωτισμένα σύννεφα»⁵.

⁵ Richard St. , Ancient Aurorae, March 1979 , Isis, Vol. 70, No. 1, The University of Chicago Press, σελ. 85-95 .

Ωστόσο, οι πρώτες προσπάθειες λογικής, μη μυθικής περιγραφής του σέλαος έγιναν από δύο Έλληνες φιλόσοφους της Μικράς Ασίας, που έζησαν τον 6ο αιώνα π.Χ. (δηλαδή 200 περίπου χρόνια πριν από τον Αριστοτέλη) και οι εικασίες τους σχετικά με την προέλευση των «κομητών» φαίνεται να ήταν ευρέως διαδεδομένες. : τον Αναξιμένη από τη Μίλητο (περ. 585-528 π.Χ.) και τον Ξενοφάνη από την Κολοφώνα (περ. 570-475 π.Χ.)³. Ο Αναξιμένης υπήρξε πρωτοπόρος με μία νέα επαναστατική προσέγγιση της φύσης και του ανθρώπινου νου που έγινε γνωστή ως φυσική φιλοσοφία και γι 'αυτόν, η βασική πραγματικότητα ήταν υλική και μηχανική. Αυτή την φιλοσοφία την κληρονομήσαμε ως την πρώτη προσέγγιση της "επιστημονικής προσέγγισης".

Ο Ξενοφάνης έγραψε για "κινούμενες συσσωρεύσεις καυστικών σύννεφων". Την ίδια περίπου εποχή, ο Πλούταρχος έδωσε μια σαφή περιγραφή των βόρειων φώτων, αλλά ήταν μάλλον ένα απόσπασμα από την χαμένη πραγματεία του Αναξαγόρα: "... υπήρχε μια τεράστια και εξαγριωμένη φιγούρα στον ουρανό. Ήταν σαν ένα φλεγόμενο σύννεφο, το οποίο δεν παρέμεινε στη θέση του, αλλά κινήθηκε τυλιγμένα και τακτικά ... »⁵. Το παραπάνω απόσπασμα αποτελεί τον παλαιότερο γνωστό ελληνικό απολογισμό του σέλαος και χρονολογείται, στην αρχική του μορφή, στον πέμπτο αιώνα π.Χ. :

Για εβδομήντα πέντε μέρες συνεχώς παρατηρήθηκε στους ουρανούς ένα φλογερό σώμα τεραστίου μεγέθους, σαν να ήταν ένα φλεγόμενο σύννεφο, που δεν στηρίζεται σε ένα μέρος, αλλά κινείται με περίπλοκες και ακανόνιστες κινήσεις, έτσι ώστε τα φλογερά θραύσματα, σπασμένα από αυτό με τη βύθιση και την ακανόνιστη πορεία τους, μεταφέρθηκαν προς όλες τις κατευθύνσεις και έλαμψαν σαν φωτιά, όπως και τα αστέρια που πέφτουν⁵.

Το γεγονός αυτό είναι γνωστό ότι συνέβη το 467 (ή το 468) π.Χ.). Η αστρολογική ερμηνεία αυτού του χωρίου έχει υπερασπιστεί πρόσφατα από τον Π. J. Bicknell, «Μήπως ο Αναξαγόρας παρατηρεί ένα ηλιακό σημείο στο 467 π.Χ. ; (Isis, 1968, 59: 87-90.)⁵. Έχουν επίσης αποδοθεί οι λωρίδες φωτός που εμφανίζονται μερικές φορές κατά τη διάρκεια φωτεινών νυχτερινών καταιγίδων από τον SM Silverman, στα «χάσματα» του Αριστοτέλη και του Πλίνιου (Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics, 1962, 24: 1108-1109) .

Η απεικόνιση των 349 καταγράφεται στον Πλίνιο (Naturalis historia II 97) και εκείνη των 344 στον Πλούταρχο (Τιμολέοντος VIII 5-7)⁵. Ο Ηρακλείδης του Πόντου, συνεργάτης του Αριστοτέλη, ήταν ίσως ο πρώτος συγγραφέας που διακρίνει διαφορετικά στοιχεία μεταξύ «κομητών» και «δοκών, πυλώνων και όλων των άλλων εκδηλώσεων αυτού του είδους» αν και ο Αναξαγόρας είχε ήδη περιγράψει ένα φωτεινό αντικείμενο το 467 ως ακτίνα , « σύμφωνα με ένα συγκεκριμένη φλεγόμενη μάζα που αναφέρθηκε από τον Σενέκα, ενώ ο Πλίνιος ήξερε, από μια άγνωστη πηγή, για μια άλλη που είδε στην Ελλάδα το 394,9 »⁵.

Βέβαια όποια και αν ήταν τα προηγούμενα, η πρώτη αξιόπιστη επιστημονική περιγραφή μιας απεικόνισης του σέλαος αναγνωρίζεται γενικά ότι είναι του

Αριστοτέλη. Η πρώτη απόπειρα λογικής εξήγησης της φωτεινής ουράνιας εμφάνισης συχνά αποδίδεται στον Αριστοτέλη. Αντί να επικαλείται υπερφυσικές δυνάμεις ή θεούς και τέρατα, ο Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.) περιέγραψε το σέλας σαν φώς που μοιάζει με λαμπρό σύννεφο ³, όπως αναφέρει στα Μετεωρολογικά Α',5 (Meteors I): «Φαίνεται δέ ποτε συνιστάμενα νύκτωρ αίθρίας ούσης πολλά φάσματα έν τῷ ούρανῳ..., ήμέρας μὲν οὖν ὁ ἥλιος κωλύει, νυκτὸς δ' ἔξω τοῦ φοινικοῦ (δηλαδή του ιώδους), τὰ ἄλλα δι' ὁμόχροϊαν οὐ φαίνεται» ⁶.

Περιγράφει διάφορους τύπους σέλαος λέγοντας: « Μερικές φορές σε μια καθαρή νύχτα μπορεί να δει κανείς διάφορα φάσματα που σχηματίζονται στον ουρανό, όπως χάσματα, τάφρους και κόκκινα χρώματα αίματος. . . ο ανώτερος αέρας συμπυκνώνεται και παίρνει φωτιά και η καύση του, παράγει μερικές φορές μια πυρκαγιά που μερικές φορές φαίνεται σαν μέσα από «φακούς» και άλλες σαν κομήτες ». ⁷ Ἡ ὅπως αναφέρεται σε μία ἄλλη πηγή⁵: « Μερικές φορές σε μια καθαρή νύχτα μπορεί να δει κανείς κάποιες εμφανίσεις να σχηματίζονται στον ουρανό, όπως "χάσματα", "τάφροι" και κόκκινα σαν αίμα χρώματα. Αυτά έχουν και πάλι την ίδια αιτία. Επειδή έχουμε δείξει ότι ο ανώτερος αέρας συμπυκνώνεται και παίρνει φωτιά και ότι η καύση του παράγει μερικές φορές την εμφάνιση μιας πυρκαγιάς Η αιτία της σύντομης διάρκειας αυτών των φαινομένων είναι ότι η συμπύκνωση διαρκεί μόνο για μικρό χρονικό διάστημα. Τα χάσματα έχουν μια εμφάνιση βάρους επειδή το φως ξεσπά από ένα σκούρο μπλε ή μαύρο φόντο ». ⁵

Ο Αριστοτέλης υποστηρίζει ότι η αντανάκλαση και η εξασθένιση του φωτιζόμενου φωτός καθώς περνά μέσα από τον πυκνότερο, χαμηλότερο αέρα συμβάλλουν στην παραγωγή των παρατηρούμενων χρωμάτων και σαφώς υπονοεί ότι η μεγάλη γωνιακή έκταση και η ταχύτητα των φαινομένων επιβεβαιώνουν την υποπληθυστική τους προέλευση ⁷. Βέβαια δεν είναι απαραίτητο να υποθέσουμε ότι ο Αριστοτέλης έπρεπε να είναι στη Μακεδονία για να έχει δει το φαινόμενο ⁵. Η φωτοβολία της ατμόσφαιρας, πάντα κατά τον Αριστοτέλη, δεν είναι ομοιογενής αλλά τα φάσματα του φαινομένου αυτού παρουσιάζουν χάσματα. Και είναι εκείνα που παρουσιάζουν ακριβώς το Σέλας ως κυματίζουσες «ουράνιες κουρτίνες» ή «ουράνιες μπαλαρίνες», όπως χαρακτηρίζεται το φαινόμενο από τους σύγχρονους παρατηρητές.

Τον τέταρτο αιώνα π.Χ., ο Θεόφραστος της Ερεσού, φοιτητής του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη, λέγεται ότι είναι ένας από τους πρώτους που παρατήρησε τις ηλιακές κηλίδες, ένα ηλιακό χαρακτηριστικό που συνδέεται με την εμφάνιση του σέλαος. Πολλούς αιώνες αργότερα, το 1610, οι ηλιακές κηλίδες ανακαλύφθηκαν εκ νέου από το Γαλιλαίο ¹³. Ο Γαλιλαίος πάλι, το 1619, (ή σύμφωνα με άλλους, ο Γάλλος επιστήμονας και φιλόσοφος Pierre Gassendi το 1622) "βάπτισε" τα Βόρεια Φώτα με το όνομα που χρησιμοποιείται ακόμα: Aurora Borealis. Τον Γαλιλαίο βέβαια ακολούθησαν αργότερα και άλλοι γνωστοί επιστήμονες, μελετώντας το εντυπωσιακό

⁶ Αριστοτέλης Άπαντα ,(1994) Τόμος 13 , Μετεωρολογικά 1 Α, Β, Αθήνα, Κάκτος.

⁷ Liritzis I. , Aurorae Boreales and geomagnetic inclinations as aids to archaeomagnetic dating , Earth, moon and planets, (17 March) , Volume 42, Issue 2, pp 151–162

φαινόμενο και προσπαθώντας να το εξηγήσουν. Ο Ντεκάρτ, ο Χάλλεϋ, ο Κέλσιος, ο Χούμπολτ είναι μερικά μόνο ονόματα. Η πλήρης εξήγηση του φαινομένου επιτεύχθηκε ωστόσο μόνο στο δεύτερο μισό του 20ου αιώνα, χάρη σε κάποιες νέες τεχνικές παρατήρησης, όπως μια ειδική φωτογραφική μηχανή (all-sky camera) που μπορεί να φωτογραφήσει ολόκληρο τον ουράνιο θόλο, και φυσικά χάρη στις μετρήσεις που έχουν γίνει από τους τεχνητούς δορυφόρους⁸ (εικ. 11).



Εικ. 11. Το θαυματικό βόρειο σέλας , ή τα "βόρεια φώτα" πάνω από τον Καναδά, έτσι όπως φωτογραφήθηκε από μέλος του πληρώματος της αποστολής 53 στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό στις 15 Σεπτεμβρίου 2017, κοντά στο υψηλότερο σημείο της τροχιάς του. (Image Credit: © NASA)

Έτσι, μέχρι τα τέλη του 4ου αιώνα π.Χ. όλα τα βασικά χαρακτηριστικά των aurorae ορατών από μικρά γεωγραφικά πλάτη είχαν περιγραφεί και αναφερθεί από τους Έλληνες φυσικούς φιλοσόφους.

(ii) Ιταλία

Στον ρωμαϊκό κόσμο, οι θρυλικές αναμνήσεις μιας "βροχής του αίματος" κατά τη βασιλεία του Ρωμύλου διατηρούνται από τον Πλούταρχο (Plutarch, Romulus XXIV

⁸ Δαγκλής Ι. Α., Μεταλληνού Φ.Α., (Ιούνιος 2006) Ήλιος και Γη - μια ιδιαίτερη σχέση έρωτα και μίσους, Ινστιτούτο διαστημικών εφαρμογών και τηλεπισκόπησης (ΕΑΑ), είναι διαθέσιμο στον ιστότοπο https://www.astro.noa.gr/journal/Periodic/journal_10daglis.htm

1). Ωστόσο, οι πρωιμότερες ημερομηνίες για ρωμαϊκά aurogae περιλαμβάνουν ένα ξεχωριστό σύνολο εκδηλώσεων που καλύπτουν κατά προσέγγιση τα έτη 464-459 π.Χ. Καταγράφονται στις ιστορίες της Λίβυ και του Διονύσιου της Αλικαρνασσού όπου δηλώνουν απλά ότι « ο ουρανός φάνηκε να πυρπολείται με πολυάριθμες πυρκαγιές».(J. J. D. de Mairan, Traite'physique et historique de l'aurore boreale (2nd ed., Paris: Imprimerie Royale, 1754), pp. 462-463 (1st ed. 1733)⁵. Ένα μεγάλο κενό στο ακόλουθο αρχείο των ρωμαϊκών καταγραφών του σέλαος, το οποίο παραμένει μέχρι το 223 π.Χ. Αλλά μετά από αυτό το χρονικό διάστημα αναφορές του φαινομένου είναι αρκετά συχνές μέχρι τα τέλη του 1ου αιώνα μ.Χ.

Όλες οι ιταλικές αναφορές πριν από τον 1ο αιώνα π.Χ. εμφανίστηκαν αρχικά στις ετήσιες σημειώσεις του Ποντίφικα Μάξιμου, που αποτελούν πηγή της ρωμαϊκής ιστορικής παράδοσης. Συγκεκριμένα όμως, τα πρώτα (και καλύτερα) επιζώντα παραδείγματα της ρωμαϊκής επιστημονικής γραφής έρχονται από τον 1ο αιώνα μ.Χ. και οφείλονται στους Μανίλιους, Σενέκα, και Πλίνι⁵, οι οποίοι βασίστηκαν είτε άμεσα είτε έμμεσα σε παλαιότερες ελληνικές πραγματείες για τη θεωρία του σέλαος, αλλά διαμόρφωσαν τα κείμενά τους με εικόνες που προέρχονταν από την εμπειρία τους και από τα προηγούμενα ρωμαϊκά γραπτά. Εδώ είναι ένα απόσπασμα από ό, τι είχε να πει ο Σενέκα, ο νεότερος όταν έγραψε για το σέλας στο πρώτο βιβλίο του Naturales Quaestiones:

« Είναι καιρός να εξετάσουμε, εν συντομία, άλλες φλόγες στην ατμόσφαιρα, από τις οποίες προκύπτουν διάφορες μορφές όπως: «τάφροι» μέσα σε μια περιβάλλουσα κορόνα, "χάσματα" στον ουρανό σαν μια τρύπα που είναι σκαμμένη μέσα σε έναν κύκλο, "πίθοι" όπως μια τεράστια στρογγυλή μάζα φωτιάς, με φλεγόμενα βέλη από ή προς σε ένα μέρος, μορφές σαν "κυπαρίσσια" ή και "γενειοφόρες μορφές"⁵».

Έγραψε για οτιδήποτε έβλεπε είτε πάνω είτε κάτω από τα σύννεφα και υπενθύμισε ότι την περίοδο που ήταν αυτοκράτορας ο Τιβέριος, μια aurogae που σχηματίστηκε πάνω από την πόλη του λιμανιού της Οστίας, ήταν τόσο έντονη και κόκκινη που ο στρατός νόμιζε ότι είχε ξεσπάσει πυρκαγιά και ήταν έτοιμος να επέμβει για διάσωση⁵. Τέλος περιγράφει κάποια σκοτεινά κενά στην περιοχή του φωτεινού ουρανού με αποτέλεσμα να φαίνονται σαν φωτεινές κουρτίνες και περιγράφει τα πολλαπλά τους χρώματα. Ο Πλίνιος ο Πρεσβύτερος περιέγραψε το Aurora Borealis στη Φυσική του Ιστορία με διάφορους σχηματισμούς όπως χάσματα, κόκκινες φλόγες και φως της ημέρας μέσα στη νύχτα.⁹

⁹ Liritzis I., Panou Ev., Changhong M., Fengxian X., Cai Sh. (2017), Aurorae and Archaic magnetism from the 1st millennium B.C. China, Greece and Italy, Vol.17, No 3, Mediterranean Archaeology and Archaeometry, pp. 273-300.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

2.1 ΜΑΓΝΗΤΟΣΦΑΙΡΑ ΓΗΣ

Η μαγνητόσφαιρα είναι η περιοχή εντός της οποίας εκτείνεται το μαγνητικό πεδίο της Γης. Όλοι γνωρίζουμε ότι ο πλανήτης μας συμπεριφέρεται σαν ένας τεράστιος μαγνήτης (διπολικό πεδίο) με πιο έντονες μαγνητικές ζώνες τον Βόρειο και τον Νότιο μαγνητικό πόλο και πιο ήπια μαγνητική ζώνη την περιοχή του μαγνητικού ισημερινού (εικ 12). Η πλευρά της μαγνητόσφαιρας προς τον ήλιο συμπιέζεται από την δυναμική πίεση του ηλιακού ανέμου, ενώ η πλευρά αντιθέτως του ηλίου επιμηκύνεται δημιουργώντας την μαγνητοουρά.¹⁰ Με την εκτόξευση των Sputnik 1 (1957) και Explorer 1 (1958) οι μετρήσεις που ελήφθησαν έδωσαν ισχυρή ώθηση στην μελέτη και κατανόηση της σύστασης και των ιδιοτήτων της μαγνητόσφαιρας της Γης. Η πολικότητα της γης δεν είναι σταθερή. Σε αντίθεση με έναν κλασικό μαγνήτη bar, το θέμα που διέπει το μαγνητικό πεδίο της Γης κινείται γύρω

. Οι γεωφυσικοί είναι σίγουροι ότι ο λόγος για τον οποίο η Γη έχει μαγνητικό πεδίο είναι ότι ο στερεός πυρήνας του σιδήρου περιβάλλεται από έναν υγρό ωκεανό από ζεστό, υγρό μέταλλο. Η ροή του υγρού σιδήρου στον πυρήνα της Γης δημιουργεί ηλεκτρικά ρεύματα, τα οποία με τη σειρά του δημιουργούν το μαγνητικό πεδίο.

¹⁰ Μεταλληνού Φ.Α. ,Ανάπτυξη και Εξασθένηση Μαγνητικών Καταιγίδων στο Γεωδιάστημα,(2008),τομέας αστροφυσικής, αστρονομίας και μηχανικής ,Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2008 , σελ.28



Εικόνα 12. Σχηματική απεικόνιση των αόρατων γραμμών του μαγνητικού πεδίου που παράγονται από τη Γη, που αντιπροσωπεύεται ως πεδίο διπολικών μαγνητών. Στην πραγματικότητα, η μαγνητική ασπίδα μας πιέζεται πιο κοντά στη Γη στην πλευρά που βλέπει στον ήλιο και είναι εξαιρετικά επιμηκυμένη στη νυχτερινή πλευρά λόγω του ηλιακού ανέμου. (Credit/Copyright: Peter Reid, The University of Edinburgh, 2009)

2.2 ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΙΔΗ ΠΟΛΩΝ

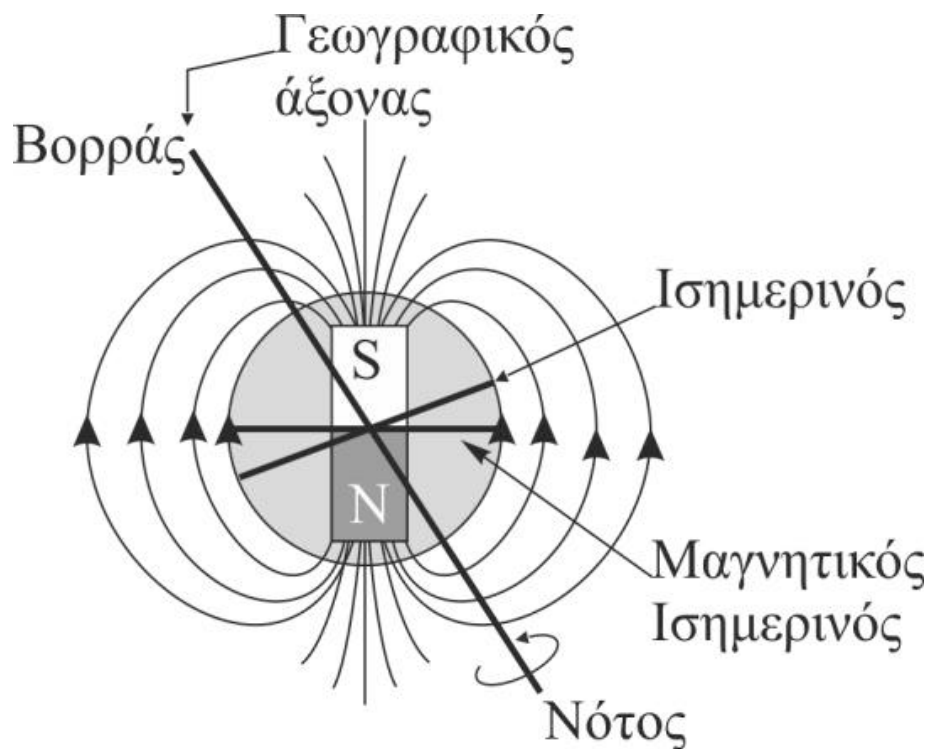
Το σέλας εμφανίζεται κυρίως μόνο στους πόλους και όχι ομοιόμορφα σε όλη τη γήινη επιφάνεια. Η παρατήρηση αυτή και η περαιτέρω μελέτη οδήγησε στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για ηλεκτρικά φορτισμένα ιόντα κυρίως πρωτόνια και ηλεκτρόνια που έλκονται από το γήινο μαγνητικό πεδίο, το οποίο είναι εντονότερο στους πόλους. Παρακάτω θα αναλύσουμε τους τέσσερις διαφορετικούς πόλους \Rightarrow (i) Γεωγραφικοί, (ii) Μαγνητικοί, (iii) Γεωμαγνητικοί και (iv) Εικονικοί γεωμαγνητικοί πόλοι^{9,9}:

(i) Γεωγραφικοί πόλοι

Οι γεωγραφικοί πόλοι (βόρειος και νότιος) είναι τα σημεία όπου ο γεωγραφικός άξονας περιστροφής της Γης τέμνει την επιφάνειά της αντιστοίχως στο βόρειο και στο νότιο ημισφαίριο.

(ii) Μαγνητικοί πόλοι

Οι μαγνητικοί πόλοι (βόρειος και νότιος) είναι οι ζώνες με την εντονότερη μαγνητική δραστηριότητα του μαγνητικού πεδίου και βρίσκονται στο βόρειο και στο νότιο άκρο του μαγνητικού άξονα της Γης. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου εξασθενεί όσο πλησιάζουμε την περιοχή του μαγνητικού ισημερινού. Οι γεωμαγνητικοί πόλοι δεν ταυτίζονται με τους γεωγραφικούς διότι δεν υπάρχει ταύτιση του γεωγραφικού και του μαγνητικού άξονα περιστροφής αλλά σχηματίζουν γωνίες απόκλισης και έγκλισης μεταξύ τους.^{11,12} (εικ.13)



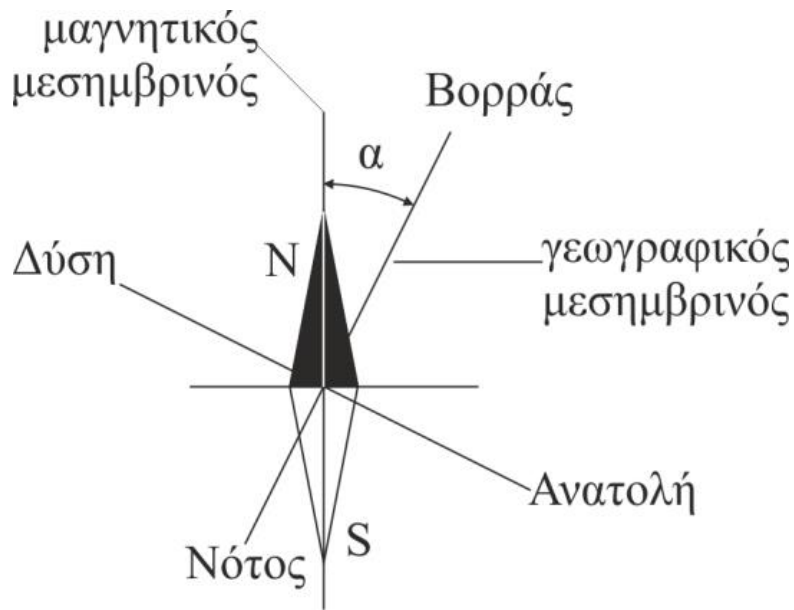
Εικόνα 13. Σχεδιάγραμμα μαγνητικού και γεωγραφικού άξονα της Γής. (Χασάπης Δ., 2015)

Η μαγνητική απόκλιση ($D = \text{declination}$) είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του γεωγραφικού και του μαγνητικού μεσημβρινού και χαρακτηρίζεται ως ανατολική ή δυτική, όταν ο βόρειος πόλος της μαγνητικής βελόνης βρίσκεται ανατολικά ή δυτικά του γεωγραφικού μεσημβρινού αντίστοιχα. Η γνώση της μαγνητικής απόκλισης είναι απαραίτητη για τον ακριβή προσανατολισμό μέσω πυξίδας^{12,13}. (εικ.14)

¹¹ Robert F. Butler, Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes 1992 (κεφάλαιο 7)

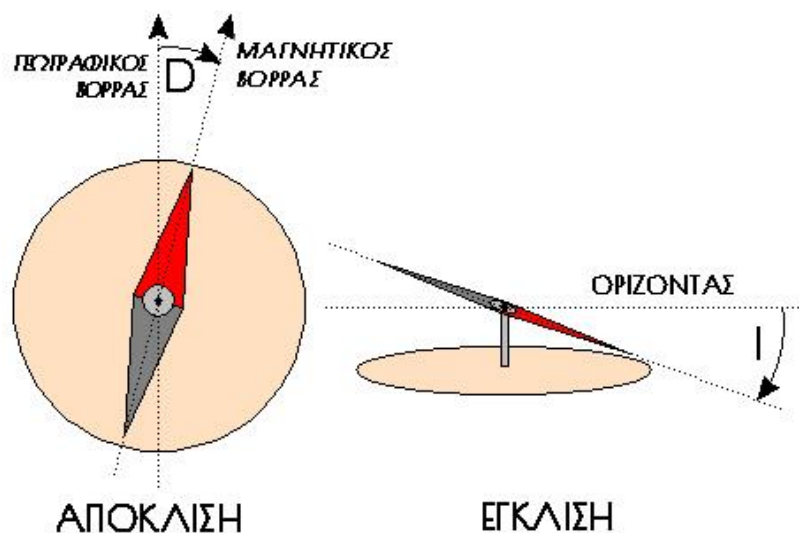
¹² Χασάπης Δημήτριος, Εργαστηριακές ασκήσεις φυσικής εκδόσεις Κάλλιπος, 2015 (κεφάλαιο 16)

¹³ Young H.D., Πανεπιστημιακή Φυσική, Τόμος Α και Β, Εκδόσεις Παπαζήση, 1995



Εικόνα 14. Μαγνητική απόκλιση-γωνία α (Χασάπης Δ. , 2015)

Απο την άλλη, η μαγνητική έγκλιση (I =inclination) είναι η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στη συνιστώσα της έντασης του μαγνητικού πεδίου μιας συγκεκριμένης περιοχής σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο του ίδιου του τόπου. Πιο αναλυτικά μια μαγνητική βελόνη δυνάμενη να περιστρέφεται γύρω από οριζόντιο άξονα (μαγνητική βελόνη εγκλίσεως) ισορροπεί κάτω από την επίδραση της κατακόρυφης συνιστώσας του γήινου μαγνητικού πεδίου σχηματίζοντας γωνία ϵ με τον ορίζοντα. Η μαγνητική έγκλιση είναι θετική ή αρνητική, όταν ο βόρειος πόλος της μαγνητικής βελόνης βρίσκεται κάτω ή πάνω από τον ορίζοντα αντιστοίχως. Αυτό σημαίνει, ότι στο βόρειο ημισφαίριο η μαγνητική έγκλιση είναι παντού θετική.^{12,13} (εικ.15)



Εικόνα 15. Κατεύθυνση μαγνητικής βελόνης σε περίπτωση σχηματοποίησης γωνίας απόκλισης και γωνίας έγκλισης. (Δημοσιεύτηκε στο Arisaifulloh.com στις 08/08/15)

(iii) Γεωμαγνητικοί πόλοι

Εάν το μαγνητικό πεδίο της Γης ήταν ένα τέλειο δίπολο τότε οι μαγνητικές γραμμές θα ήταν κατακόρυφες και στους Γεωμαγνητικούς πόλους, οι οποίοι με την σειρά τους θα συνέπιπταν ακριβώς στην ίδια θέση με τους βόρειους και νότιους μαγνητικούς πόλους. Ωστόσο, εείδή το μαγνητικό πεδίο της Γης δεν είναι ακριβώς συμμετρικό, η πραγματική θέση των μαγνητικών πόλων δεν συμπίπτει με τους γεωμαγνητικούς πόλους, αλλά έχουν κάποια απόσταση μεταξύ τους. Έτσι, οι μαγνητικοί πόλοι ουσιαστικά είναι τα σημεία στα οποία οι μαγνητικές βελόνες γίνονται τελείως κατακόρυφες (πόλοι dip)⁹. Όπως έχει παρατηρηθεί ο βόρειος μαγνητικός πόλος κινείται με την πάροδο του χρόνου λόγω μαγνητικών αλλαγών που συμβαίνουν στον πυρήνα της Γης και ευθύνονται για την κατάσταση του μαγνητικού της πεδίου. Στο παρελθόν αυτοί οι δύο πόλοι δεν είχαν μια συγκεκριμένη εναλλαγή έτσι ώστε να υπολογιστούν οι διαφορές τους, αντίθετα τα πλάτη και τα μήκη τους κυμαίνονταν με έναν απρόβλεπτο τρόπο. Τα μοντέλα όμως του γεωμαγνητικού πεδίου μπορούν να καθορίσουν τους γεωμαγνητικούς πόλους ή το γεωκεντρικό δίπολο (από τους τρεις πρώτους Gauss συντελεστές), όπως για παράδειγμα το Παγκόσμιο Μαγνητικό Μοντέλο (World Magnetic Model, WMM) ή το Διεθνές Γεωμαγνητικό Πεδίο Αναφοράς (International Geomagnetic Reference Field, IGRF). Με βάση αυτά τα μοντέλα μπορούν να υπολογιστούν οι εικονικοί γεωμαγνητικοί πόλοι ⁹.

(iv) Εικονικοί Γεωμαγνητικοί πόλοι (Virtual Geomagnetic Pole)

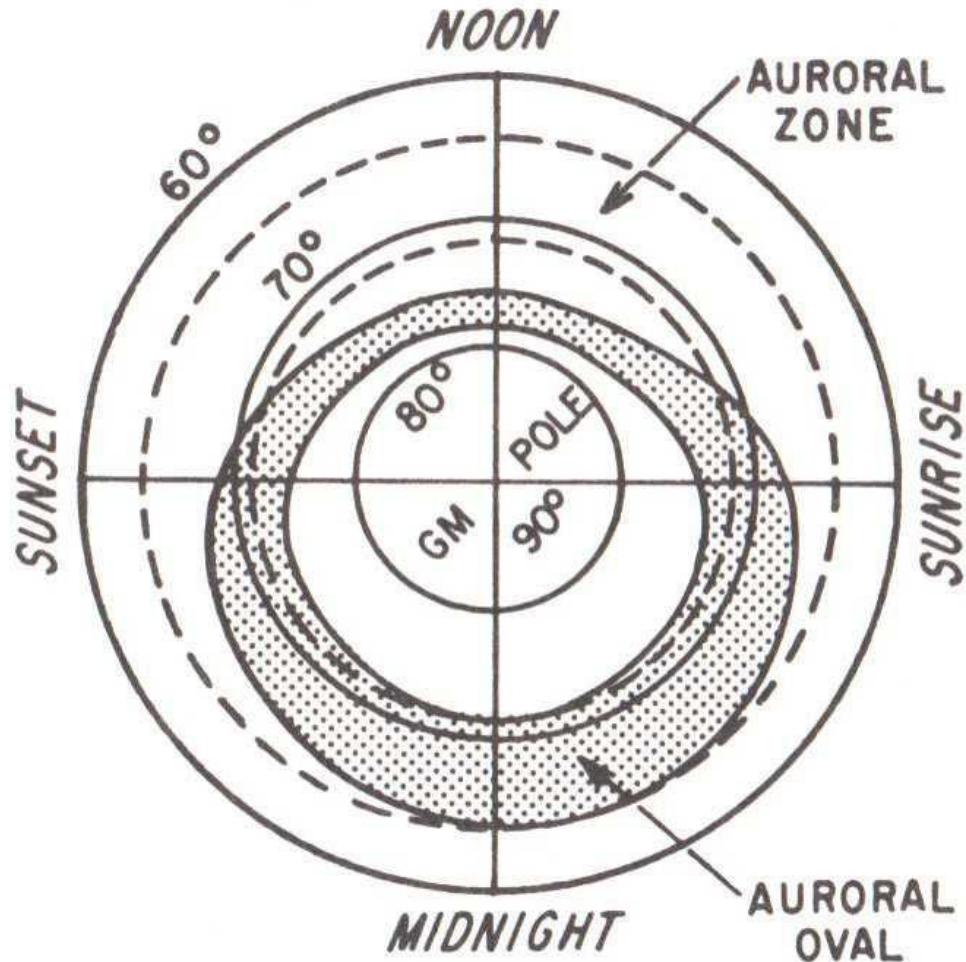
Οι εικονικοί γεωμαγνητικοί πόλοι είναι θεωρητικά υπολογισμένοι πόλοι βάση αρχαιομαγνητικών δεδομένων. Όπως θα αναλύσουμε και παρακάτω διεξοδικά υπάρχει η δυνατότητα ανακατασκευής του αρχαίου μαγνητικού πεδίου, το οποίο καταγράφεται σε αρχαιομαγνητισμένα υλικά, με την μέθοδο του αρχαιομαγνητισμού. Τα υλικά αυτά όταν μαγνητίζονται (κεφάλαιο 4), θωρακίζουν την θερμοπαραμένουσα μαγνήτιση τους (TRM-ιδανικά βραχεία μαγνήτιση), της οποίας η μέση διεύθυνση είναι μια καταγραφή της κατεύθυνσης του γεωμαγνητικού πεδίου για την περιοχή και την τοποθεσία απ' όπου συλλέχθηκαν (δειγματοληψία). Άρα οποιαδήποτε θέση πόλου που υπολογίζεται από μία μόνο παρατήρηση της κατεύθυνσης του γεωμαγνητικού πεδίου ονομάζεται εικονικός γεωμαγνητικός πόλος (συντετμημένος VGP). Πιο απλά ο VGP μπορεί να υπολογιστεί από μια παρατήρηση της παρούσας κατεύθυνσης γεωμαγνητικού πεδίου σε συγκεκριμένο χρόνο και συγκεκριμένη τοποθεσία¹³. Για αυτόν τον λόγο εάν οι VGPs προσδιορίζονται από πολλές κατανεμημένες σε παγκόσμια κλίμακα παρατηρήσεις του παρόντος γεωμαγνητικού πεδίου, αυτές οι VGPs είναι διάσπαρτες γύρω από τον παρόντα γεωμαγνητικό πόλο. Έτσι, μια θέση πόλων που υπολογίζεται από μία μόνο κατεύθυνση TRM μέσης θέσης είναι ένας εικονικός γεωμαγνητικός πόλος. Είναι η θέση του πόλου ενός γεωκεντρικού διπόλου που μπορεί να υπολογίσει την παρατηρούμενη κατεύθυνση του μαγνητικού πεδίου σε μία συγκεκριμένη θέση και σε μία χρονική στιγμή.⁹

2.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΕΛΑΟΣ

(i) Οβάλ σέλαος

Το σέλας παρατηρείται σε δύο ζώνες στο βόρειο και νότιο ημισφαίριο (βόρειο και νότιο σέλας) μεταξύ γεωγραφικών πλατών περίπου 75° N έως 60° N και σπανίως σε μικρότερα πλάτη όπως ήδη έχουμε αναφέρει¹⁰. Ένα πολικό σέλας μπορεί να φαίνεται σε μας είτε σαν μια κουρτίνα είτε με διάφορες άλλες περίτεχνες μορφές που απλώνονται στον ουρανό, αλλά η αλήθεια είναι ότι από τη Γη βλέπουμε μόνο ένα μικρό τμήμα του. Από το διάστημα φαίνεται σαν ένα δαχτυλίδι σχήματος οβάλ κεντραρισμένο και μετακινούμενο γύρω και πάνω από τους πόλους όπως έχουμε ήδη αναφέρει.

Κατά τη διάρκεια της εμφάνισης του, τέτοια δαχτυλίδια-οβάλ σέλαος δημιουργούνται ταυτόχρονα γύρω από το Βόρειο και το Νότιο Πόλο και το μεγαλύτερο τμήμα τους βρίσκεται πάνω από τη σκοτεινή πλευρά της Γης (για αυτό οι καλύτερες ώρες για παρατήρηση είναι μεταξύ 10 μ.μ. - 3 π.μ.). Περιοχές ανάπτυξης του σελαϊκού οβάλ ορίζουμε τις περιοχές όπου λαμπρά τόξα σέλαος εμφανίζονται συχνότερα. Οι σελαϊκές ζώνες του βόρειου σέλαος στην ημερήσια περιοχή της Γης (από την πλευρά όπου η γη κοιτάει τον ήλιο) τοποθετούνται σε πλάτη 75° N - 80° N, ενώ στη νυχτερινή περιοχή τοποθετούνται λίγο χαμηλότερα, σε πλάτη 60° N - 65° N (εικ. 16). Τα τόξα σέλαος εμφανίζονται λαμπρότερα κοντά στη νυχτερινή περιοχή του σελαϊκού οβάλ, οπότε θεωρούμε τη σελαϊκή ζώνη σαν ένα κύκλο με κέντρο περίπου στο μαγνητικό πλάτος των 67° .¹⁰

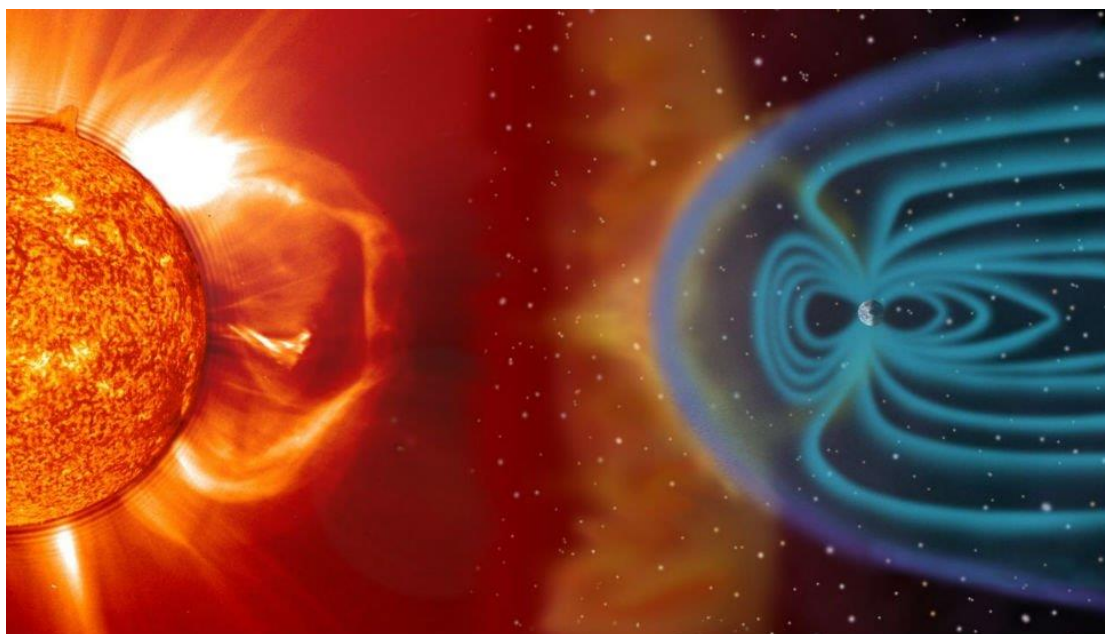


Εικόνα 16. Περιοχές ανάπτυξης του σελαϊκού οβάλ και της ζώνης σέλαος (Μεταλληνού Φ.Α. , 2008 , σελ. 63)

(ii) Σχηματισμός Φαινομένου.

Όταν λοιπόν τα φορτισμένα σωματίδια, που συγκεκριμένα είναι ηλεκτρόνια υψηλής ενέργειας και απαρτίζουν τον ηλιακό άνεμο (ο οποίος θα αναλύσουμε παρακάτω από τι προκαλείται), καταφθάνουν και έρχονται σε επαφή με τον πλανήτη μας, αποκρούονται από την γήινη μαγνητόσφαιρα και παγιδεύονται στο γεωμαγνητικό μας πεδίο. Εκεί "φυλακίζονται" και αναγκάζονται να κινούνται ελικοειδώς κατά μήκος των δυναμικών του γραμμών και να μεταπηδούν από την μια πολική περιοχή στην άλλη με επιτάχυνση σχεδόν ίση με την ταχύτητα του φωτός¹⁴. Έτσι καταλήγουν να διοχετεύουν όλη τους την ενέργεια πάνω από τους δύο πόλους. Πλησιάζοντας λοιπόν τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρα της Γης, συγκρούονται με άτομα και μόρια αζώτου και οξυγόνου που τα διεγείρουν ενεργειακά (Εικ.17). Τα διεγερμένα άτομα και μόρια, για να επανέλθουν στην αρχική, σταθερότερη κατάσταση ενεργειακής ισορροπίας, εκπέμπουν την περίσσεια ενέργεια υπό τη μορφή ορατής ακτινοβολίας⁸

με διαφορετικά φάσματα και έτσι προκύπτει το σέλας.. Σε αυτή λοιπόν, την αλληλεπίδραση των σωματιδίων του ηλιακού ανέμου, που δημιουργήθηκαν στον πυρήνα του ήλιου και του γήινου μαγνητικού πεδίου, οφείλεται το εντυπωσιακό φαινόμενο σε ύψος που κυμαίνεται από 100 έως 1.000 χιλιόμετρα.^{14,3} Είναι αναμενόμενο, η έξαρση του φαινομένου να είναι πιο έντονη στους ισχυρούς μαγνητικούς πόλους, όπου εξελίσσεται η "μάχη" μεταξύ του ηλιακού ανέμου και της μαγνητόσφαιρας μας, η οποία αποτελεί σημαντική άμυνα στις εισβολές του Ήλιου και του διαστήματος.



Εικ. 17.Ο ηλιακός άνεμος που εκσφενδονίζεται στο Διάστημα και έρχεται σε επαφή με το Γεωμαγνητικό μας πεδίο προκαλώντας μαγνητικές καταιγίδες. (© NASA)

(iii) Διαφορετικά φάσματα

Το σέλας εμφανίζεται με διάφορα χρώματα και μορφές. Για να καταλάβουμε από τι εξαρτώνται οι διαφορετικοί χρωματισμοί του σέλας, πρέπει να σκεφτούμε από τί απαρτίζεται η γήινη ατμόσφαιρα και τί συμβαίνει εκεί. Μπαίνοντας στην ανώτερη ατμόσφαιρα, τα ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια συγκρούονται με διάφορα αέρια που περιβάλλουν τη Γη και εκλύουν ενέργεια που βλέπουμε ως χρωματισμένο φως. Κάθε αέριο όμως έχει το δικό του φως. Είναι σαν το "αποτύπωμά" του που λέμε, αφού κανένα αέριο δεν δίνει ίδιους χρωματισμούς με άλλο.

Αυτή η χρωματική μοναδικότητα κάθε αερίου, που εξαρτάται από το μήκος κύματός του, καλείται φάσμα. Όλα είναι φάσματα γύρω μας. Συνεπώς τα χρώματα που χαρακτηρίζουν το πολικό σέλας καθορίζονται από τα ατμοσφαιρικά αέρια. Στην ιονόσφαιρα, όπου λαμβάνουν χώρα αυτές οι συγκρούσεις, τα εισερχόμενα σωματίδια συναντούν οξυγόνο και άζωτο όπως αναφέραμε και πιο πριν. Το πρώτο δίνει κυρίως

¹⁴ Δ. Π.Σιμόπουλος ,Ηλιακές καταιγίδες και σέλας. Διαδικτυακό περιοδικό www.pemptousia.gr, 04 Νοεμβρίου 2015

πράσινο χρώμα (και σπανιότερα βαθύ κόκκινο), ενώ το δεύτερο μόνο κόκκινο (εικ 18). Επίσης εκλύεται μπλε και ιώδες χρώμα, που όμως δύσκολα γίνεται αισθητό από την ανθρώπινη όραση. Ο σχηματισμός του κάθε φάσματος λαμβάνει χώρα σε διαφορετική χιλιομετρική απόσταση. Για παράδειγμα το μπλε και το βιολετί: λιγότερο από 120 χιλιόμετρα (72 μίλια), το πράσινο: 120 έως 180 χιλιόμετρα (72 έως 108 μίλια). και το κόκκινο: περισσότερα από 180 χλμ.^{9,15}



Εικ 18. Διαφορετικοί χρωματισμοί σέλαος. (Δημοσιεύτηκε στη lifo.gr , 26/04/11)

(iv) Αιτίες φαινομένου

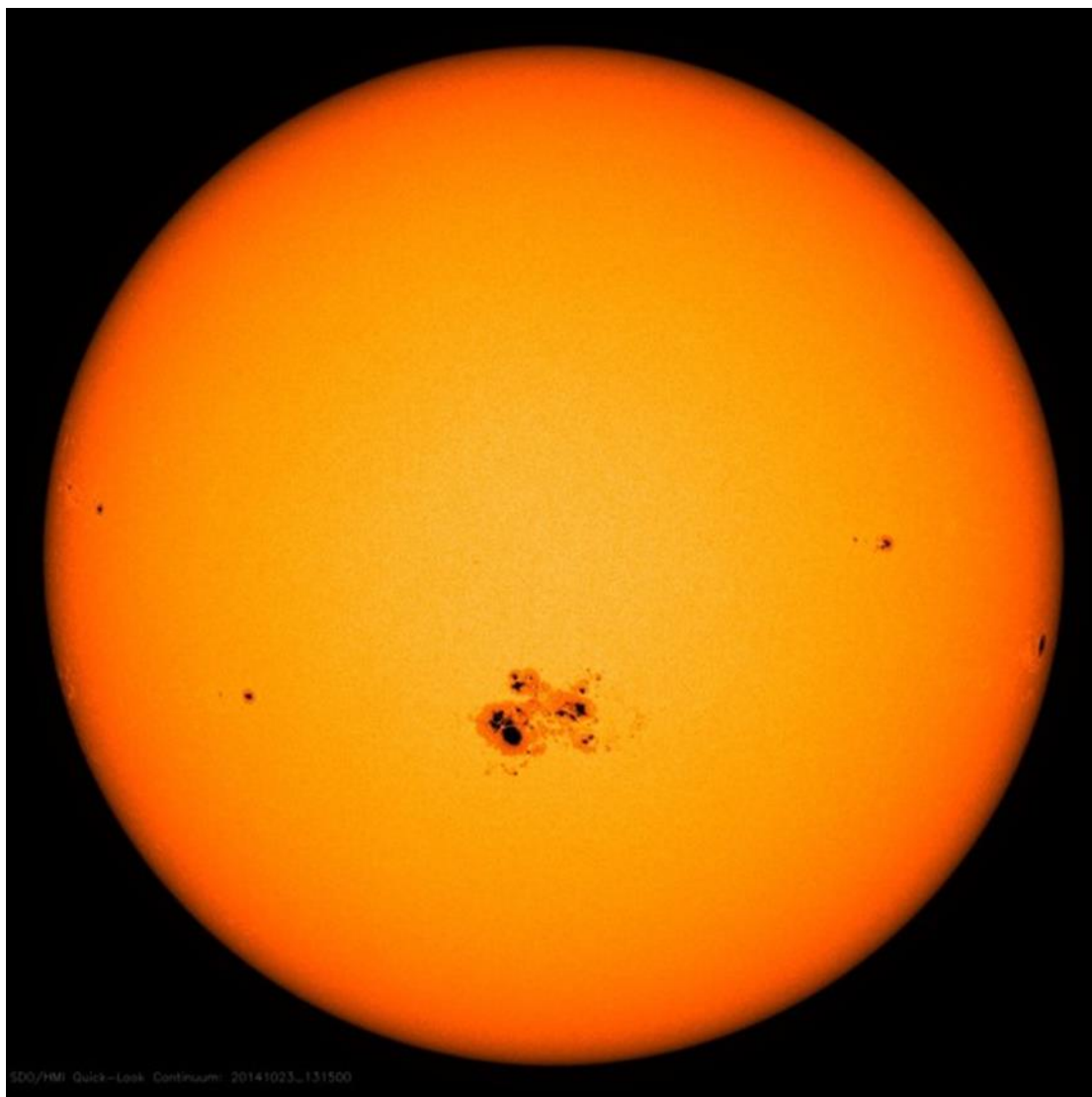
Ηλιακές κηλίδες-εκλάμψεις-καταιγίδες

Για μεγάλο χρονικό διάστημα η ερμηνεία του φαινομένου παρουσίαζε δυσκολίες, ιδιαίτερα όσον αφορά στην αιτία και στο σχηματισμό του. Η πρώτη μερική εξήγηση δόθηκε όταν παρατηρήθηκε συσχετισμός με την περιοδικότητα της ηλιακής δράσης. Όταν αργότερα έγινε δυνατή η μελέτη του Ήλιου με τη βοήθεια του φασματοσκοπίου, διαπιστώθηκε ότι το πολικό σέλας εμφανίζεται μετά την πάροδο πολλών ωρών μετά από μια ηλιακή έκρηξη.¹⁴ Η αιτία του φαινομένου λοιπόν αναζητήθηκε στην ηλιακή ακτινοβολία και γενικότερα στην ηλιακή δραστηριότητα. Ωστόσο, επειδή το ηλιακό φως χρειάζεται πολύ μικρό χρονικό διάστημα για να διανύσει την απόσταση Ηλίου-Γης, η έρευνα στράφηκε στις ατομικές ακτινοβολίες των σωματιδίων που εκτοξεύονται από τον Ήλιο με μικρότερη ταχύτητα, κάνοντας περίπου δύο μέρες για να φτάσουν στη Γη και όχι στην ακτινοβολία που μας στέλνει καθημερινά.

Τέτοια φαινόμενα και έντονα δείγματα ηλιακής δραστηριότητας είναι οι ηλιακές κηλίδες που δημιουργούνται στην επιφάνεια του Ήλιου (εικ.19) και οι ηλιακές

¹⁵ By Jesse Emspak, Northern Lights: 8 Dazzling Facts About Auroras, Live Science Contributor | October 27, 2014

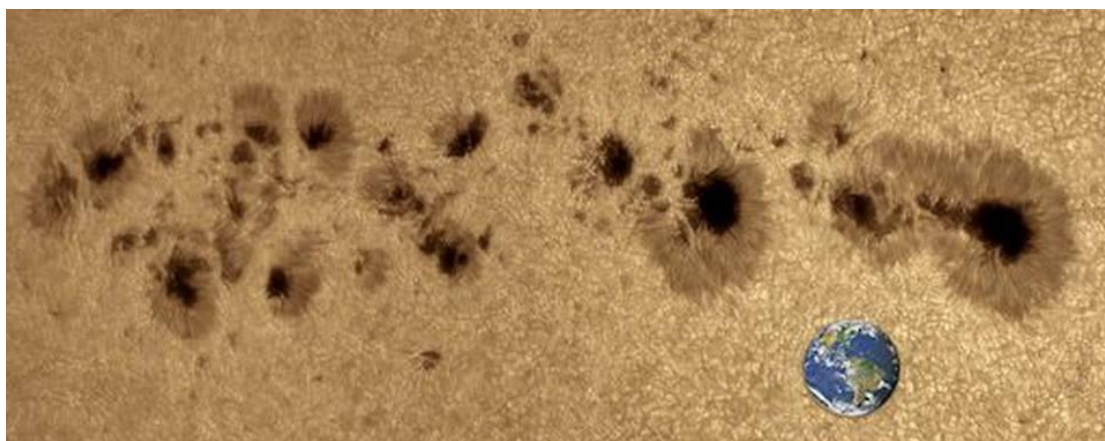
καταιγίδες που προκύπτουν από τις ηλιακές εκλάμψεις. Οι πρώτες είναι αποτέλεσμα της συμπεριφοράς του μαγνητικού πεδίου του Ήλιου και αποτελούν αντικείμενο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, αφού η παρουσία τους επιδρά στα διάφορα γήινα καιρικά φαινόμενα και στις κλιματικές αλλαγές του πλανήτη μας⁸.



Εικ.19 Φωτογραφία που τραβήχτηκε από το διαστημόπλοιο SDO (Solar Dynamics Observatory) μας δείχνει τις ηλιακές κηλίδες που υπάρχουν στην φωτόσφαιρα του ήλιου. (© NASA)

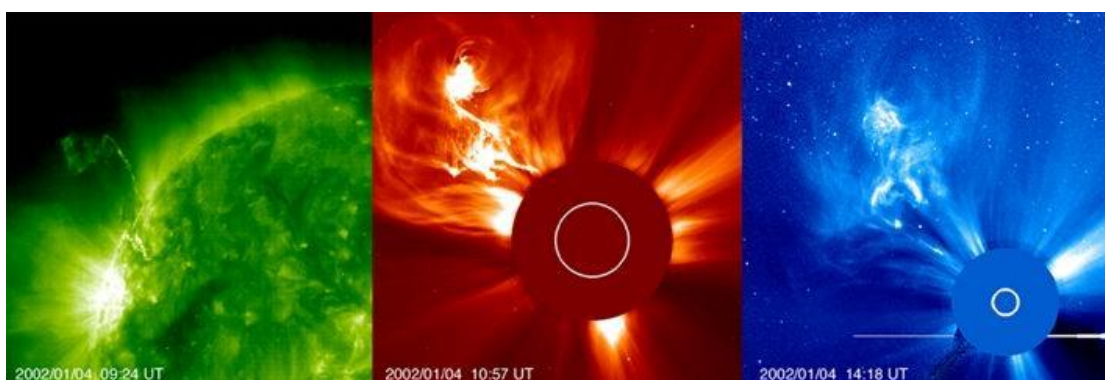
Οι κηλίδες αυτές εμφανίζονται κυρίως στη διάρκεια έντονης ηλιακής δραστηριότητας η οποία επαναλαμβάνεται κάθε 11 χρόνια και η αύξησή της σηματοδοτείται με την εμφάνιση ενός αυξημένου αριθμού των σκοτεινών κηλίδων στην επιφάνειά του Ήλιου που ονομάζεται φωτόσφαιρα και η οποία έχει πάχος 400 περίπου χιλιομέτρων. Στην φωτόσφαιρα επικρατεί θερμοκρασία 6.000 βαθμών Κελσίου ενώ η θερμοκρασία των κηλίδων περιορίζεται στους 4.500 βαθμούς περίπου. Γι' αυτό άλλωστε και είναι σκοτεινές σε σύγκριση με τις θερμότερες γύρω περιοχές. Έχουν μέγεθος που φτάνει

τα αρκετά δισεκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα και εμφανίζονται συνήθως σε ζεύγη ή ομάδες, που δημιουργούν ισχυρά μαγνητικά πεδία^{8,14} (εικ 20).



Εικ.20 Ενδεικτική φωτογραφία γιγάντιας ηλιακής κηλίδας (AR2443) που εκτείνεται σε μήκος 175.000 χλμ. Και καταλαβαίνουμε το μέγεθος της συγκριτικά με τον πλανήτη μας. Η φωτογραφία τραβήχτηκε από τον Philippe Tosi στην Nimes της Γαλλίας, 01 Νοεμβρίου 2015, Chromographics Institute.

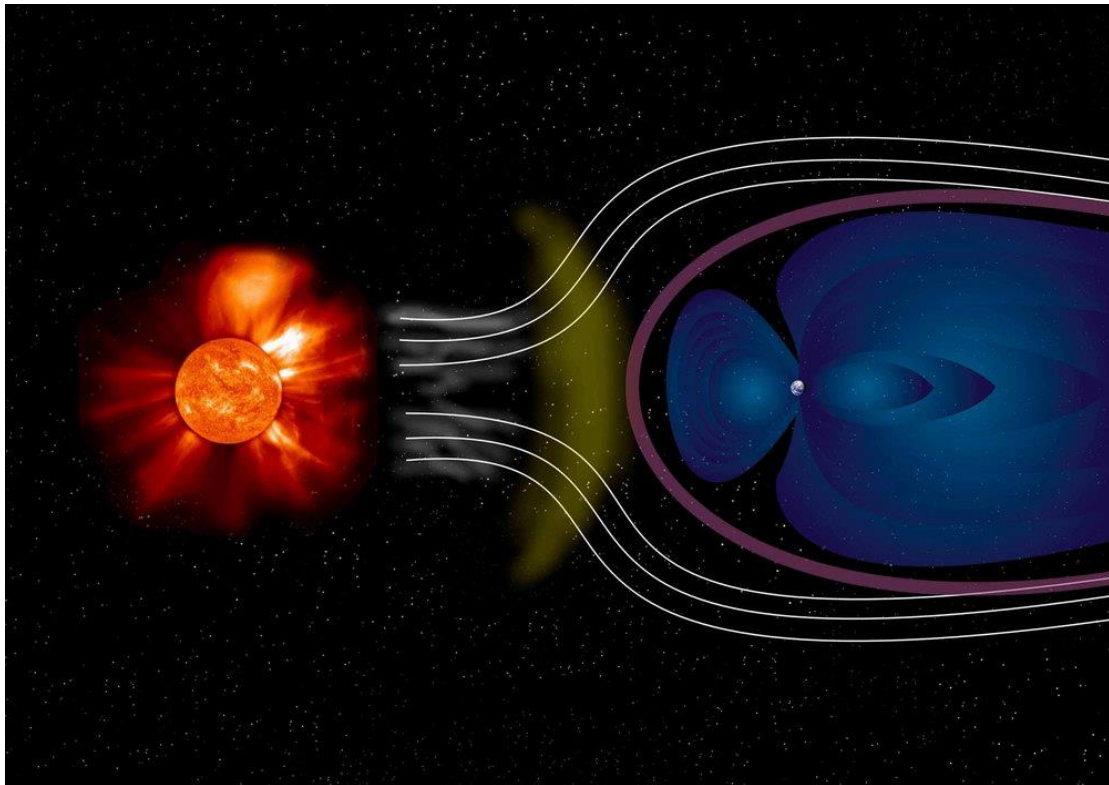
Σε αυτές τις κηλίδες κάποιες φορές συμβαίνει μία από τις βιαιότερες διαταραχές της επιφάνειας του Ήλιου. Είναι οι λεγόμενες ηλιακές εκλάμψεις (εικ 21) και προκαλούνται πολύ έντονα μαγνητικά πεδία αλλά από αλλιά προκαλούνται κιόλας από ισχυρά μαγνητικά πεδία. Τα πυρακτωμένα αέρια των εκλάμψεων εκσφενδονίζονται στο Διάστημα σαν πύρινες γλώσσες με πάρα πολύ έντονη δύναμη σε μορφή πλάσματος που πολλές φορές χάνεται στο διάστημα ακολουθώντας συγκεκριμένες γραμμές μαγνητικών δυνάμεων που σχηματίζονται στα ζευγάρια των ηλιακών κηλίδων. Όλες αυτές οι δραστήριες εκφάνσεις της ηλιακής χρωμόσφαιρας (το κατώτερο στρώμα της ηλιακής ατμόσφαιρας) απελευθερώνουν τεράστια ενεργειακά κύματα φορτισμένων σωματιδίων που εκπέμπονται από τον Ήλιο προς όλες τις κατευθύνσεις και δημιουργούν έτσι τον ηλιακό άνεμο με μέση ταχύτητα που δεν υπερβαίνει τα 400 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο¹⁴.



Εικ.21. Οι ηλιακές καταιγίδες αρχίζουν συνήθως με μια λαμπρή αναλαμπή που ονομάζουμε έκλαμψη (εικόνα αριστερά), που ακολουθείται από μια εντυπωσιακή

εκτίναξη ηλιακής μάζας (μεσαία εικόνα), η οποία ακολούθως απομακρύνεται από τον Ήλιο και χάνεται στο διάστημα (εικόνα δεξιά). (SOHO, ESA & NASA).

Όταν καταφθάνει ο ηλιακός άνεμος στην μαγνητικό περιβάλλον της Γης προκύπτουν και οι μαγνητικές καταιγίδες που χτυπάνε την Γη μας κατά καιρούς. Μετά από ένα ταξίδι 150 εκατομμυρίων χιλιομέτρων τα φορτισμένα αυτά σωματίδια από τον Ήλιο φτάνουν στη Γη μας σε τέσσερις περίπου ημέρες και συγκρούονται με την ισχυρή άμυνα της γήινης μαγνητόσφαιρας, η οποία λειτουργεί σαν ασπίδα ενάντια στον ηλιακό άνεμο και τα φορτισμένα σωματίδια που εκτοξεύονται από τον Ήλιο. Σε αντίθεση με την περίπτωση των πλανητών Αφροδίτης και Άρη που η επίδραση του ηλιακού ανέμου πάνω στην επιφάνεια και την ατμόσφαιρά τους είχε ως αποτέλεσμα την σταδιακή απογύμνωσή τους από τα τεράστια αποθέματα νερού που είχαν. Παρόλα αυτά η ισχύς του ηλιακού ανέμου είναι τέτοια ώστε στην ηλιόλουστη πλευρά της Γης το γήινο μαγνητικό πεδίο συμπιέζεται προς την επιφάνεια της Γης, ενώ στην νυχτερινή πλευρά δημιουργείται μια μακριά μαγνητική ουρά σαν κομήτης που έχει διάμετρο 30-60 γήινων ακτίνων και μήκος χιλιάδων χιλιομέτρων(εικ 22).^{8,14}



Εικ.22. Η άμυνα της γήινης μαγνητόσφαιρας όταν απειλείται από τον ηλιακό άνεμο που προκαλεί έντονες ηλιακές μαγνητικές καταιγίδες και ο σχηματισμός της μαγνητικής ουράς. (© NASA)

(v) Σέλας σε χαμηλότερα πλάτη

Η Ελλάδα βρίσκεται σε σχετικά χαμηλό γεωγραφικό πλάτος (latitude), που κυμαίνεται από 35°00'N έως 42°00'N και σε γεωγραφικό μήκος (longitude) από 19°00'E έως 28°30'E. Άρα είναι επόμενο να μην έχει την τύχη της συχνής θέασης του φαινομένου. Οι περιοχές που βρίσκονται μεταξύ 0° - 30° ονομάζονται ως τα “χαμηλά γεωγραφικά πλάτη ή τροπική ζώνη”. Περιοχές η φαινόμενα που βρίσκονται μεταξύ 30°- 60° Βόρεια και Νότια, αναφέρονται ως τα “μέσα γεωγραφικά πλάτη ή εύκρατη ζώνη”. Οι περισσότερες από τις ευρωπαϊκές χώρες, βρίσκεται εντός των ορίων της ζώνης αυτής συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας¹⁶. Όταν λοιπόν η τύχη ευνοήσει την χώρα μας και η ένταση των μαγνητικών καταιγίδων είναι μεγαλύτερη από ότι συνήθως, αυτό που μπορούμε να δούμε είναι το στατικό κόκκινο σέλας, που είναι τα ανώτερα τμήματά του σέλαος. Γενικότερα το σέλας εμφανίζεται στα χαμηλότερα latitudes (γεωγραφικά πλάτη) με διαφορετικές μορφές από εκείνες που συναντάμε στα βορειότερα¹⁷. Στην περίπτωση μιας μεγάλης ηλιακής έκρηξης προκαλείται ένα πιο "παχύ" δαχτυλίδι-σελαϊκό οβάλ, που γίνεται ορατό και σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, γεγονός ιδιαίτερα σπάνιο αφού για να επιτευχθεί απαιτεί συνδυασμό πολλών παραγόντων. Σε περιπτώσεις κατά την διάρκεια μίας πολύ έντονης ηλιακής καταιγίδας θα πρέπει να δημιουργηθεί ταυτόχρονα μεγάλη γωνία απόκλισης του μαγνητικού και του γεωγραφικού πόλου έτσι ώστε να μετατοπιστεί νοτιότερα το κέντρο του σελαϊκού οβάλ και να είναι δυνατή η θέαση του και σε νοτιότερους λαούς.

Το πιο πρόσφατο παράδειγμα του κόκκινου σέλαος στα ανώτερα τμήματα που είναι ορατά από σχετικά μεγάλες αποστάσεις λόγω της καμπυλότητας της Γης, αποτελεί μία από τις πολύ σπάνιες εμφανίσεις σέλαος στη χώρα μας. Σημειώθηκε τη νύχτα της 20ης Νοεμβρίου του 2003, κατά τη διάρκεια της ισχυρότερης μαγνητικής καταιγίδας των τελευταίων ετών⁸ (εικ.23).

¹⁶ Introducing Geography - 4 Main Categories of Geography. Document by: Gsekkes

¹⁷ J.M.Vaquero – M.Vazquez, The sun recorded through history, SpringerScience+Business Media, Spain 2009 pp 320-321



Εικ. 23 Ένα θέαμα εξαιρετικά σπάνιο: σέλας στην Αττική! Μόνο κατά τη διάρκεια πολύ ισχυρών μαγνητικών καταιγίδων το σέλας είναι ορατό στην Ελλάδα. Το θέαμα αυτό αποθανάτισε ο αστροφωτογράφος Αντώνης Αγιομαμίτης τη νύχτα της 20ης Νοεμβρίου 2003 στην περιοχή του Ωρωπού (τα βουνά που διακρίνονται είναι στην Εύβοια). Ο καθαρός ουρανός ήταν επίσης ευτύχημα, αφού αν υπήρχαν νέφη θα έκρυβαν το σέλας, το οποίο σχηματίζεται σε ύψος από 100 έως 1.000 χιλιόμετρα, δηλαδή 10-100 φορές ψηλότερα από οποιοδήποτε σύννεφο⁸. (© Αντώνης Αγιομαμίτης)

2.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Συνοψίζοντας το σέλας δημιουργείται συνήθως σε ύψος από 80 ως 400χλμ περίπου και οφείλεται σε φορτισμένα σωματίδια υψηλής κινητικής ενέργειας, κυρίως ηλεκτρόνια και πρωτόνια της γήινης μαγνητόσφαιρας τα οποία, ακολουθώντας τις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου της Γης, ιονίζουν με κρούσεις τα αέρια της ανώτερης ατμόσφαιρας (ιονόσφαιρα). Ακολουθεί η επανασύνδεση των ιόντων με ηλεκτρόνια και η εκπομπή φωτός, στο οποίο κυριαρχούν οι φασματικές γραμμές εκπομπής του οξυγόνου και του αζώτου. Το μέγεθός του σέλαος ποικίλλει σημαντικά σε διαφορετικές περιπτώσεις αφού και το μαγνητικό πεδίο της Γης είναι μεταβλητό. Παρουσιάζεται κυρίως στους βόρειους ουραμούς με διάφορα σχήματα και χρώματα ανάλογα με το ύψος δραστηριότητας του, αλλά και τα στοιχεία της γήινης ιονόσφαιρας που έρχονται σε επαφή με τα ηλεκτρόνια του ηλιακού ανέμου.

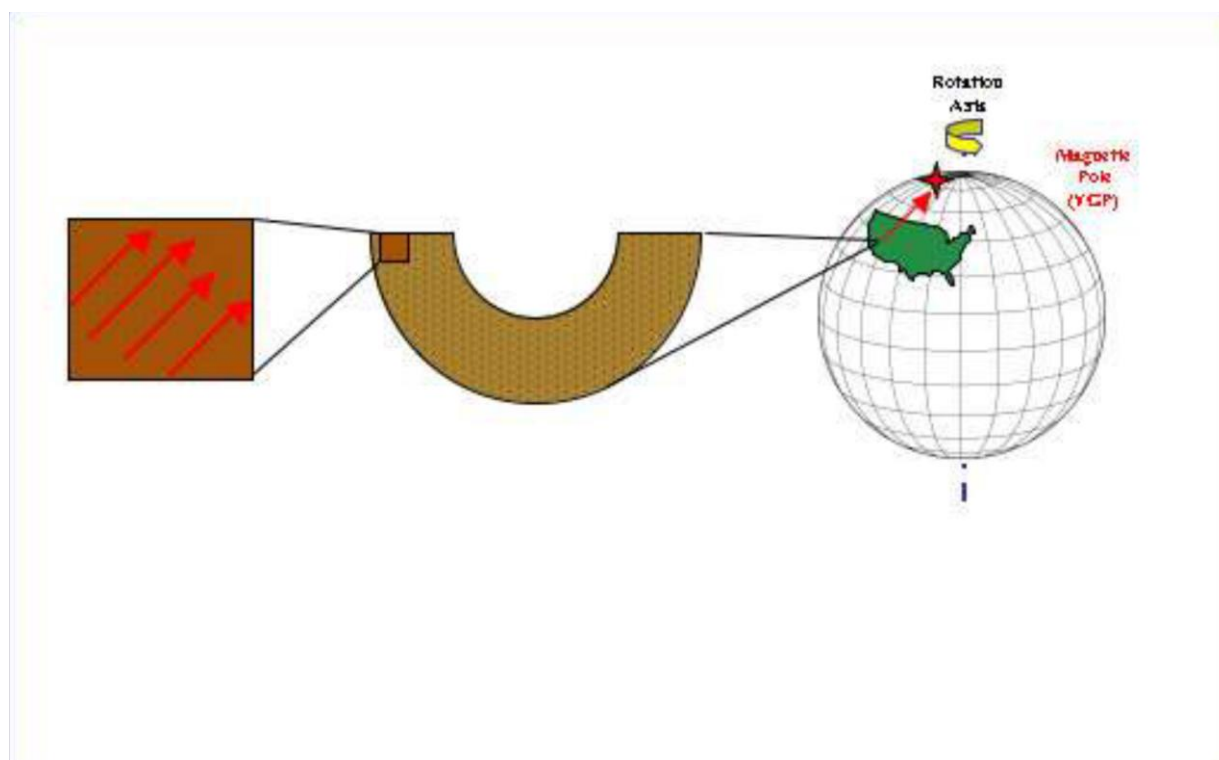
Οι εξάρσεις του φαινομένου παρατηρούνται συχνά, δύο περίπου ημέρες μετά από ισχυρές ηλιακές εκλάμψεις, οπότε η πυκνότητα και η ταχύτητα των σωματιδίων του ηλιακού ανέμου που φτάνουν στην περιοχή της Γης αυξάνουν κατά πολύ την πίεση του μαγνητικού πεδίου και διεγείρουν τη μαγνητόσφαιρα. Το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα έντονο όταν το μαγνητικό πεδίο του ηλιακού ανέμου έχει συνιστώσα προς το νότο, ευνοώντας με αυτό τον τρόπο τη δημιουργία γεωμαγνητικών καταιγίδων και την εμφάνιση σέλαος. Επειδή οι ηλιακές εκλάμψεις εκδηλώνονται στα κέντρα δράσης της επιφάνειας του Ήλιου, είναι φανερό ότι η συχνότητα της εμφάνισης του σέλαος σχετίζεται με την 27-ήμερη περίοδο περιστροφής του Ήλιου, καθώς και με την 11-ετή περίοδο δράσης του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΡΧΑΙΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Οι μέθοδοι χρονολόγησης διακρίνονται σε σχετικές και σε απόλυτες. Η απόλυτη χρονολόγηση προκύπτει από την μέτρηση ενός γυσικού μεγέθους όπως είναι ο ρυθμός ραδιενεργού διάσπασης, ο ρυθμός ακτινοβόλησης, ο ρυθμός ενυδάτωσης του υλικού και άλλα, χωρίς υποκειμενικά-ανθρώπινα κριτήρια. Ο Αρχαιομαγνητισμός ή Παλαιομαγνητισμός είναι μία μέθοδος απόλυτης χρονολόγησης που μετράει τις αλλαγές του γήινου μαγνητικού πεδίου και πιο συγκεκριμένα την ένταση, την έγκλιση (I) και την απόκλιση (D) του αρχαιομαγνητικού πεδίου. Τα κατάλληλα υλικά-αντικείμενα μελέτης και μέτρησης για την μέθοδο αυτή, αποτελούν τα κεραμικά, ο ψημμένος πηλός και κυρίως οι σταθερές δομές κεραμικών όπως οι κλίβανοι. Τα ψημμένα αρχαιολογικά υλικά αποτυπώνουν τις μεταβολές του γεωμαγνητικού πεδίου του παρελθόντος^{18,19,20} (εικ. 24).



¹⁸ Eighmy, Jeffery, Sternberg, Robert (editors) (1990). "Archaeomagnetic Dating." Tucson: The University of Arizona Press

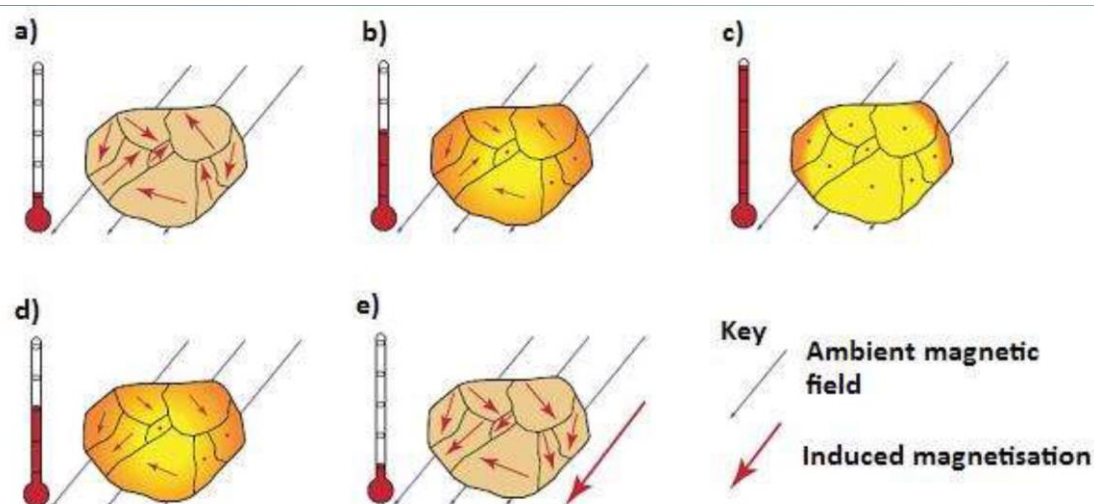
¹⁹ Robert F. Butler (1992). "Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes." Boston: Blackwell Scientific Publications

²⁰ Λυριτζής Ι (1994) Αρχαιομετρία. Μέθοδοι χρονολόγησης στην αρχαιολογία. 2η εκδ Καρδαμίτσα, Αθήνα, (Κεφ.5)

Εικόνα 24. Μαγνήτιση αρχαιομαγνητικού δείγματος το οποίο βρέθηκε σε συγκεκριμένη αρχαιολογική τοποθεσία και μετά από τις εργαστηριακές μετρήσεις μας έδειξε την κατεύθυνση του τότε μαγνητικού πεδίου και δημιούργησε τον VGP. (Statistical Research INC.)

3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Πιο αναλυτικά οι μεταβολές καταγράφονται στα σιδηρομαγνητικά υλικά (ορυκτά) που εμπεριέχει ο πηλός κατά την διάρκεια της θέρμανσής τους (ψήσιμο > 400 βαθμών Κελσίου). Ο αιματίτης (Fe_2O_3), ο μαγνητίτης (Fe_3O_4) και άλλα σιδηρομαγνητικά ορυκτά που αποτελούν περίπου το 5% της σύστασης των κεραμικών ευθύνονται για την καταγραφή του προσανατολισμού και της ισχύος του γήινου μαγνητικού πεδίου της εποχής. Άψητα έχουν μηδενική τιμή μαγνήτισης λόγω τυχαιότητας προσανατολισμού^{18,19,20} (εικ.25)



Εικόνα 25. Το σχέδιο (α) έως (γ) δείχνει πώς είναι η διαδικασία θέρμανσης ενός δείγματος πάνω από τη θερμοκρασία Curie που προκαλεί την απομάκρυνση των μαγνητικών σωματιδίων μέχρι να μην υπάρχει καθαρή μαγνήτιση. Καθώς το υλικό ψύχεται πίσω από τη θερμοκρασία Curie, τα μαγνητικά σωματίδια επαναπρογραμματίζονται σε μια κατεύθυνση που είναι κοντά στο επικρατούμενο μαγνητικό πεδίο, όπως φαίνεται στα (δ) και (ε), με αποτέλεσμα την καθαρή μαγνήτιση μέσα στο δείγμα. (© Paul Linford, English Heritage)

Τα μαγνητικά σωματίδια του υλικού κινούνται ελεύθερα και ευθυγραμμίζονται με το παρών μαγνητικό πεδίο με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που λειτουργεί και μια πυξίδα. Τα σιδηρομαγνητικά υλικά πολώνονται στον σύγχρονό τους βόρειο και νότιο μαγνητικό πόλο και έτσι μαρτυρούν την κατάσταση της εποχής τους. Αυτό διότι το μαγνητικό πεδίο κρατά και "κλειδώνει" τον συγκεκριμένο χρόνο θέρμανσης – θερμοπαραμένουσα μαγνήτιση TRM/ChRM. Το παραπάνω γεγονός χρονολογείται ως η τελευταία θέρμανση του υλικού πριν από την επακόλουθη ψύξη του. Επομένως μετά την ψύξη του, κάτω από το σημείο Curie (575°C), έχει καταγραφεί η μαγνητική ροπή του υλικού στην κατεύθυνση του τοπικού μαγνητικού πεδίου ακριβώς την χρονική

στιγμή της θέρμανσής του. Η ιδιότητά του αυτή μας μαρτυρά την κατάσταση του μαγνητικού πεδίου εκείνη την δεδομένη στιγμή και δεν χάνεται ούτε αλλοιώνεται με την πάροδο των αιώνων, παρά μόνο στην περίπτωση ενδεχόμενης επαναληπτικής θέρμανσης στο μέλλον^{18,19,20}.

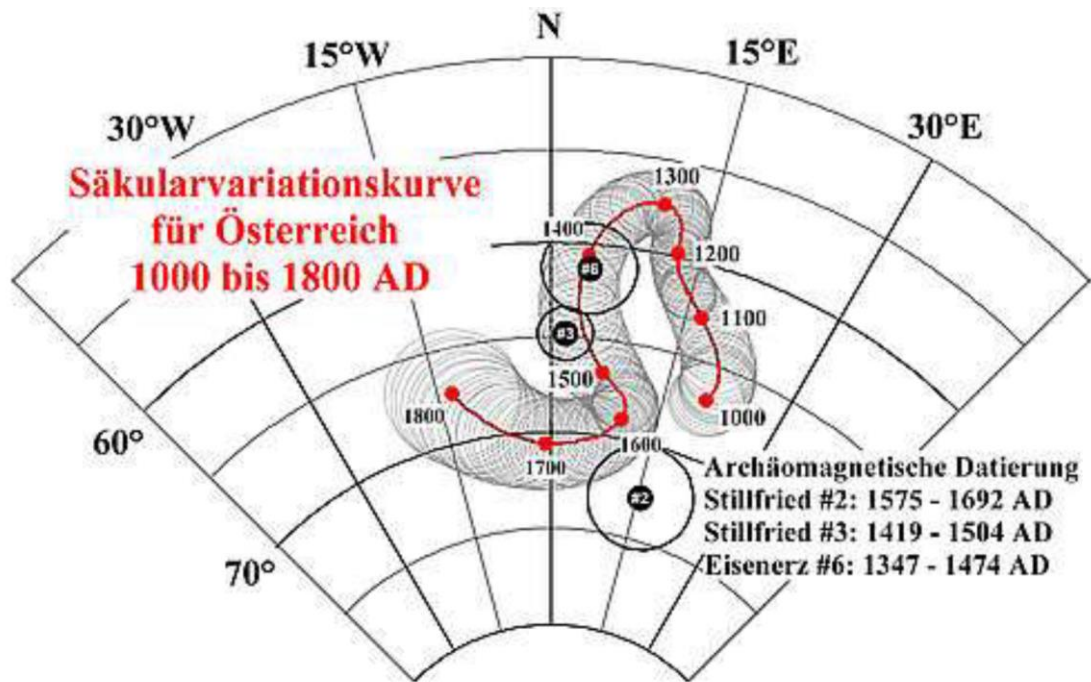
Τα στοιχεία των παλαιομαγνητικών μεταβολών δηλαδή η διεύθυνση (I,D) και η ένταση του πεδίου σε συγκεκριμένο τόπο και χρόνο βοηθούν στην χρονολόγηση υλικών αλλά ακόμα και στην χρονολόγηση γεωμαγνητικών αναστροφών πόλων ειδικά σε συνδυασμό και με άλλες τεχνικές (όπως για παράδειγμα οι ραδιενεργές μέθοδοι=ραδιάνθρακας και θερμοφωταύγεια). Ακόμη μέσω της μεθόδου του αρχαιομαγνητισμού, διαπιστώνεται η αυθεντικότητα των κεραμικών όπως και η επαναληπτική θέρμανση τους σε περίπτωση που ξαναψήθηκαν ή θερμάνθηκαν σε θερμοκρασία μικρότερης της αρχικής^{18,19,20}.

3.3 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Στο εργαστήριο γίνονται διαδοχικές θερμάνσεις του υλικού με συνεχώς οριακά αυξανόμενη αύξηση της θερμοκρασίας και ταυτόχρονη μέτρηση της μαγνήτισης με μαγνητόμετρο. Έχοντας το υλικό ήδη "μαρτυρήσει" τις τιμές του μαγνητικού πεδίου στο χρόνο(στιγμή) και τον τόπο(θέση) την τελευταία φορά θέρμανσής του στο παρελθόν, μπορούμε να συγκρίνουμε τις τιμές που προέκυψαν από τις μετρήσεις μέσα στο εργαστήριο και έτσι να υπολογίσουμε την χρονική διάρκεια από την τελευταία θέρμανση μέχρι την θέρμανση του εργαστηρίου σήμερα. Στα σημαντικά και πρακτικά πλεονεκτήματα της μεθόδου συγκαταλέγεται το μηδενικό κόστος εφόσον υπάρχει ερευνητικό ενδιαφέρον. Απο την άλλη τα κύρια προβλήματα που μπορεί να προκύψουν οφείλονται σε διάφορους λόγους όπως οι ορυκτολογικές αλλοιώσεις, η διάβρωση των υλικών, η μη κανονική διάταξη-τοποθέτηση(όρθια) των κεραμικών, ο ρυθμός πτώσης της θερμοκρασίας τους, τα μαγνητικά πεδία αλλοίωσης, σπανιότερα η πτώση κεραυνών και τέλος η μετακίνηση των δειγμάτων^{18,19,20}.

3.4 ΑΡΧΑΙΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΒΟΡΕΙΟ ΣΕΛΑΣ

Η ανάπτυξη της αρχαιομαγνητικής χρονολόγησης απαιτεί εμπειρογνωμοσύνη τόσο από τις φυσικές επιστήμες όσο και από την επιστήμη της αρχαιολογίας⁹. Το μαγνητικό πεδίο της Γης στο παρελθόν μπορεί να καταγραφεί μέσω ψημμένων αρχαιολογικών υλικών ή και ιζημάτων. Οι ημερομηνίες των υλικών μπορούν να καθοριστούν συγκρίνοντας το γεωμαγνητικό τους αρχείο με μια καταγεγραμμένη καταγραφή αλλαγών στο γεωμαγνητικό πεδίο με την πάροδο του χρόνου, γνωστή ως η καταγραφή της κοσμικής μεταβολής (SV)(εικ.26)



Εικόνα 26. Καθιέρωση της αρχαιομαγνητικής χρονολόγησης στην Αυστρία - Σχέδιο FWF M787-N11 (2004 - 2006). Ο κύριος στόχος του έργου ήταν η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων για μια αρχαιομαγνητική κοσμική καμπύλη μεταβολής της Αυστρίας που θα καλύπτει τα τελευταία 4000 χρόνια και θα συλλέγει επίσης τιμές έντασης για αυτό το χρονικό διάστημα. Χρησιμοποιώντας την αρχαιομαγνητική καμπύλη βαθμονόμησης για την Αυστρία που δημιουργήθηκε σε αυτό το έργο, μπορούν να πραγματοποιηθούν αρχαιομαγνητικές χρονολογίες εντός των τελευταίων 2300 ετών. Αυτή η μέθοδος για τη χρονολόγηση επιτόπιων ευρημάτων, όπως φούρνοι, είναι τώρα διαθέσιμη στην αρχαιολογία. (geophysik.unileoben.ac.at , Montan Universitat)

Με την συσχέτιση των αρχαιομαγνητικών δεδομένων και των καταγραφών σέλαος μπορούμε μερικές φορές να αμφισβητήσουμε την αξιοπιστία ορισμένων δημοσιευμένων αρχαιομαγνητικών κατευθύνσεων και έτσι να επανεξετάσουμε την αποδίδουσα ηλικία των μετρηθέντων υλικών. Οι κατευθύνσεις του μαγνητικού πεδίου μπορούν να εκπροσωπούνται από τις αντίστοιχες θέσεις εικονικού πόλου, υπολογιζόμενες υποθέτοντας ένα γεωκεντρικό διπολικό (αλλά όχι αξονικό) γεωμαγνητικό πεδίο. Οποιαδήποτε θέση πόλου που υπολογίζεται από μία μόνο παρατήρηση της κατεύθυνσης του γεωμαγνητικού πεδίου ονομάζεται εικονικός γεωμαγνητικός πόλος (VGP) όπως αναφέραμε και πιο πριν. Με αυτό το μοντέλο, η έγκλιση (I) και η απόκλιση (D) για μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή γεωγραφικού πλάτους (SITElat) και γεωγραφικού μήκους (SITElong) σχετίζεται άμεσα με τη γωνιακή απόσταση από τον γεωμαγνητικό πόλο.

Από την τοποθεσία λοιπόν που μαγνητίστηκε το υλικό μελέτης αφού βρίσκεται σε συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος και γεωγραφικό μήκος, μπορεί να προσδιοριστεί το γεωγραφικό πλάτος (VGPlat) και το γεωγραφικό μήκος (VGPlong) του εικονικού πόλου με τις εξισώσεις (1) και (2) και το μαγνητικό συν-γεωγραφικό πλάτος (θ_m) και

η απόσταση γωνιακού μεγάλου κύκλου μεταξύ του σημείου παρατήρησης και του VGP⁹.

Με 2 βασικές εξισώσεις υπολογίζουμε το μήκος και το πλάτος του εικονικού γεωμαγνητικού πόλου, έτσι ώστε να επιβεβαιώσουμε ή διαψεύσουμε φαινόμενα που έχουν καταγραφεί να μοιάζουν με σέλας ανά τους αιώνες. Μέσα από την μέθοδο του Αρχαιομαγνητισμού όπως έχουμε προαναφέρει, αντλούμε πληροφορίες σχετικά με την έγκλιση και απόκλιση του μαγνητικού πεδίου της περιοχής και της εποχής που ερευνούμε. Στη συνέχεια γνωρίζοντας τις γεωγραφικές συντεταγμένες (SITElat, SITElong), το θ_m (co-latitude), και έχοντας τα υπολογισμένα I και D, μπορούμε να υπολογίσουμε με τα συνημίτονα (cos) και τα ημίτονα (sin) τους \Rightarrow την θέση του VGP (με το εκάστοτε σφάλμα)⁹

$$(1) VGPlat = \sin^{-1}(\sin(SITElat)\sin\theta_m + \cos(SITElat)\cos\theta_m \cos D)$$

Και

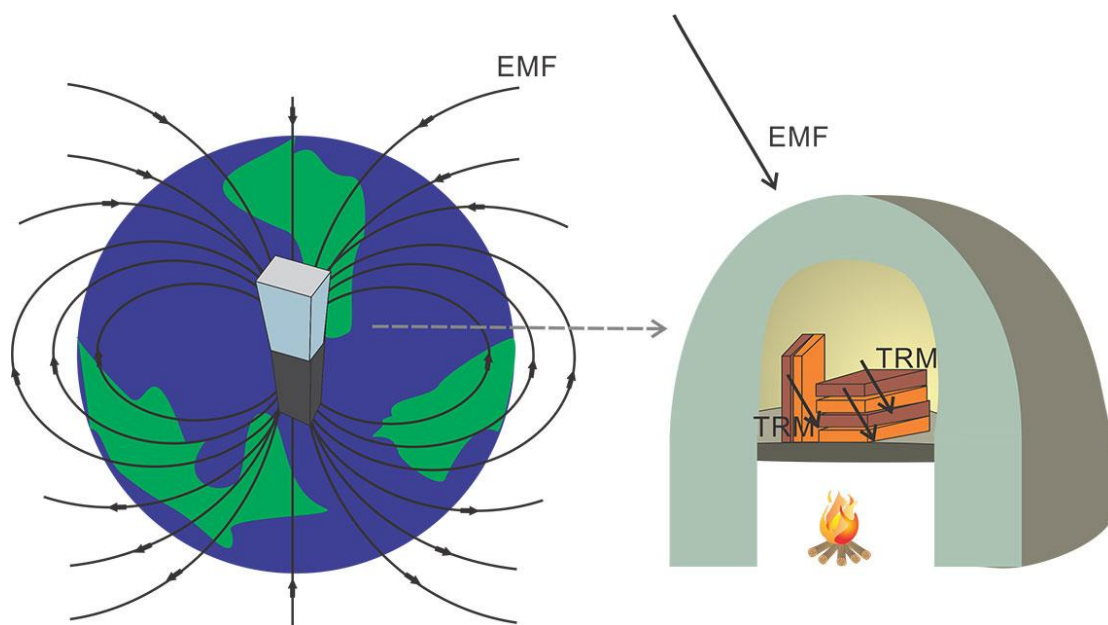
$$(2) VGPlong = SITElong + \sin^{-1}\left(\frac{\cos\theta_m \sin D}{\cos(VGPlat)}\right)$$

Αν το αποτέλεσμα είναι περίπου ίδιες μοίρες (υπολογισμένο με -30 που είναι η μέγιστη ακτίνα σε μοίρες του σελαϊκού οβάλ από τον VGP) με την θέση που ερευνούμε τότε είναι πολύ πιθανόν τα καταγεγραμμένα φώτα που στόλιζαν τον αρχαίο ουρανό να είναι σέλας. Σε διαφορετική περίπτωση αν δεν διαπιστώνεται μετατόπιση του γεωμαγνητικού πόλου υπολογίζοντας τον εικονικό, σημαίνει ότι αυτό που καταγράφηκε ίσως ήταν κάποια πτώση μετεωρίτη ή τα φώτα μιας έντονης ηλιακής καταιγίδας.

3.5 ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ VGPs.

Για τον προσδιορισμό της θέσης του γεωμαγνητικού πόλου, απαιτούνται συνολικά κατανεμημένες παρατηρήσεις για την "μέτρηση" του μη-διπολικού πεδίου. Αυτή είναι η θέση του πόλου ενός γεωκεντρικού διπόλου που μπορεί να υπολογίσει την παρατηρούμενη κατεύθυνση μαγνητικού πεδίου σε μία θέση και σε ένα χρονικό σημείο. Αν τα VGPs προσδιορίζονται από πολλές κατανεμημένες σε παγκόσμια κλίμακα παρατηρήσεις του παρόντος γεωμαγνητικού πεδίου, τότε αυτές οι VGPs είναι διασκορπισμένες ως «θόρυβος σημάτων» για τον παρόντα γεωμαγνητικό πόλο. Στον παλαιομαγνητισμό, η κατεύθυνση της μέσης χαρακτηριστικής θέσης της θερμοπαραμένουσας μαγνήτισης (TRM) είναι μια καταγραφή της κατεύθυνσης του γεωμαγνητικού πεδίου στο παρελθόν στη θέση δειγματοληψίας κατά τη διάρκεια του (ιδανικά βραχείας) χρονικής περιόδου κατά την οποία αποκτήθηκε η TRM (εικ.27).

Η έγκλιση και η απόκλιση μπορούν να υπολογιστούν και να καταγραφούν σε ένα κοινό σημείο (κέντρο της Κίνας (35° N 105° E) ή Πεκίνο ~ (40° N, 116° E) για τα κινεζικά αρχεία · Ρώμη ~ (42° N, 12,5° E) και Χαλκιδική, Βόρεια Ελλάδα (~41° N) για μεσογειακά αρχεία)⁹.



Είκ.27 Η μαγνήτιση των κεραμικών σύμφωνα με την ένταση, την έγκλιση και την απόκλιση του γήινου μαγνητικού πεδίου (EMF) μέσω μετρήσεων της θερμοπαραμένουσας μαγνήτισης (TRM) η οποία συμβαίνει σε ένα ομογενές σύνολο κεραμικών κατά τη διάρκεια και αφού ψηθούν μέσα στον κλίβανο. (<http://www.viaduct-diadrasis.net>)

Οι υπολογισμοί αυτοί δίδονται σε μια πρώτη προσέγγιση και διόρθωση των σημερινών κατευθύνσεων του γεωμαγνητικού πεδίου σε μια περιοχή που δεν υπερβαίνει τα 750 x 750 χλμ² και παρουσιάζει διαφορές μικρότερες από 1° τόσο σε I όσο και σε D σε κεντρική θέση. Μεγάλα σφάλματα (λίγων βαθμών) θα προκύψουν για ευρύτερες περιοχές, καθώς η διόρθωση προϋποθέτει ότι για οποιαδήποτε τέτοια περιοχή ο γεωμαγνητικός πόλος αντιστοιχεί σε ένα γεωκεντρικό δίπολο.

Συνοψίζοντας οι "πόλοι"(VGPs) μπορούν να υπολογιστούν τυπικά από οποιαδήποτε παρατηρούμενη κατεύθυνση πεδίου, είτε οφείλεται αποκλειστικά σε ένα γεωκεντρικό δίπολο είτε όχι. Αν υπάρχουν μη διπολικά συστατικά, οι εικονικοί γεωμετρικοί πόλοι που υπολογίζονται σε διαφορετικές τοποθεσίες δεν θα συμπίπτουν κατά κοινή ομολογία και η διασπορά τους μπορεί να ληφθεί ως μέτρο απόκλισης του παρατηρούμενου πεδίου από ένα ιδανικό πεδίο διπόλου⁹. Στην πράξη η θέση των VGPs από διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη και τον ίδιο χρόνο παρουσιάζει μια τάξη μεγέθους θορύβου σήματος που αναμένεται για τον προσδιορισμό των μέσων πόλων από την αρχαιομαγνητική μέθοδο.

Για τον προσδιορισμό της θέσης του γεωμαγνητικού πόλου, απαιτούνται συνολικά κατανεμημένες παρατηρήσεις για την "μέτρηση" του πεδίου *non-dipole*, έτσι ώστε να υπολογίσουμε ορθότερα τις τιμές του μαγνητικού πεδίου. Μια παρατήρηση της κατεύθυνσης του μαγνητικού πεδίου σε μία μόνο θέση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί επειδή η παρατηρούμενη κατεύθυνση θα μπορούσε γενικά να επηρεαστεί από το μη διπολικό πεδίο. Επομένως, μια θέση πόλων που υπολογίζεται βάσει μιας μόνο παρατήρησης σε μια συγκεκριμένη θέση δεν αναμένεται να συμπίπτει με το γεωμαγνητικό πόλο. Τα μη διπολικά υλικά-εργαλεία μπορούν σίγουρα να προκαλέσουν μεγάλα σφάλματα στον προσδιορισμό του πραγματικού πόλου. Δεδομένου ότι υπήρχαν σπάνια αρχαιομαγνητικά κατευθυντικά δεδομένα για ορισμένες περιόδους, χρησιμοποιήσαμε αναπόφευκτα τα μόνα κατάλληλα, τα οποία δεν ήταν πολλά και περιόρισαν τον μοχλό ακρίβειας⁹.

3.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι παγκόσμιες ανακατασκευές γεωμαγνητικού πεδίου που καλύπτουν τις προηγούμενες χιλιετίες βασίζονται σε μαγνητικές πηγές δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των αρχαιομαγνητικών αντικειμένων, των πρώιμων ροών λάβας και των ιζημάτων. Η μαγνητοποίηση των σιδήρομαγνητικών υλικών κατευθύνεται προς το μαγνητικό πεδίο περιβάλλοντος και είναι ανάλογη της έντασής του όταν ψύχεται κάτω από τη θερμοκρασία Curie, δηλαδή τη χαρακτηριστική θερμοκρασία πάνω από την οποία ένα άλλο μαγνητικό υλικό χάνει την παραμένουσα μαγνήτιση. Στην πραγματικότητα, τα μαγνητικά σωματίδια στα ιζήματα προσανατολίζονται κατά μήκος των γραμμών πεδίου περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της εναπόθεσης και τελικά δεσμεύονται στα ιζήματα κατά τη διάρκεια της ταφής αλλά και της διαγέννησης. Έτσι έχουμε την δυνατότητα ως συγχρονοι επιστήμονες να ανακαλύψουμε και μετρήσουμε τις τιμές του μαγνητικού πεδίου που καταγράφονται και αποθηκεύονται στα αντικείμενα έρευνάς μας. Κατ'έκταση να προσπαθήσουμε να ανακατασκευάσουμε το πρόσφατο αρχαίο μαγνητικό πεδίο και να κατανοήσουμε τα φαινόμενα της μαγνητόσφαιρας που συνέβησαν ή εικάζεται ότι συνέβησαν τους αιώνες που μελετάμε όπως είναι το Βόρειο Σέλας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

ΑΡΧΑΙΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ - ΚΑΤΑΛΟΓΟΙ ΣΕΛΑΩΝ ΒΑΣΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Βόρειο σέλας παρατηρήθηκε στον νοτιότερο Δυτικό ουρανό και καταγράφηκε σχεδόν αποκλειστικά από λαούς της λεκάνης της Μεσογείου. Θα ήταν χρήσιμο να αναφερθούν τα εύκολα ορατά χαρακτηριστικά των σύγχρονων *aurogae* έτσι ώστε να μπορούν να συζητηθούν τα ιστορικά. Υπάρχουν τρεις βασικές μορφές⁵:

- (1) μορφές όπως τόξα, ζώνες και λάμπεις.
- (2) ακτινογραφικές μορφές, όπως κουρτίνες και κορώνες.
- (3) φλεγόμενο *aurogae*.

Επίσης, παρατηρείται μερικές φορές ταχεία κίνηση παλμών ή κυματισμών. Σε χαμηλά γεωμαγνητικά γεωγραφικά πλάτη, οι συνηθισμένες μορφές είναι αρκετά απλές και παρουσιάζουν μικρή ή καθόλου κίνηση. Το πιο συχνά παρατηρούμενο χρώμα είναι κόκκινο ή υπόλευκο ή άσπρο. Η μέση εμφάνιση των ερυθρών χρωμάτων είναι περίπου μία ανά δεκαετία, αν και στην Ιταλία οι εμφανίσεις είναι μερικές φορές περισσότερες απ' ό,τι στην Ελλάδα. Οι εμφανίσεις του σέλαος σε αυτά τα γεωγραφικά πλάτη δεν έχει μεγάλη απόκλιση από το μέγιστο χρόνο του κύκλου της ηλιακής δραστηριότητας που είναι 11 έτη. Βέβαια σε αυτό το σημείο να αναφερθεί ότι οι αρχαίες αστικές αναφορές για το σέλας είναι ασαφείς, λίγες και παρουσιάζουν σημαντικές δυσκολίες ερμηνείας. Σκοπός είναι να εντοπιστούν όσο γίνεται περισσότερες από αυτές τις αναφορές ώστε να καταλάβουμε τί παρατηρούσαν οι νότιοι ευρωπαϊκοί λαοί στον αρχαίο ουρανό τους. Ένας τεκμηριωμένος κατάλογος αρχαίων αστρονομικών εκθέσεων έχει καταρτιστεί για το σκοπό αυτό και κατηγοριοποιεί τις εμφανίσεις των ασυνήθιστων ουράνιων φώτων ανάλογα με τις περιγραφές τους. Εδώ παρουσιάζω έναν πίνακα (εικ.28) που καταγράφει χρονολογία εμφάνισης και αρχικά χαρακτηρισμού (τα οποία παραθέτω παρακάτω) σχετικά με την συγκεκριμένη δραστηριότητα στο μακρινό παρελθόν σε νότια ευρωπαϊκά γεωμαγνητικά πλάτη. Οι κατηγορίες των περιγραφών αναλύονται στην εικόνα 28 με την πιθανότητα πάντα ότι μπορεί να συγχέονται περιστασιακά και με φαινόμενα όπως :Κομήτες, μετεωρίτες ή κ.α. που δεν είχαν καμία σχέση με το σέλας ²¹.

²¹ Stothers R. , Solar Activity Cycle during Classical Antiquity , Astron.Astrophys (1979) vol.77 , EDP Sciences , pp 121-127

Year	Category	Year	Category	Year	Category
		BC 166	NS, BR	BC 95	MR
BC 467	SF, B	163	SF, NS, MR	94	SF
373	B, T	162	SF	93	X, SF
349	X, BR, SF	147	SF	92	MR
344	X, SF, T	134	NS, BR	91	X, BR
223	SF, NS	130	MR	63	SF, B, K
217	X, SF	128	BR	49	SF, BR
214	BR	125	MR	48	B, P
209	MR	124	MR	42	SF, NS
206	NS	118	MR	32	T
204	NS	117	MR	BC 17	T
200	SF	114	BR, MR	AD 9	SF, P, K
198	SF	113	SF, NS	14	SF, BR, K
197	NS	111	MR	50	SF
183	BR	108	MR	54	BR
181	BR	106	BR, MR	76	K
172	BR	104	BR, MR	196	SF
169	SF	102	NS, BR	333	SF

Εικ.28 Πίνακας με χρονολογία και χαρακτηρισμό εμφάνισης ανα κατηγορία Βόρειου Σέλαος σε νότια ευρωπαϊκά γεωμαγνητικά πλάτη.

SF = Sky Fire (Ουράνια φωτιά) , B = Beams (Δοκοί) , T = Torches (Δάδες) ,
X = Chasms (Χάσματα) , BR = Blood Rain (Βροχή αίματος) ,
NS = Night Suns (Νυκτερινή ηλιοφάνεια) , MR = Milk Rain (Βροχή γάλακτος) ,
K = Comets (Κομήτες) τύπου σέλαος , P = Pillars (Κολώνες).
(Stothers .R , 1979)

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε αντίστοιχους αλλά πιο συγκεκριμένους γεωγραφικά πίνακες περιγραφών εμφάνισης του φαινομένου, που βασίζονται σε ιστορικές πηγές από την Ιβηρική χερσόνησο αλλά και την περιοχή της Βαβυλωνίας.

4.2 ΙΣΠΑΝΙΑ

Διάφορα ιστορικά αραβικά έγγραφα (πηγές) παρέχουν πληροφορίες για καταγραφές της ηλιακής δραστηριότητας και πρέπει να ερμηνευτούν με προσοχή, αφού περιλαμβάνουν τις πρώιμες παρατηρήσεις πιθανών aurogae και πιθανών ηλιακών κηλίδων. Οι πολιτισμοί των Ρωμαίων, των Αράβων και της Ισπανικής Αυτοκρατορίας στον 16ο αιώνα έχουν αφήσει μια πλούσια ιστορική γραπτή κληρονομιά στην Ιβηρική Χερσόνησο.

Δύο Aurogae borealis που παρατηρήθηκαν σε μικρά γεωγραφικά πλάτη από Άραβες τον 9^ο και 10^ο αιώνα παρουσιάζονται. Αυτές οι δύο καταγραφές όπως αναφέρθηκαν από τους Vaquero και Gallego (2001), δείχνουν το ενδιαφέρον των επιστημόνων και παρατηρητών της εποχής που έζησαν στην Ιβηρική Χερσόνησο και στο βόρειο τμήμα της Αφρικής για την ηλιακή-χερσαία φυσική. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με την παρατήρηση των aurogae κατά τα έτη 880 μ.Χ. και 942 μ.Χ.

που καταγράφηκαν από τους Άραβες στην Ιβηρική Χερσόνησο και το βόρειο τμήμα της Αφρικής²².

Ο αραβικός πολιτισμός έφτασε στην Ιβηρική Χερσόνησο στις αρχές του 8ου αιώνα από το βόρειο τμήμα της Αφρικής και έμεινε οριστικά σε αυτήν στα τέλη του 15ου αιώνα. Τα αστρονομικά και γεωφυσικά φαινόμενα που καταγράφηκαν από τους Άραβες της Ιβηρικής Χερσονήσου και του βόρειου τμήματος της Αφρικής έχουν εξεταστεί ελάχιστα μέχρι σήμερα. Ο Francisco Codera ήταν ένας από τους πρώτους που ενδιαφέρεται για τέτοιου είδους μελέτη στις αρχές του 20ου αιώνα. Η πλειονότητα των καταγεγραμμένων φαινομένων είναι οι εκλείψεις ή οι κομήτες αλλά γίνονται αναφορές μερικές φορές και σε άλλα φαινόμενα όπως οι υπερκαινοφανείς εκρήξεις (supernova), οι ηλιακές κηλίδες ή και το Βόρειο Σέλας. Σε χαμηλά γεωγραφικά πλάτη όπως έχουμε ήδη αναφέρει το σέλας εμφανίζεται κυρίως κόκκινο, διάχυτο και χωρίς έντονες ταχείες κινήσεις. Δύο παράγοντες είναι σημαντικοί για την εμφάνιση αυτού του σέλαος: το γεωμαγνητικό γεωγραφικό πλάτος του τόπου και τη μεταβλητότητα του Ήλιου και του διαπλανητικού πεδίου σε περιόδους χιλιετιών²².

1^η Περιγραφή

Η πρώτη περιγραφή του aurora borealis που παρουσιάζουμε καταγράφεται στο έργο που ονομάζεται Rawd al-qirtas από τον αραβικό ιστορικό Ibn Abi Zar. Αυτός ο ιστορικός ζούσε στη Φέζ (βόρεια της Αφρικής) κατά τον 14ο αιώνα. Στο έργο του, αφηγείται την ιστορία της βόρειας Αφρικής (από το 762 μ.Χ. έως το 1326 μ.Χ.). Οι πιο σύγχρονες εκδόσεις του Rawd al-qirtas στα αραβικά (Ibn Abi Zar, 1976) και στα ισπανικά (Ibn Abi Zar, 1964) αναφέρουν ένα κόκκινο μεγαλείο στον ουρανό όλη τη νύχτα της 25^{ης} Ιανουαρίου 880 που πιο συγκεκριμένα περιγράφεται ως εξής: Ήταν ένα μεγαλοπρεπές κόκκινο φαινόμενο στον ουρανό, από την αρχή της νύχτας μέχρι το τέλος. Το ίδιο πράγμα δεν ήταν γνωστό ποτέ πριν. Συνέβη τη νύχτα του Σαββάτου 19 του σαφάρι του αναφερθέντος έτους (25 Ιανουαρίου 880 μ.Χ.).

2^η Περιγραφή

Η δεύτερη περιγραφή του aurora borealis που παρουσιάζουμε καταγράφεται στο έργο που είναι γνωστό ως Al-Muqtabis V από τον αραβικό ιστορικό Ibn Hayyan. Σε αυτό το έγγραφο καταγράφονται γεγονότα κατά την εποχή του χαλίφ-Νάσιρ, δηλαδή από το έτος 912 μ.Χ. έως το έτος 942 μ.Χ. στην Ιβηρική Χερσόνησο. Αυτή η πηγή είναι πολύ καλά μελετημένη και υπάρχουν εκδόσεις στα αραβικά (Ibn Hayyan, 1979) και ισπανικά (Ibn Hayyan, 1981). Ένα κόκκινο χρώμα στον δυτικό ορίζοντα και μερικά φώτα που αντανakλούσαν στους φοίνικες και τα κτίρια κατά τη διάρκεια της νύχτας της 27ης Απριλίου 942 περιγράφονται ως εξής:

Προς το τέλος της νύχτας της Πέμπτης (27 Απριλίου 942μ.Χ.)εμφανίστηκε από την δύση ένα κόκκινο φως στον ουρανό, από το οποίο προέκυψαν πολλές ακτίνες που

²²J. M. Vaquero, M. C. Gallego. Letter to the Editor Two early observations of aurora at low latitudes. (2001) Annales Geophysicae, European Geosciences Union, vol.19 ,issue7 , pp.809-811.

αντανακλάστηκαν στα κλαδιά των φοινίκων και στην κορυφή των παλατιών. Οι άνθρωποι σκέφτηκαν ότι ήταν το φως της ημέρας αλλά όταν ο Ήλιος ανέβαινε σιγά σιγά άρχισε να χάνεται το κόκκινο χρώμα με την άφιξη του πρωινού και στο τέλος εξαφανίστηκε ολότελα με την σαφήνεια της ημέρας²².

Η εικόνα 24 έχει τα κύρια χαρακτηριστικά των περιγραφέντων σέλαων : τις αραβικές ημερομηνίες που έχουν υπολογιστεί σύμφωνα με τις ημερομηνίες στο ιουλιανό ημερολόγιο, επειδή είναι πριν από τις 4 Οκτωβρίου 1582., την Ιουλιανή ημερομηνία παρατήρησης την γεωγραφική θέση παρατήρησης και τέλος την περιγραφή των γοητευτικών φανών. Οι δύο δοθείσες περιγραφές συμφωνούν με την επιστημονική άποψη που επικρατεί για το βόρειο σέλας που παρατηρείται σε μικρά γεωγραφικά πλάτη. Λίγα παλαιά δεδομένα των *aurorae* υπάρχουν. Ένα μεγάλο μέρος των παλαιών παρατηρημένων φώτων καταγράφεται σε ένα πολύτιμο έργο του 18ου αιώνα που γράφτηκε από τον Mairan (1733)²². (Εικ.29)

Date	Julian Day	Place of observation	Brief description
25 Jan 880	2042502	Fez Lat.: 34° 0' N Long.: 5° 0' W	Great red splendour during all the night.
27 Apr 942	2065240	Córdoba Lat.: 37° 53' N Long.: 4° 47' W	Redish colour. Multiple rays. It appeared from Occident.

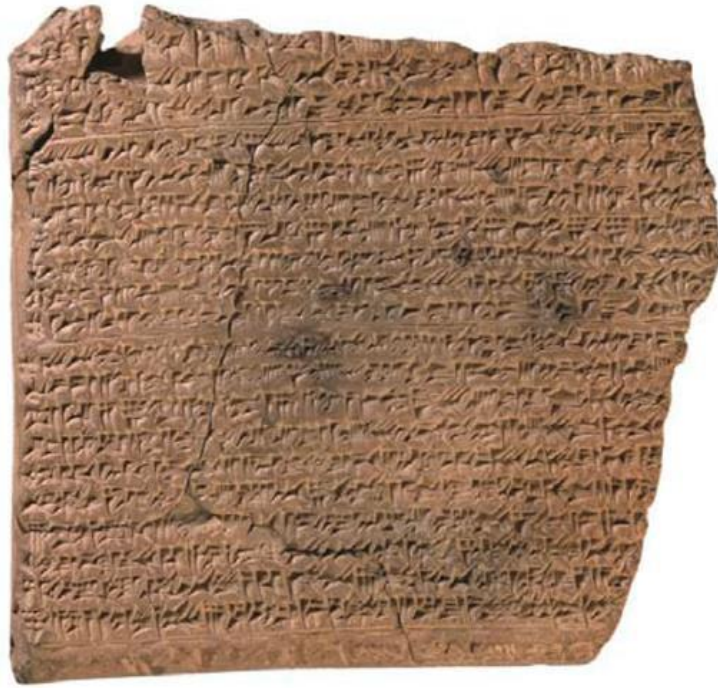
Εικόνα 29. Πίνακας με ημερομηνία προσαρμοσμένη σύμφωνα με την ημερομηνία του Ιουλιανού ημερολογίου, με το γεωγραφικό μήκος και πλάτος των περιοχών εμφάνισης και με τις δύο περιγραφές του Σέλαος (J. M. Vaquero, M. C. Gallego. 2001)

4.3 BABYΛΩΝΙΑ

Αστρονομικά ημερολόγια από τη Βαβυλωνία (ADB-Android Debug Bridge) είναι εξαιρετικές πηγές πληροφόρησης για τα φυσικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανομένων των αστρονομικών, κατά την διάρκεια των χρόνων πριν από την γέννηση του Χριστού, επειδή περιέχουν τα αρχεία συνεχόμενων και συστηματικών παρατηρήσεων. Τα αποτελέσματα μιας έρευνας σχετικά με φαινόμενα τύπου aurora στο ADB, που εκτείνεται από BCE (Before Common Era) 652 έως BCE 61 παρουσιάζουν εννέα αρχεία φαινομένων που μοιάζουν με σέλας. Φιλολογικές και επιστημονικές μελέτες υποδεικνύουν ότι πέντε από αυτές μπορούν να θεωρηθούν πιθανές παρατηρήσεις σέλαος. Παρέχουν μοναδικές πληροφορίες σχετικά με τις δραστηριότητες ηλιακής ενέργειας και δραστηριότητας κατά την πρώτη χιλιετία π.Χ. Βρέθηκαν λοιπόν 9 αρχεία φαινομένων που μοιάζουν με σέλας²³.

Το ADB είναι μια σειρά ακκαδικών σφηνοειδών κειμένων που είναι γραμμένα σε δισκία από πηλό.(εικ30) Οι περισσότερες από τις ταμπλέτες-δισκία ανακαλύφθηκαν στις ανασκαφές στο χώρο της Βαβυλώνας στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και τώρα σώζονται στο Βρετανικό Μουσείο του Λονδίνου. Ταυτόχρονα, κάθε κείμενο αυτών των δισκίων είχε τίτλο "τακτική παρατήρηση [(EN.NUN) šá gi-né-e]". Αυτά τα αρχεία καταγράφηκαν και συντάχθηκαν κυρίως από τις οικογένειες αστρονόμων-αστρολόγων (Enūma Anu Enlil), που χρηματοδοτήθηκαν από τη συνέλευση του Esangil, του ναού του Θεού Marduk στη Βαβυλώνα (32 ° 33 ' N, 44 ° 26' E) . Οι μελετητές συνέταξαν τα ημερολόγια από γενιά σε γενιά, τουλάχιστον από τα μέσα του έβδομου έως τα μέσα του πρώτου αιώνα π.Χ.²³.

²³ Hayakawa et al. Earth, Planets and Space (2016) , Earliest datable records of aurora-like phenomena in the astronomical diaries from Babylonia, 68:195



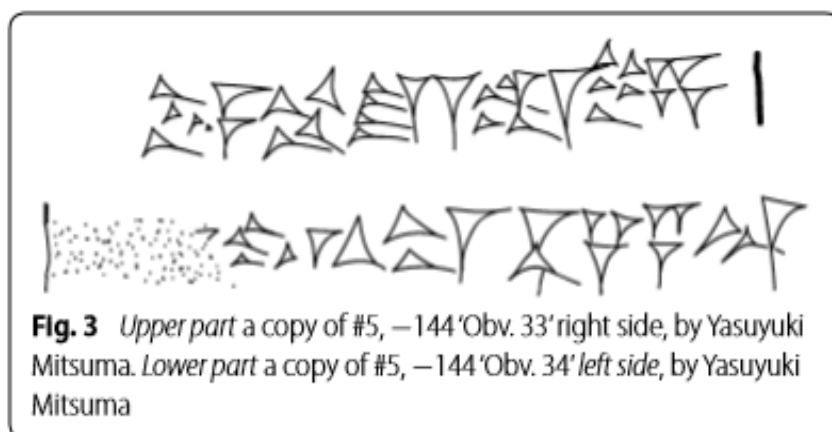
Εικόνα 30. Τμήμα από τα δισκία αργίλου (ADB – Android Debug Bridge) που βρέθηκαν στην Βαβυλωνία το 567 π.Χ. και φέρουν δεδομένα παρατήρησης του βορείου σέλαος. Αποτελούν απο τις αρχαιότερες καταγεγραμμένες παρατηρήσεις του φαινομένου, (Stephenson et al. 2004)

Προς τα μέσα του τρίτου αιώνα π.Χ., καθόρισαν τη μορφή των ημερολογίων, ειδικά των αποκαλούμενων Longer Diaries ή Standard Diaries. Κάθε δισκίο των τυποποιημένων ημερολογίων καλύπτει μισό χρόνο, δηλ. 6 ή 7 μήνες εάν περιλαμβάνεται ένας ενδιάμεσος μήνας ή ένα τρίτο του έτους, δηλαδή 4 ή 5 μήνες, συμπεριλαμβανομένου ενός ενδιάμεσου μήνα. Οι οριζόντιες ενδείξεις διαιρούν κάθε δισκίο σε τέσσερα, πέντε, έξι ή επτά τμήματα, ανάλογα με την κάλυψή του. Κάθε τμήμα καλύπτει ένα μήνα και οι καταχωρήσεις του οργανώνονται σε θέματα με την ακόλουθη σειρά: ημερήσια αναφορά και παρατήρηση του ουρανού, τιμοκατάλογος των εμπορευμάτων, περίληψη των θέσεων των ορατών πλανητών, το επίπεδο του Ευφράτη και ασυνήθιστα ιστορικά γεγονότα.

Οι παρατηρήσεις τους διεξάγονταν συνεχώς, όπως υποδηλώνει ο αρχικός τίτλος του δισκίου-ημερολογίου. Οι αστρολόγοι-αστρονόμοι επίσης εισήγαγαν ένα τμήμα που έφερε την έκφραση "δεν παρακολούθησα (NU PAP)", όταν δεν μπορούσαν να κάνουν τις παρατηρήσεις τους. Σώζονται δυστυχώς μόνο θραύσματα της αρχικής σειράς ADB, επομένως η ανάλυση είναι περιορισμένη.(εικ 26) Παρόλο που το παλαιότερο γνωστό δισκίο στο ADB χρονολογείται από το 652 π.Χ. και το πιο πρόσφατο μέχρι το 61π.Χ., δεν έχουν ανακαλύψει ή ανακατασκευαστεί όλα τα δισκία για κάθε μήνα. Έχει μελετηθεί το πολύ 5-10% της εκτιμώμενης αρχικής

πλήρους σειράς ADB²³. Η μελλοντική ανασυγκρότηση και αποκρυπτογράφηση των αδρανών δισκίων αργίλου, θα μπορούσε να βελτιώσει αυτή την κατάσταση, τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό.

Συνολικά, έχουν βρεθεί εννέα πιθανές παρατηρήσεις του *Aurora* που καταγράφηκαν στο ADB και εμφανίζονται με τους αριθμούς ταυτότητάς τους, λέξεις-κλειδιά, αναφορές, ημερομηνίες στο ημερολόγιο του Ιουλίου, προσαρμοσμένες σεληνιακές ηλικίες, ημερομηνίες στο βαβυλωνιανό ημερολόγιο, μεταγραφές των ακκαδικών κειμένων και αγγλικές μεταφράσεις. σημειώσεως "-n" όπως -651 σε κάθε είσοδο είναι ο αριθμός κειμένου των ημερολογίων που αναδημοσιεύτηκαν αργότερα από τους Sachs & Hunger (1988, 1989, 1996) και Hunger & van der Spek (2006). Στο τμήμα της χρονολόγησης με το ημερολόγιο της Βαβυλωνίας, "n / n-1 π.Χ." χρησιμοποιείται για να δείξει το Ιουλιανό ισοδύναμο με ένα έτος της Βαβυλωνίας. Οι Βαβυλωνιακοί μήνες παρουσιάζονται με λατινικούς αριθμούς²³



Εικόνα 26. Απόσπασμα από το κείμενο παρατηρήσεων του Σέλαος στο ADB. (Hayakawa et al.2016)

1: manzât / (πολύ κόκκινο) ουράνιο τόξο²³

Αναφορά: -651 (BM 32312) Col. Iv 20 ': Το κείμενο εξετάστηκε χρησιμοποιώντας μια πρόσφατα τραβηγμένη φωτογραφία του δισκίου.

Ιουλιανό Ημερολόγιο : ?? ??? π.Χ.

Προσαρμοσμένη σεληνιακή ηλικία: n / a

Ημερομηνία Βαβυλωνίας: π.Χ.652/651. XII. 28

Μεταγραφή: 28 ŠÈG i ina KIN.SIG TIR ma-diš SA5 ina KUR GIB

Μετάφραση: Την 28^η, λίγη βροχή. Το απόγευμα, ένα πολύ κόκκινο ουράνιο τόξο απλώνεται στα ανατολικά.

2: akukūtu / red glow²³

Αναφορά: -567 (VAT 4956) 'Rev. 10': Το κείμενο ελεγχόταν χρησιμοποιώντας το αντίγραφο του tablet που έκανε το EF Weidner, επισυνάπτεται ως Πλάκα 17 στον van der Waerden (1952-1953).

Ιουλιανό Ημερολόγιο: 12/13 Μαρτίου π.Χ. 567

Προσαρμοσμένη σεληνιακή ηλικία: 0,003

Ημερομηνία Βαβυλωνίας: π.Χ. 568/567. XI. 29

Μεταγραφή: GE6 29 a-ku6-ku6- {ku6} -tu4 ina ŠÚ KUR 2 DA [NNA]

Μετάφραση: Νύχτα της 29^{ης}, κόκκινη λάμψη έπεσε στα δυτικά.

3: manzât / ουράνιο τόξο (πριν την ανατολή)²³

Παραπομπή: -384 (BM 34634) 'Obv. 4 ': Το κείμενο εξετάστηκε χρησιμοποιώντας μια πρόσφατα ληφθείσα φωτογραφία του δισκίου.

Ιουλιανό Ημερολόγιο: 8/9 ή 9/10 Δεκεμβρίου π.Χ. 385-6

Προσαρμοσμένη σεληνιακή ηλικία: 0,260 ή 0,294

Ημερομηνία Βαβυλωνίας: π.Χ. 385/384. IX. 8 ή 9

Μεταγραφή: [...] la-am KUR-ḫa TIR.AN Á SI u MAR 'GIB' [...]

Μετάφραση: [...] πριν από την (ήλιου) άνοδο, ένα ουράνιο τόξο τεντωμένο στη βορειοδυτική κατεύθυνση [...]

4: dipāru / δάδα²³

Αναφορά: -165A (BM 32844) 'Rev.' 10'-11 '(σύμφωνα με την ανασυγκρότηση από την Sachs & Hunger 1989, 489)

Ιουλιανό Ημερολόγιο: 16/17 Σεπτεμβρίου π.Χ.166

Προσαρμοσμένη σεληνιακή ηλικία: 0,142

Βαβυλωνιακό ημερολόγιο: π.Χ. 166/165. VI. 4

Μεταγραφή: [4 ina še-ri] IZI.GAR TA UL και SI DIB-ma UD-DA-su [...]

Μετάφραση: [, το πρωί,] μία «δάδα» διέσχισε (τον ουρανό) από το νότο προς το βορρά με

το λαμπρό φως [...]

5: sūmu / ερυθρότητα²³

Παραπομπή: -144 (BM 34609 [+] 34788 + 77617 + 78958) 'Obv. 33'-34 ': Το κείμενο εξετάστηκε από μια πρόσφατα τραβηγμένη φωτογραφία του δισκίου .

Ιουλιανό Ημερολόγιο: 21/22 Σεπτεμβρίου-19/20 Οκτωβρίου 145 π.Χ.

Προσαρμοσμένη σεληνιακή ηλικία: n / a

Ημερομηνία Βαβυλωνίας: 145/144 π.Χ. VII

Μεταγραφή: ITI BI su-um i-ša [ina GI] Š.NIM u GIŠ.ŠÚ GAR.GAR-an

Μετάφραση: Αυτόν τον μήνα, μια μικρή ερυθρότητα βρέθηκε επανειλημμένα στα ανατολικά και στα δυτικά.

6: sūmu / ερυθρότητα²³

Αναφορά : -143A (BM 34045) 'Flake' 21 ': Το κείμενο εξετάστηκε από το αντίγραφο του TG Pinches, που δημοσιεύθηκε από την Sachs & Hunger (1996, Plate 190).

Ιουλιανό Ημερολόγιο: 12/13 Ιουλίου-10/11 Αυγούστου π.Χ. 144

Προσαρμοσμένη σεληνιακή ηλικία: n / a

Ημερομηνία Βαβυλωνίας: π.Χ. 144/143. IV

Μεταγραφή: ITI BI su-um [ina] GIŠ.NIM u GIŠ.ŠÚ GAR.GAR-an

Μετάφραση: Αυτόν τον μήνα, ερυθρότητα βρέθηκε επανειλημμένα στα ανατολικά και στα δυτικά.

7: dipāru / δάδα²³

Αναφορά: -136B (BM 45745) 'Obv.' 4'-5 '(σύμφωνα με την ανασυγκρότηση από την Sachs & Hunger 1996, 182)

Ιουλιανό Ημερολόγιο: 10/11 η 11/12 Νοεμβρίου π.Χ. 137

Προσαρμοσμένη σεληνιακή ηλικία: 0,710 ή 0,743

Ημερομηνία Βαβυλωνίας: π.Χ. 137/136. VIII. 20 ή 21

Μεταγραφή: '20' [... GE6 21?] 'GIM' IZI.GAR SAR-uḫ UD.DA- [su] 'x' GAL IGI-LÁ-át

Μετάφραση: Η 20^η, [... Η νύχτα της 21^{ης} (?)] σαν δάδα, με το λαμπρό φως της.

8: manzát / (κόκκινο) ουράνιο τόξο²³

Αναφορά: -122A (BM 45998 + 46049) 'Obv.' 11 '(σύμφωνα με την ανακατασκευή από την Sachs & Hunger 1996, 290)

Ιουλιανό Ημερολόγιο: 28/29 ή 29/30 Απριλίου 123 π.Χ.

Προσαρμοσμένη σεληνιακή ηλικία: 0,210 ή 0,244

Ημερομηνία Βαβυλωνίας: π.Χ. 123/122. II. 6/7

Μεταγραφή: [xx] 'ù? ' ŠÚ šá sin dTIR.AN.NA šá MÚŠmeš-šú SUD TA SI ana ULU [GIB]

Μετάφραση: [...] και (?) στο σκηνικό του φεγγαριού, ένα ουράνιο τόξο του οποίου η λάμψη ήταν κόκκινη [τεντωμένη] από την βόρεια προς τη νότια πλευρά [...]

9: dipāru / δάδα²³

Αναφορά: -118A (BM 41693) Rev. 10 ': Το κείμενο εξετάστηκε χρησιμοποιώντας το αντίγραφο του TG Pinches, που δημοσιεύθηκε από την Sachs & Hunger .

Ιουλιανό Ημερολόγιο: 24/25 Οκτωβρίου π.Χ. 119

Προσαρμοσμένη σεληνιακή ηλικία: 0.754

Ημερομηνία Βαβυλωνίας: π.Χ. 119/118. VII. 22

Μεταγραφή: [... SAG] GE6 IZI.GAR TA KUR ana MAR SUR-ma SUR-šú ma-gal
BABBAR

Μετάφραση: [... αρχή] της νύχτας, μια δάδα έλαμψε από την ανατολή προς την στο
δύση και η λάμψη της ήταν πολύ άσπρη.

Πολλά από τα μη δημοσιευμένα πηλάκια της ADB διατηρούνται στο Βρετανικό
Μουσείο. Η μελέτη των δισκίων αυτών θα δώσει περισσότερες αστρονομικές
πληροφορίες από τα μέσα του έβδομου έως τα μέσα του πρώτου αιώνα π.Χ.,
ενδεχομένως περιλαμβάνοντας και άλλα αρχεία φαινομένων τύπου aurora²³ (εικ.10).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΕΛΑΟΣ ΒΑΣΗ ΑΡΧΑΙΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

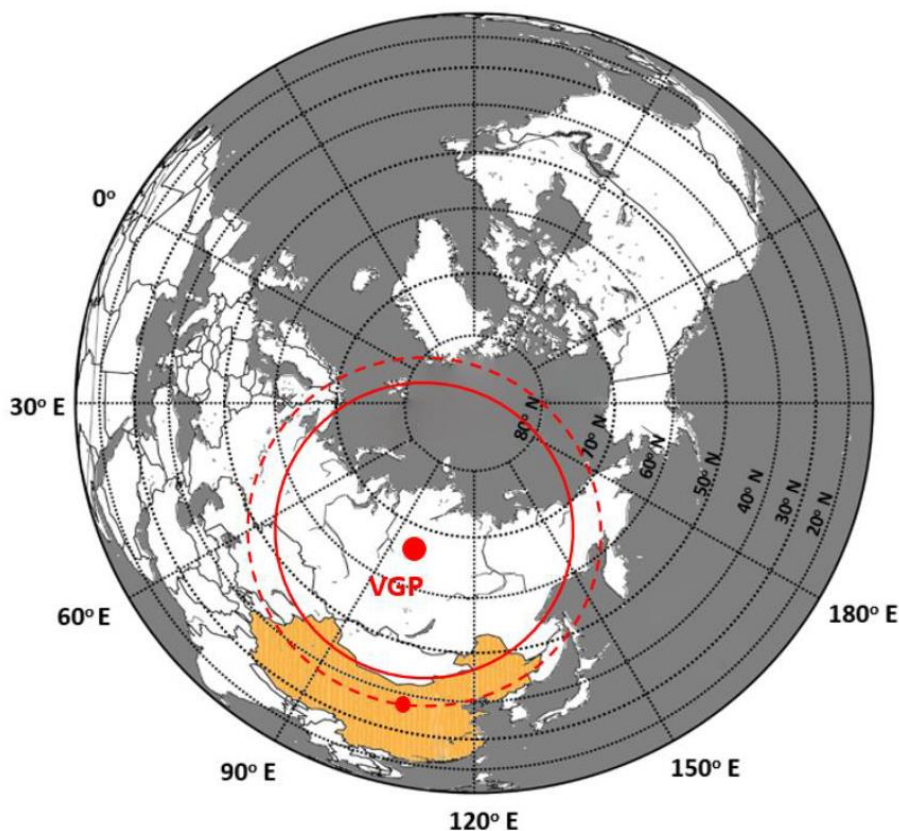
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι περισσότερες προσπάθειες καταγραφής ή και κατηγοριοποίησης αναφορών φαινομένων τύπου *aurorae* π.Χ. βασίζονται κυρίως στις περιγραφές ύποπτων ή ασυνήθιστων φώτων στον αρχαίο ουρανό. Πολλές από αυτές συνδυασμένες με την γνώση του αρχαίου ουρανού και σύμφωνα με το επιστημονικό υπόβαθρο εκείνης της εποχής και φυσικά τον τόπο παρατήρησης οδηγούσαν σε έγγυρα ή και μη συμπεράσματα. Πολλές καταγραφές και αναφορές του σέλαος μέσα από ιστορικά ή και λογοτεχνικά αρχαία κείμενα έχουμε ήδη αναφέρει, όμως καμία από αυτές δεν είναι επιστημονικά τεκμηριωμένη σύμφωνα με την μέθοδο του Αρχαιομαγνητισμού. Έχουν γίνει έρευνες σχετικά με αρχαίες καταγραφές του Βορείου Σέλαος σύμφωνα με κείμενα από Κίνα, Ιταλία και Ελλάδα που συναντάται σε διαφορετικές ιστορικές πηγές όπως *Bamboo Annals*, *Tai ping yu lan* και *Ch'unch'iu* για Κίνα, *Σενέκα*, *Πλίνιο* και *Λίβυ* για Ιταλία, *Αριστοτέλης* και *Αναξαγόρας* για Ελλάδα. Οι καταγραφές ανήκουν χρονικά στην 1^η χιλιετία π.Χ. και συζητήθηκαν σχετικά με τις συντεταγμένες του γεωμαγνητικού πόλου μέσω δεδομένων της αρχαιομαγνητικής έγκλισης και απόκλισης του. Τα κύρια δεδομένα είναι 9 αρχεία από την Κίνα και 33 από την Ευρώπη και οι εικονικοί γεωμαγνητικοί πόλοι (VGP) κυμαίνονται μεταξύ 51° -71° γεωγραφικό πλάτος και μεταξύ 1°-123° γεωγραφικό μήκος. Κάποια από αυτά επιβεβαιώνουν εμφανίσεις σέλαος ενώ κάποια άλλα προβληματίζουν και εξηγούνται σύμφωνα και σχετικά με τις ομαλές ή ραγδαίες αλλαγές της έγκλισης και της απόκλισης του VGP, πάντα με μεγάλα σφάλματα χρονολόγησης⁹.

5.2 ΚΙΝΑ

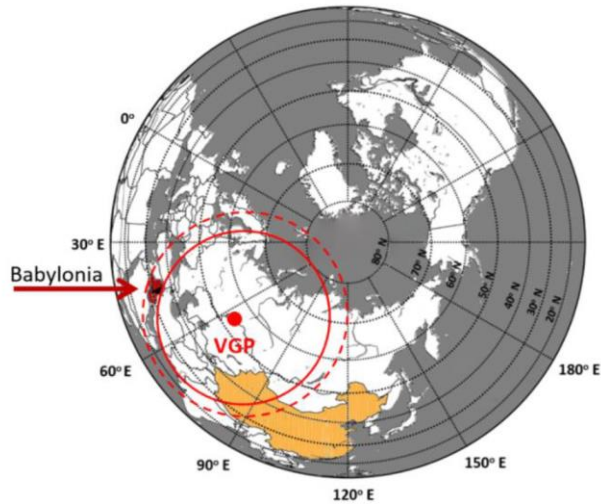
Μέσω της εφαρμογής αυτής της μεθόδου που αναλύσαμε και παραπάνω, οδηγούμαστε σε συμπεράσματα ότι το οβάλ του Σέλαος στην επέκτασή του με μέγιστη ακτίνα 30° γύρω από τον γεωμαγνητικό πόλο είχε παρουσιαστεί περιστασιακά σε νότια Κινέζικα πλάτη και ανατολικά μήκη (35° πλάτος-40° μήκος και 90° πλάτος και 125° μήκος). Οι παραπάνω καταγραφές αφορούν τις ακόλουθες χρονολογίες: 1.000-900 π.Χ., 687π.Χ., 193π.Χ., 139π.Χ., 32π.Χ., 30π.Χ. και 15π.Χ. Αυτά τα αρχεία θα μπορούσαν να επιβεβαιώσουν την εμφάνιση του Βορείου Σέλαος διότι μετρήθηκε με μεσαίο γεωγραφικό πλάτος ο γεωμαγνητικός πόλος άρα θα μπορούσαμε να έχουμε πιθανές γεωγραφικές θέσεις χαμηλού πλάτους θέασής του. Από την άλλη κάποια αρχεία από το 166π.Χ. και το 154π.Χ. που αφορούν μετρημένα αρχαιομαγνητικά δεδομένα φαίνεται να μην επιβεβαιώνουν παρατηρήσεις

του. Πιο συγκεκριμένα εννέα εμφανίσεις των aurorae καταγράφονται σε αρχαίες κινεζικές πηγές κατά τη διάρκεια της 1ης χιλιετίας π.Χ. : 980-970 π.Χ., 687 π.Χ., 193 π.Χ., 166 π.Χ., 154 π.Χ., 139 π.Χ., 32 π.Χ., 30 π.Χ. και το 15 π.Χ. ⁹ (εικ.27 α-στ).



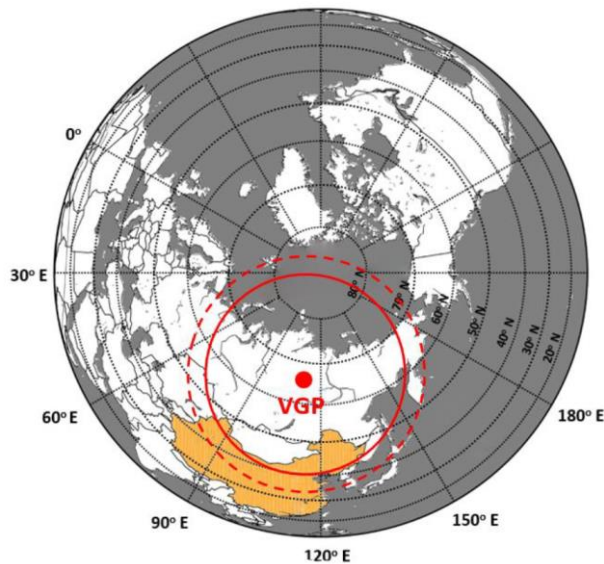
Θέση εικονικού γεωμαγνητικού πόλου για σέλας που παρατηρήθηκε στην Κίνα το 980 - 970 π.Χ. Η κόκκινη τελεία είναι η μέση θέση του VGP $(70\pm 3)^{\circ}\text{N}, (100\pm 4)^{\circ}\text{E}$. Η εσωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί το σελαϊκό οβάλ το οποίο επεκτείνεται μέχρι 22° από τον VGP (το κέντρο του VGP αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο εύρος σφάλματος του μέσου όρου). Η εξωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί την μεγαλύτερη εμβέλεια του σελαϊκού οβάλ το οποίο εκτείνεται μέχρι τις 30° από τον VGP. Η κάτω κόκκινη τελεία είναι το μέρος παρατήρησης της πρωτεύουσας της δυτικής Zhou κοντά στη Xi'an.

Εικόνα 27 α



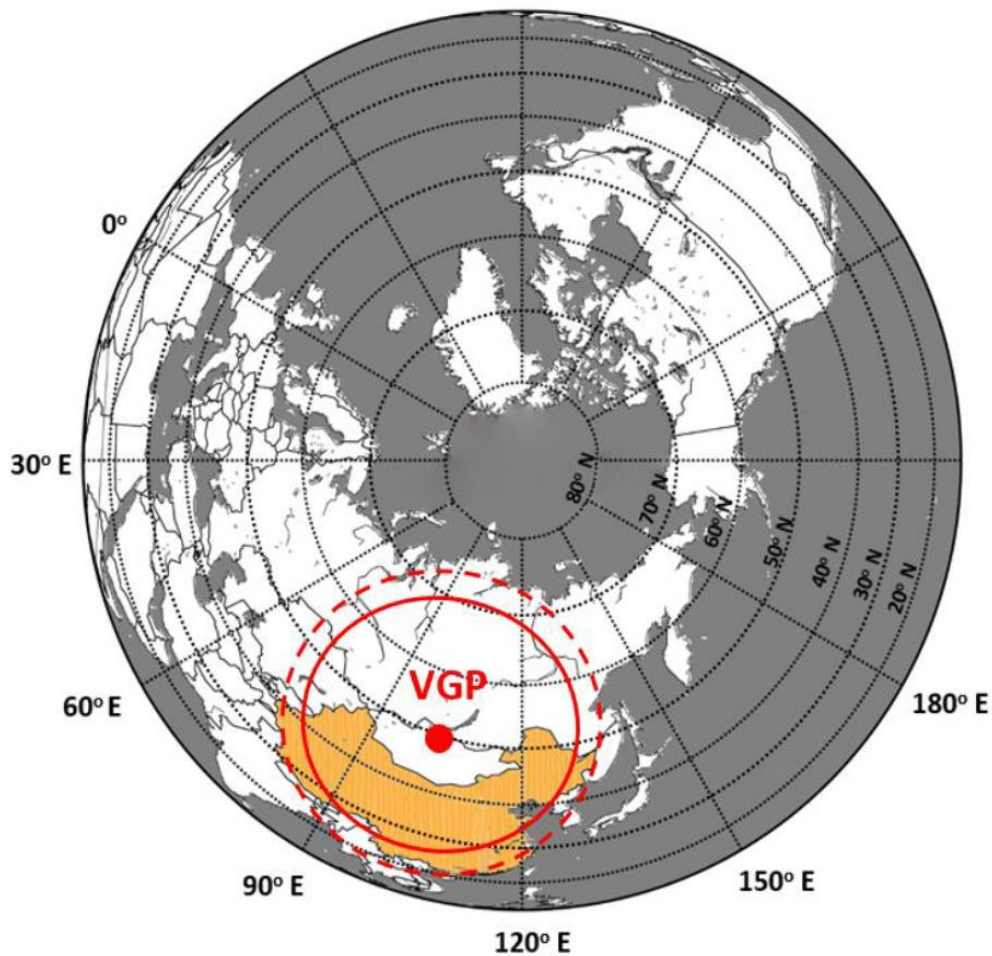
Θέση εικονικού γεωμαγνητικού πόλου για σέλας που παρατηρήθηκε στην Κίνα το 690 π. Χ. Η κόκκινη τέλεια είναι η μέση θέση του VGP (55 ± 5)°N, (65 ± 5)°E. Οπότε θα μπορούσε το σέλας να φαίνεται ταυτόχρονα σε έναν παρατηρητή στη Βαβυλωνία και σε έναν παρατηρητή στην Κίνα. Η εσωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί το σελαϊκό οβάλ το οποίο επεκτείνεται μέχρι 22° από τον VGP (το κέντρο του VGP αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο εύρος σφάλματος του μέσου όρου). Η εξωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί την μεγαλύτερη εμβέλεια του σελαϊκού οβάλ το οποίο εκτείνεται μέχρι τις 30° από τον VGP.

Εικόνα 27 β



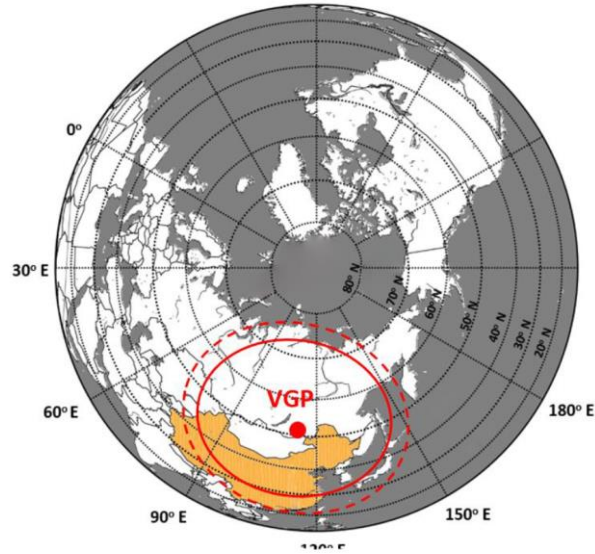
Θέση εικονικού γεωμαγνητικού πόλου για σέλας που παρατηρήθηκε στην Κίνα το 687 π. Χ. Η κόκκινη τέλεια είναι η μέση θέση του VGP (68 ± 2)°N, (110 ± 2)°E. Η εσωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί το σελαϊκό οβάλ το οποίο επεκτείνεται μέχρι 22° από τον VGP (το κέντρο του VGP αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο εύρος σφάλματος του μέσου όρου). Η εξωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί την μεγαλύτερη εμβέλεια του σελαϊκού οβάλ το οποίο εκτείνεται μέχρι τις 30° από τον VGP.

Εικόνα 27 γ



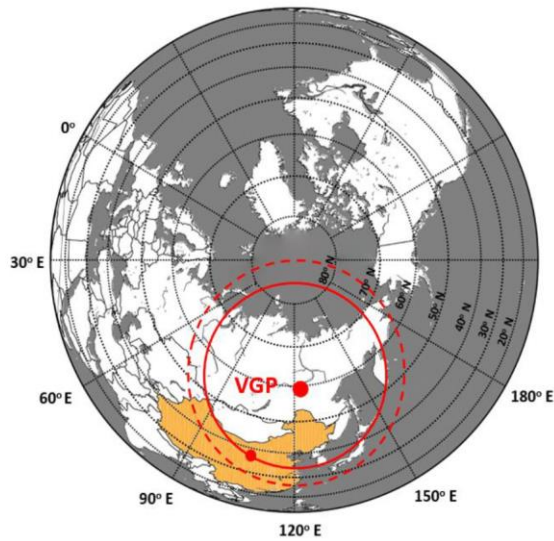
Θέση εικονικού γεωμαγνητικού πόλου για σέλας που παρατηρήθηκε στην Κίνα το 193 π.Χ. Η κόκκινη τέλεια είναι η μέση θέση του VGP (51 ± 1)°N, (101 ± 1)°E. Η εσωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί το σελαϊκό οβάλ το οποίο επεκτείνεται μέχρι 22° από τον VGP (το κέντρο του VGP αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο εύρος σφάλματος του μέσου όρου). Η εξωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί την μεγαλύτερη εμβέλεια του σελαϊκού οβάλ το οποίο εκτείνεται μέχρι τις 30° από τον VGP.

Εικόνα 27 δ



Θέση εικονικού γεωμαγνητικού πόλου για σέλας που παρατηρήθηκε στην Κίνα το 140 π.Χ. Η κόκκινη τέλεια είναι η μέση θέση του VGP ($53 \pm 1^\circ \text{N}$, $(113 \pm 1)^\circ \text{E}$). Η εσωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί το σελαϊκό οβάλ το οποίο επεκτείνεται μέχρι 22° από τον VGP (το κέντρο του VGP αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο εύρος σφάλματος του μέσου όρου). Η εξωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί την μεγαλύτερη εμβέλεια του σελαϊκού οβάλ το οποίο εκτείνεται μέχρι τις 30° από τον VGP.

Εικόνα 27 ε



Θέση εικονικού γεωμαγνητικού πόλου για σέλας που παρατηρήθηκε στην Κίνα το 32, 30 και 15 π.Χ. Η κόκκινη τέλεια είναι η μέση θέση του VGP ($61 \pm 3^\circ \text{N}$, $(123 \pm 3)^\circ \text{E}$). Η εσωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί το σελαϊκό οβάλ το οποίο επεκτείνεται μέχρι 22° από τον VGP (το κέντρο του VGP αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο εύρος σφάλματος του μέσου όρου). Η εξωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί την μεγαλύτερη εμβέλεια του σελαϊκού οβάλ το οποίο εκτείνεται μέχρι τις 30° από τον VGP. Η κόκκινη κάτω τέλεια είναι το σημείο παρατήρησης Chang'an.

Εικόνα 27 στ

Εικόνα 27 α-στ. Υπολογισμένα VGP (μέση τιμή του εικονικού γεωμαγνητικού πόλου,εσωτερική και εξωτερική διάμετρος θέασης του φαινομένου),ευρύτερη περιοχή Κίνας (Liritzis I.et al 2017)

Η ανασκόπηση από τον Wang & Siscoe (1995) περιέχει επίσης συνολικά οκτώ πιθανές αναφορές σε εμφάνιση σέλαος στην προ-Τζου δυναστεία δηλαδή νωρίτερα από το 1046 π.Χ., που αναφέρεται στην 3η χιλιετία π.Χ. Ακόμη και αν οι ημερομηνίες αυτών των γεγονότων μπορούσαν να επαληθευτούν, είναι πολύ λίγα για να καταλήξουμε σε αυστηρά συμπεράσματα σχετικά με τη σχετική συχνότητα του αurora κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου σε σύγκριση με τις μεταγενέστερες περιόδους. Εντούτοις, αντιπροσωπεύουν δυνητικά πολύτιμες προσθήκες στους σπάνιους λογαριασμούς πολύ αρχαίων aurorae (Chou, 1979, Bagley, 1980, Wang & Siscoe, 1995). Η τρίτη χιλιετία π.Χ. (2674 έως 2574, 2574-2490, 2490-2412, 2333-2333, 2333-2183 π.Χ.) και οι προκαταρκτικές εργασίες δείχνουν ότι η παρατήρηση ήταν εύλογη, αφού από δείγματα από την Κίνα που χρονολογούνται από το 2800 π.Χ. \pm 200 (I και D από την Geomagia Data Base) υπολογίστηκε η θέση VGP $58 \pm 2^\circ$ N, $121 \pm 2^\circ$ E ²⁴.

Παρά το πρώιμο αστρονομικό υπόβαθρο όπως μπορεί κανείς να υποθέσει κατά την 3^η χιλιετία π.Χ.στην Κίνα φαίνεται να υπάρχει έντονη δραστηριότητα παρατήρησης και καταγραφής φαινομένων του κινέζικου ουρανού όπως και της ηλιακής δραστηριότητας. Κινέζικα ιστορικά και κορεατικές επίσημες ιστορίες είναι ιδιαίτερα κατάλληλα έγγραφα πηγής για το σκοπό της μελέτης της μακροπρόθεσμης διακύμανσης επειδή αυτές οι πηγές παρέχουν καλά μορφοποιημένα αρχεία που βασίζονται σε συνεχείς παρατηρήσεις από επαγγελματίες αστρονόμους. Οι εμφανίσεις του σέλαος που παρατηρήθηκαν από τους αρχαίους Κινέζους αστρονόμους στο Χανγκζού της Κίνας το 1138 μ.Χ., στις 13 Οκτωβρίου, θεωρείται ότι αναφέρονται στα ίδια φώτα που παρατηρούν οι Ευρωπαίοι παρατηρητές στην Πράγα, την Τσεχοσλοβακία.²⁴

²⁴ P. K. Wang , G. L. Siscoe ,Some early descriptions of aurorae in China,(1995),Ann. Geophysicae 13, pp 517- 521

Πίνακας 1. VGPs υπολογισμένοι με Αρχαιομαγνητισμό χρησιμοποιώντας μετρημένα υλικά για την περιοχή της Κίνας, της Ιαπωνίας και της Ν.Κορέας.

Σειρά	Αρχαιολογική Ηλικία	Θέση	φ/SITE lat ¹	λ/SITE long ¹	I^2	D^2	Θm^3	VG Pla ⁴	VGPI ong ⁴	Αναφορές/Βιβλιογραφία
<i>Καταγραφή Aurogae το 950 π.Χ.</i>										
1	1180 π.Χ. ± 90	Κίνα	34.5	107.8	57.3±2.7	355.3±5	52.1±2.9	72±3	98±4	Wei et al. (1984)
2	1150 π.Χ. ± 150	Κίνα	34.2	109	60±2	338.8±4	49.1±2.3	68±3	69±3	
3	1150 π.Χ. ± 150	Κίνα	36.71	117.11	56.9±5.4	347.4±9.9	52.5±5.7	72±6	92±8	Cai et al. (2016)
4	1150 π.Χ. ± 150	Κίνα	36.71	117.11	60.1±2.6	345.4±5.2	49±3	74±3	81±4	Cai et al. (2016)
5	1150 π.Χ. ± 150	Κίνα	36.71	117.11	52.4±1.1	2.8±1.8	57±1	70±1	121±1	Cai et al. (2016)
6	899 π.Χ. ± 128	Κίνα	36.71	117.11	50.0±4.7	359.7±7.3	59.2±4.2	67±4	117±5	Cai et al. (2016)
<i>Καταγραφή Aurogae το 687 π.Χ.</i>										
7	620 π.Χ.± 150	Κίνα	35.1	109	56.2±0.8	3±1.4	53.2±0.8	72±1	115±1	Batt et al. (1998)
<i>Καταγραφή Aurogae το 193 π.Χ.</i>										
8	206 π.Χ.± 10	Κίνα	34.3	109.25	33.2±2.4	343±2.9	71.9±0.1	51±1	101±1	Batt et al. (1998)

<i>Καταγραφή Aurorae το 139 π.Χ.</i>										
9	91 π.Χ. ± 115	Κίνα	34. 7	112.7	33.2± 2.2	1.0±2. 6	71.9± 0.9	53± 1	113± 1	Wei et al. (1984)
10	91 π.Χ. ± 115	Κίνα	34. 7	112.5	33.2± 2.2	1.0±2. 6	71.9± 0.9	53± 1	113± 1	Wei et al. (1984)
<i>Καταγραφή Aurorae το 32, 30 και 15 π.Χ.</i>										
11	7 μ.Χ. ± 213	Κίνα	37. 7	113.6	41.1± 3.7	11.4± 4.9	66.4± 1.6	61± 3	123± 3	Wei et al. (1984)
<i>Καταγραφή Aurorae το 950 π.Χ.</i>										
12	1090 π.Χ. ± 170	Ιαπ ωνία	35. 2	139	57.1± 21.4	343.1 ±39.4	52.3± 22.7	69± 23	109± 30	Tanaka (1979)
13	950 π.Χ. ± 290	Ιαπ ωνία	35. 2	139	57.1± 21.4	343.1 ±39.4	52.3± 22.7	69± 23	109± 30	Tanaka (1979)
<i>Καταγραφή Aurorae το 950 π.Χ.</i>										
14	1100 π.Χ. ± 170	Ν.Κο ρέα	36. 64	126.4 9	49.4± 3.5	354.1 ±5.4	59.7± 3.1	67± 3	119± 3	Yu et. al. (2010)
<i>Καταγραφή Aurorae το 687 π.Χ.</i>										
15	745 π.Χ.± 80	Ν.Κο ρέα	36. 64	126.5	49.5± 2.9	341.7 ±4.5	59.7± 2.6	64± 2	105± 3	Yu et. al. (2010)
<i>Καταγραφή Aurorae το 139 π.Χ.</i>										
16	100 π.Χ. ± 100	Ν.Κο ρέα	37. 24	127.1 7	55.6± 4.8	1.7±8. 5	53.9± 2.5	73± 5	131± 6	Yu et. al. (2010)

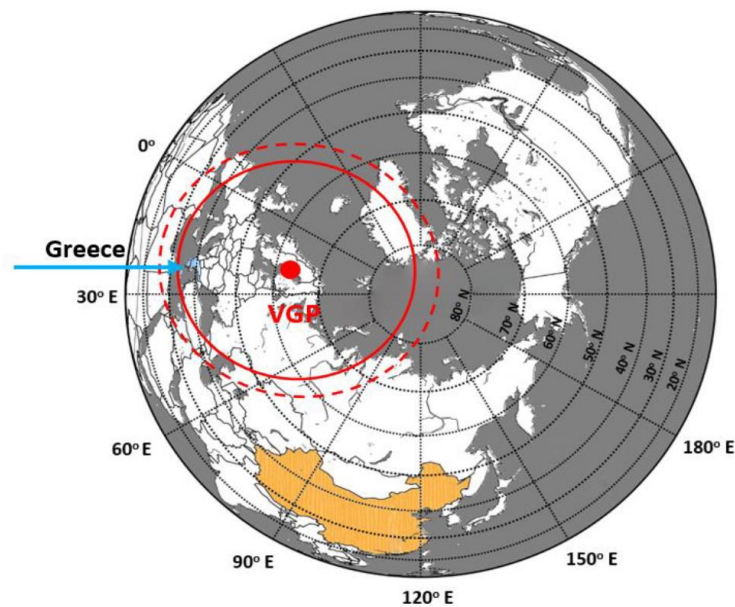
1. φ/latitude = γεωγραφικό πλάτος, λ/longitude = γεωγραφικό μήκος της θέσης υπολογισμένο σε μοίρες ° (in degrees)
2. Inclination= η έγκλιση(I) και Declination(D)= η απόκλιση του μαγνητικού πεδίου ,όπως έχουν μετρηθεί με την μέθοδο του Αρχαιομαγνητισμού, υπολογισμένο σε μοίρες ° (in degrees)

3. co-latitude (θ_m)= η διαφορά μεταξύ ενός μετρημένου γεωγραφικού πλάτους και των 90° .
4. Virtual geomagnetic pole latitude (VGPlat), virtual geomagnetic pole longitude (VGPlong), δηλαδή το πλάτος και το μήκος του εικονικού γεωμαγνητικού πόλου.

5.3 ΕΛΛΑΔΑ-ΙΤΑΛΙΑ

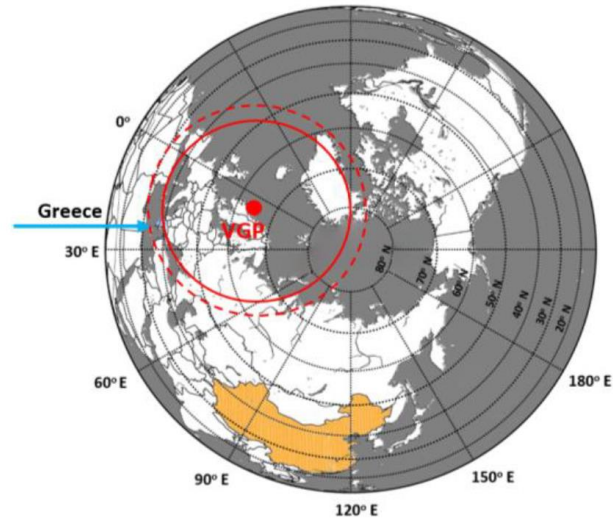
Στην περιοχή της Ν.Α. Μεσογείου και πιο συγκεκριμένα για την Ελλάδα και την Ιταλία χρησιμοποιήθηκαν 33 μετρημένα αραχιομαγνητικά υλικά. Τα αποτελέσματα μαρτυρούν πιθανόν επικλινή προς νότια πλάτη,γεωμαγνητικό πόλο, υπολογίζοντας βέβαια το οβάλ του σέλαος αλλά και την μέγιστη προς Νότο επέκταση του, πάντα με τα σχετικά σφάλματα.

Για την περιοχή της νοτιοανατολικής Μεσογείου (κεντρική Ιταλία και βόρεια Ελλάδα, $41-42^\circ\text{N}$ και $12-24^\circ\text{E}$) τα περιστατικά aurogae ομαδοποιούνται σε τέσσερις περιόδους ως εξής: 467 π.Χ., 380-340 π.Χ., ca 225 π.Χ., 100-200 π.Χ.. και 40-55 π.Χ.⁹ (εικόνα 28 α-δ)



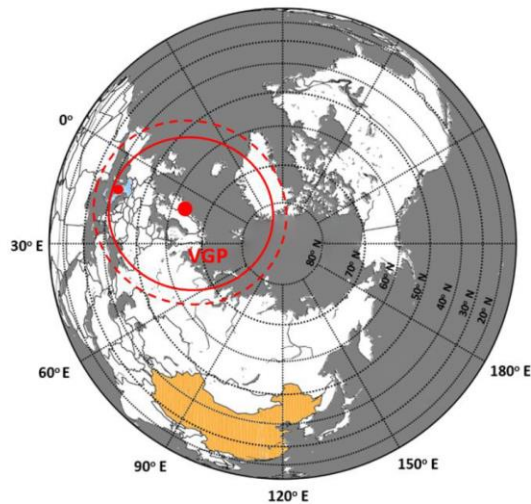
Θέση εικονικού γεωμαγνητικού πόλου για σέλας που παρατηρήθηκε στην Ελλάδα το 467 π.Χ. Η κόκκινη τέλεια είναι η μέση θέση του VGP ($65 \pm 2^\circ\text{N}$, $18 \pm 2^\circ\text{E}$). Η εσωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί το σελαϊκό οβάλ το οποίο επεκτείνεται μέχρι 22° από τον VGP (το κέντρο του VGP αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο εύρος σφάλματος του μέσου όρου). Η εξωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί την μεγαλύτερη εμβέλεια του σελαϊκού οβάλ το οποίο εκτείνεται μέχρι τις 30° από τον VGP.

Εικόνα 28 α



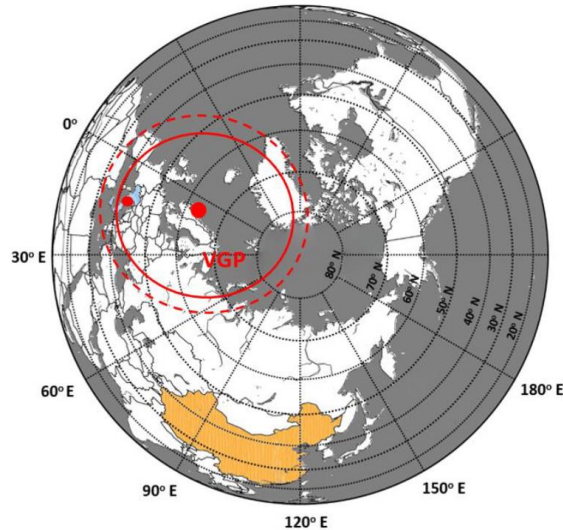
Θέση εικονικού γεωμαγνητικού πόλου για σέλας που παρατηρήθηκε στην Ελλάδα το 380-340 π.Χ. Η κόκκινη τέλεια είναι η μέση θέση του VGP (68 ± 2)°N, (3 ± 2)°E. Η εσωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί το σελαϊκό οβάλ το οποίο επεκτείνεται μέχρι 22° από τον VGP (το κέντρο του VGP αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο εύρος σφάλματος του μέσου όρου). Η εξωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί την μεγαλύτερη εμβέλεια του σελαϊκού οβάλ το οποίο εκτείνεται μέχρι τις 30° από τον VGP.

Εικόνα 28 β



Θέση εικονικού γεωμαγνητικού πόλου για σέλας που παρατηρήθηκε στην Ιταλία περίπου το 225 π.Χ. Η κόκκινη τέλεια είναι η μέση θέση του VGP (71 ± 5)°N, (1 ± 6)°E. Η εσωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί το σελαϊκό οβάλ το οποίο επεκτείνεται μέχρι 22° από τον VGP (το κέντρο του VGP αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο εύρος σφάλματος του μέσου όρου). Η εξωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί την μεγαλύτερη εμβέλεια του σελαϊκού οβάλ το οποίο εκτείνεται μέχρι τις 30° από τον VGP. Η κόκκινη τέλεια πάνω στον εσωτερικό κύκλο είναι το σημείο παρατήρησης του σέλαος στην κεντρική Ιταλία.

Εικόνα 28 γ



Θέση εικονικού γεωμαγνητικού πόλου για σέλας που παρατηρήθηκε στην Ιταλία το 40-55 μ.Χ. Η κόκκινη τέλεια είναι η μέση θέση του VGP (65 ± 2)°N, (12 ± 2)°E. Η εσωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί το σελαϊκό οβάλ το οποίο επεκτείνεται μέχρι 22° από τον VGP (το κέντρο του VGP αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο εύρος σφάλματος του μέσου όρου). Η εξωτερική κόκκινη γραμμή οριοθετεί την μεγαλύτερη εμβέλεια του σελαϊκού οβάλ το οποίο εκτείνεται μέχρι τις 30° από τον VGP. Η κόκκινη τελεια πάνω στον εσωτερικό κύκλο είναι το σημείο παρατήρησης του σέλαος στην κεντρική Ιταλία.

Εικόνα 28 δ

Εικόνα 28 α-δ. Υπολογισμένες θέσεις εικονικών γεωμαγνητικών πόλων VGP (Μέση τιμή, εσωτερική και εξωτερική διάμετρος θέασης του φαινομένου του σέλαος), ευρύτερη περιοχή Ελλάδας - Ιταλίας (Liritzis Ioannis et al, 2017)

Οι πίνακες παρέχουν μια γεωγραφική ομοιογένεια και ομοιομορφία και βασίζονται σε αξιόπιστες πηγές. Παρακάτω θα αναφέρουμε τις καταγραφές πιθανής εμφάνισης σέλαος που βασίζονται σε πηγές του Σενέκα, του Αριστοτέλη και του Αναξαγόρα. Στη συνέχεια ακολουθούν οι ολοκληρωμένοι πίνακες που καταγράφουν όλες τις μετρήσεις των αρχαιομαγνητικών υλικών που έχουν μελετηθεί για την ανασυγκρότηση του μαγνητικού πεδίου κατά την πρώτη χιλιετία στην ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας - Ιταλίας. Οδηγούμενοι από τις ιστορικές πηγές-καταγραφές μας προσπαθούμε να τεκμηριώσουμε πάντα με την πιθανότητα της αμφιβολίας αν τελικά και σε ποιές περιπτώσεις θα μπορούσαν να έχουν παρατηρηθεί τα φαντασμαγορικά φώτα του Βόρειου Σέλαος στους μεσογειακούς ουρανούς.

(i) Σενέκα, 40-55 μ.Χ.

Για τον υπολογισμό VGP χρησιμοποιήθηκαν αρχαιομαγνητικά δεδομένα του 1^{ου} αι.π.Χ. από την Ελλάδα, τη Βουλγαρία και τη Γαλλία. Ο μέσος όρος VGP υπολογίστηκε από δείγματα της Ελλάδας με χρονολόγηση στα 0 ± 100 και $65 \text{ π.Χ.} \pm 134$ έτη. Ο VGP που υπολογίζεται από το δείγμα της Γαλλίας δεν θεωρείται έγκυρο δείγμα επειδή το γεωγραφικό πλάτος του είναι πολύ κοντά στον βόρειο γεωγραφικό πόλο και το γεωγραφικό μήκος του αντιστοιχεί σε θέσεις μακριά από τον ευρωπαϊκό ουρανό σε κατεύθυνση προς τα δυτικά. Το VGP που υπολογίζεται από δείγμα της Βουλγαρίας εξαιρείται επίσης επειδή το γεωγραφικό πλάτος VGP βρίσκεται στον βόρειο γεωγραφικό πόλο και το γεωγραφικό μήκος του αντιστοιχεί στις θέσεις του ανατολικοευρωπαϊκού ουρανού προς την ανατολή. Τα VGPs που υπολογίζονται από δείγματα από τη Βουλγαρία και τη Γαλλία δεν χρησιμοποιούνται στον μέσο υπολογισμό VGP, καθώς υποδηλώνουν την ύπαρξη μη διπολικών πεδίων γύρω στις αρχές του 1ου αιώνα μ.Χ. Η μέση τιμή VGP είναι $65^\circ \pm 2^\circ \text{ N}$, $12^\circ \pm 2^\circ \text{ E}$ (Πίνακας 2 / σειρές 17 & 18) χαρακτηρίζεται ως μια συγκεκριμένη αιωρα μέσου γεωγραφικού πλάτους που παρατηρείται κυρίως στην κεντρική Ιταλία⁹.

(ii) Αναξαγόρας, Ελλάδα, 467 π.Χ.

Για τον υπολογισμό της θέσης VGP χρησιμοποιήθηκαν αρχαιομαγνητικά δεδομένα κυρίως από ιταλικά υλικά αλλά και ένα από την Ελλάδα. Η μέση θέση VGP υπολογίστηκε $78^\circ \pm 3^\circ \text{ N}$ και $36^\circ \pm 6^\circ \text{ E}$ από $550 \text{ π.Χ.} \pm 50$ και $550 \text{ π.Χ.} \pm 25$ δεδομένα ηλικίας (Πίνακας 3 / σειρές 1, 2). Τα δεδομένα από την Ιταλία και την Ελλάδα (πίνακας 3 / σειρές 4, 6, 7) δεν χρησιμοποιούνται λόγω των υψηλών σε σφάλματα VGPs που δηλώνει ότι η μέση θέση VGP βρίσκεται σχεδόν στο βόρειο γεωγραφικό πόλο. Σε αυτή την περίπτωση δεν θα μπορούσε να έχει παρατηρηθεί σέλας. Η θέση VGP που υπολογίστηκε από το $525 \text{ π.Χ.} \pm 25$ (πίνακας 3/ σειρά 5) εξαιρείται επίσης λόγω μεγάλων σφαλμάτων κλίσης και απόκλισης που προκαλούν μεγάλο σφάλμα VGP (Σφάλματα της τάξης μεγαλύτερου του 15% στα I και D τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα πολύ μεγαλύτερα σφάλματα στη διάδοση σφαλμάτων για τον υπολογισμό των VGPs δεν πρέπει να αναφέρεται στις δημοσιεύσεις). Η θέση VGP υπολογίστηκε από το $525 \text{ π.Χ.} \pm 50$ (πίνακας 3 / σειρά 3) αποκλείεται εξαιτίας υψηλών σφαλμάτων κλίσης και απόκλισης. Ωστόσο, το VGP υπολογίστηκε εκ νέου χρησιμοποιώντας οι μειωμένες τιμές Ic και Dc (οι οποίες βρίσκονται στις παρενθέσεις) επειδή σχεδόν όλα τα δείγματα προέρχονται από την Ιταλία και όχι από την Ελλάδα όπου καταγράφηκε το αιωρα. Σημειώνεται ότι οι διορθωμένες κλίσεις είναι κοντά στις περισσότερες υπολογισμένες μειωμένες κλίσεις Ic επειδή οι μειωμένες αποκλίσεις Dc είναι γύρω στο μηδέν⁹.

Η νέα μέση τιμή VGP είναι $(65 \pm 2)^\circ \text{ N}$ και $(18 \pm 2)^\circ \text{ E}$ η οποία υπολογίστηκε από το $525 \text{ π.Χ.} \pm 25$ και $475 \text{ π.Χ.} \pm 75$ δεδομένα ηλικίας (Πίνακας 3 / σειρές 4, 6, 7). Τα άλλα δεδομένα από την Ιταλία αποκλείονται λόγω των υψηλών VGPs σε σφάλματα.

Το σέλας θα μπορούσε να φαίνεται ξεκάθαρα από έναν παρατηρητή στη Νοτιοανατολική Μεσόγειο και φυσικά από την Ελλάδα. Χαρακτηρίζεται ως aurora μέσου γεωγραφικού πλάτους⁹.

(iii) Αριστοτέλης, Ελλάδα, 380-340 π.Χ.

Για τον υπολογισμό της θέσης VGP χρησιμοποιήθηκαν εννέα αρχαιομαγνητικά δεδομένα από την Ελλάδα, τέσσερα από την Ιταλία, ένα από την Ουκρανία και ένα από τη Βουλγαρία (Πίνακας 2 και 3). Τα VGPs υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας όλα τα δεδομένα που παρατίθενται στους 2 πίνακες για τις καταγραφές του Αριστοτέλη. Ωστόσο, τα δείγματα από την Ελλάδα χρονολογούνται στο 385 π.Χ. ± 15, 350 π.Χ. ± 50 και 325 π.Χ. ± 25 (πίνακας 2/ σειρές 2, 4, 7, 8, 9) χρησιμοποιούνται μόνο για τον υπολογισμό του μέσου VGP, επειδή οι VGP που υπολογίστηκαν από τα περισσότερα δεδομένα είχαν ως αποτέλεσμα κοντά στις θέσεις VGP του πόλου πιθανώς λόγω της παρουσίας πεδίων nondipole. Η μέση τιμή VGP είναι $(74 \pm 3)^{\circ}\text{N}$, $(9 \pm 4)^{\circ}\text{E}$. Συνεπώς υποθέτουμε ότι το σέλας θα μπορούσε να το δει μόνο ένας παρατηρητής στη βόρεια Ελλάδα κατά τη διάρκεια μιας ισχυρής καταιγίδας. Η περιοχή της παρατήρησης βρίσκεται στα όρια του ωσειδούς οβάλ. Επιπλέον, οι διαφορετικές VGPs φαίνεται να αλλάζουν ταχέως μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα μιας δεδομένης αρχαιολογικής ηλικίας. Ωστόσο, ο VGP υπολογίστηκε εκ νέου χρησιμοποιώντας τη μειωμένη κλίση I_c και την κλίση D_c καθώς τα διαθέσιμα δείγματα προέρχονται από διαφορετικές ευρωπαϊκές χώρες και οι επιδράσεις πεδίων εκτός διπόλου αναμένεται να έχουν κάποιο αποτέλεσμα. Τα νέα VGPs παρατίθενται είναι $(68 \pm 2)^{\circ}\text{N}$ και $(3 \pm 2)^{\circ}\text{E}$. Το σελαϊκό οβάλ θα φαίνεται ξεκάθαρα από κάποιον παρατηρητή στη νοτιοανατολική περιοχή της Μεσογείου και βόρεια της Ελλάδας. Αυτό θα χαρακτηριζόταν ως σέλας μεσαίου γεωγραφικού πλάτους. Σημειώνεται ότι οι διορθωμένες κλίσεις είναι κοντά στις περισσότερες υπολογισμένες μειωμένες κλίσεις I_c επειδή οι μειωμένες αποκλίσεις είναι γύρω στο μηδέν⁹.

Πίνακας 2. VGPs υπολογισμένοι με Αρχαιομαγνητισμό χρησιμοποιώντας μετρημένα υλικά για την περιοχή της Ελλάδας.

Σειρά	Αρχαιολογική Ηλικία	Θέση	φ/S ITE lat ¹	λ/SIT Elong ¹	I^2	D^2	Θ_m ³	VGPI a ⁴	VGPIo ng ⁴	Αναφορές/Βιβλιογραφία
<i>Καταγραφή Aurorae από τον Αναξαγόρα (510-428 π.Χ.) το 467, Ελλάδα</i>										

1	475 π.Χ. ± 75	Ελλ άδ α	40. 65	24.49	63.7 ±3.9	355. 3±8. 8	44.7 ±2.5	85±6(67±3)	345±8 (19±3)	Evans (2006)
<i>Καταγραφή Αυροραε από τον Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.) 380-340 π.Χ., Βόρεια Ελλάδα</i>										
2	385 π.Χ. ± 15	Ελλ άδ α	35. 32	25.2	58.4 ±2.7	351. 5±5. 2	50.9 ±1.5	73±3(72±3)	6±4 (10±4)	Evans (2006)
3	365 π.Χ. ± 35	Ελλ άδ α	37. 92	22.92	60.1 ±1.6	352. 8±3. 2	49± 1	63±2(60±1)	328±3(346±2)	Evans (2006)
4	350 π.Χ. ± 50	Ελλ άδ α	40. 45	21.16	59.5 ±2.8	340. 2±5. 5	49.7 ±1.6	73±3(67±2)	331±5 (353±3)	Spatharas et al. (2011)
5	350 π.Χ. ± 50	Ελλ άδ α	35. 32	25.6	58.8 ±3.3	352. 4±6. 4	50.5 ±1.8	74±4(72±3)	8±5 (13±4)	Evans&Maresc hal (1988)
6	350 π.Χ. ± 50	Ελλ άδ α	37. 92	24.92	60.1 ±1.6	352. 8±3. 2	49± 0.9	63±2(61±1)	330±3 (347±2)	Evans&Maresc hal (1988)
7	325 π.Χ. ± 25	Ελλ άδ α	40. 59	23.79	60.6 ±4.1	347. 2±8. 4	48.4 ±2.4	78±5(69±3)	339±7(6±4)	De Marco et al. (2008)
8	325 π.Χ. ± 25	Ελλ άδ α	40. 59	23.79	66.6 ±3.6	343. 5±9. 1	40.9 ±2.5	78±7(63±3)	300±9 (10±3)	De Marco et al. (2008)
9	325 π.Χ. ± 25	Ελλ άδ α	37. 5	21.61	56.4 ±2.5	354. 8±4. 5	53± 1.3	74±3(74±3)	10±3 (8±3)	Evans (2006)
10	325 π.Χ. ± 25	Ελλ άδ α	37. 92	24.92	57.2 ±1.1	353. 6±2	52.2 ±0.6	75±1(71±1)	10±2 (13±1)	Evans&Maresc hal (1988)
<i>Καταγραφή Αυροραε το 225 π.Χ., Κεντρική Ιταλία</i>										
11	250 π.Χ. ± 50	Ελλ άδ α	40. 79	22.05	57.4 ±1.7	349. 5±3. 2	52.2 ±0.9	77±2	-7±3	De Marco et al. (2008)

12	250 π.Χ. ± 50	Ελλ άδ α	40	21.9	52.6 ±5.3	348. 1±8. 7	56.8 ±2.6	71±5	1±6	Spatharas et al. (2011)
13	<i>Καταγραφή Αυροραε το 200-100 π.Χ., Κεντρική Ιταλία</i>									
14	200 π.Χ. ± 130	Ελλ άδ α	40. 7	22.33	62.5 ±3.6	354. 8±7. 8	46.2 ±2.2	83±5	-11±7	Evans (2006)
15	200 π.Χ. ± 130	Ελλ άδ α	40. 8	22	60.8 ±22	355. 3±4. 5	48.2 ±1.3	82±2	-1±4	Evans (2006)
16	<i>Καταγραφή Αυροραε από τον Σενέκα (40-55 π.Χ.)</i>									
17	0 ± 100	Ελλ άδ α	37. 08	25.15	47.6 ±2.7	344. 6±4	61.3 ±1.2	64±2	8±2	De Marco et al. (2008)
18	65 μ.Χ. ± 134	Ελλ άδ α	37. 38	25.29	47.1 ±2.5	352. 1±3. 7	61.7 ±1.1	65±2	16±2	Evans&Maresc hal (1988)

1. ϕ /latitude = γεωγραφικό πλάτος, λ /longitude = γεωγραφικό μήκος της θέσης υπολογισμένο σε μοίρες ° (in degrees)
2. Inclination= η έγκλιση(I) και Declination(D)= η απόκλιση του μαγνητικού πεδίου ,όπως έχουν μετρηθεί με την μέθοδο του Αρχαιομαγνητισμού, υπολογισμένο σε μοίρες ° (in degrees)
3. co-latitude (θ_m)= η διαφορά μεταξύ ενός μετρημένου γεωγραφικού πλάτους και των 90°.
4. Virtual geomagnetic pole latitude (VGPlat), virtual geomagnetic pole longitude (VGPlong), δηλαδή το πλάτος και το μήκος του εικονικού γεωμαγνητικού πόλου.

Πίνακας 3. VGPs υπολογισμένοι με Αρχαιομαγνητισμό χρησιμοποιώντας μετρημένα υλικά για Ιταλία, Γαλλία, Ουκρανία, Βουλγαρία και Αγγλία.

Σειρά	Καταγραφή Aurogae το 166 π.Χ.									
13	175±75	Αγγλία	51.8	358.6	72.3±3.1	357.5±10.2	32.5±2.5	71±5	352±14	Aitken & Hawley (1967)
	<i>Καταγραφή Aurogae το 154 π.Χ.</i>									
14	150±50	Αγγλία	51.4	357.7	65.4±4.3	349.9±10.3	42.5±2.8	79±6	316±12	Aitken & Hawley (1966)
15	150±50	Αγγλία	50.6	357.6	68.8±0.7	359.9±1.9	37.8±0.5	77±1	357±2	Clark et. al. (1988)
	<i>Καταγραφή Aurogae το 200-100 π.Χ., Κεντρική Ιταλία</i>									
16	150±50	Ιταλία	40.4	16.7	57.9±1.7	358.3±3.2	51.4±0.9	79±2	11±3	Evans & Hoyer (2005)
17	150±50	Ιταλία	40.39	16.72	57.9±1.7	358.3±3.2	51.4±0.9	79±2	11±3	Evans & Hoyer (2005)
18	100±50	Ιταλία	41.32	15.63	63±1.7	4.8±3.7	45.5±1.1	85±2	54±3	Evans & Hoyer (2005)
	<i>Καταγραφή Aurogae από τον Σενέκα (40-55 π.Χ.)</i>									
19	40±40	Γαλλία	48.48	2.5	67±2	-3.6±4	40.3±1.4	81±3	-16±6	Thellier (1981)
	<i>Καταγραφή Aurogae κατά τα έτη 32, 30 & 15 π.Χ.</i>									
20	25±85	Αγγλία	52.9	356.40	71.0±9.6	344.2±29.5	34.6±7.5	68±17	319±42	Clark (1983)

21	15 ± 50	Αγγ λία	51.1 3	359.4 3	66.1± 5.8	352.1± 14.3	41.5± 3.9	79±8	327±1 7	Clark et al. (1988)
22	15 ± 50	Αγγ λία	51.1 3	359.4 3	65.3± 3.4	351.4± 8.1	42.6± 2.2	80±5	322±1 0	Clark et al. (1988)
<i>Καταγραφή Αυρορα από τον Σενέκα (40-55 π.Χ.)</i>										
23	0- 10 0 μ. Χ.	Βουλγαρί α	43.7	23.1	66.3±2	-	41.3± 1.4	88±3	23 ±5	Kovac heva (1980)

1. ϕ /latitude = γεωγραφικό πλάτος, λ /longitude = γεωγραφικό μήκος της θέσης υπολογισμένο σε μοίρες ° (in degrees)
2. Inclination= η έγκλιση(I) και Declination(D)= η απόκλιση του μαγνητικού πεδίου ,όπως έχουν μετρηθεί με την μέθοδο του Αρχαιομαγνητισμού, υπολογισμένο σε μοίρες ° (in degrees)
3. co-latitude (θ_m)= η διαφορά μεταξύ ενός μετρημένου γεωγραφικού πλάτους και των 90°.
4. Virtual geomagnetic pole latitude (VGPlat), virtual geomagnetic pole longitude (VGPlong), δηλαδή το πλάτος και το μήκος του εικονικού γεωμαγνητικού πόλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Το θεαματικό φαινόμενο του βόρειου σέλαος διεύγειρε την περιέργεια και το ενδιαφέρον των επιστημόνων και άλλων απλών παρατηρητών ήδη από τους αρχαίους χρόνους και γι' αυτό καταγράφηκε και περιγράφηκε ανάλογα. Οι υπολογιζόμενες VGPs από μετρημένα κατευθυντικά δεδομένα υπολογίζονται επίσης από μειωμένα δεδομένα σε κοινό γεωγραφικό πλάτος.

Ο κυκλικός (ωοειδής) σχηματισμός των βόρειων φανών γύρω από το μαγνητικό πόλο της γης θα μπορούσε να εμφανιστεί και στα μέσα γεωγραφικά πλάτη. Η καταγραφή κάποιων πρώιμων αρχείων σέλαος από την Κίνα, την Ελλάδα και την Ιταλία κατά τη διάρκεια της 1ης χιλιετίας π.Χ. έχουν μελετηθεί σε σχέση με τις αρχαιομαγνητικές τιμές κλίσης και απόκλισης μέσα στα σιδηρομαγνητικά υλικά του ψημένου πηλού (κεραμικά, κλιβάνους). Ο θεωρητικώς υπολογισμένος εικονικός γεωμεγνητικός πόλος (VGP) και οι συσχετισμένες με αυτόν σχηματισμοί σέλαος κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις η παρατήρηση ενδεχομένως να ήταν αληθινή. Υπάρχουν βέβαια προβλήματα για την απόδοση αρχαιομαγνητικών δεδομένων σε θέσεις μαγνητικού πόλου μέσου γεωγραφικού πλάτους και ο στόχος είναι να εξετασθεί και να ενισχυθεί η ακρίβεια των αρχαιομαγνητικών δεδομένων, ή σε άλλες περιπτώσεις να τεθεί αμφισβήτηση των αρχαιομαγνητικών δεδομένων.

Σε πολλές περιπτώσεις χρειάζονται περισσότερες μετρήσεις, αλλά με μειωμένα σφάλματα ηλικίας και αυξημένη αξιοπιστία στα κατευθυντήρια δεδομένα από στατιστικά και συστηματικά σφάλματα. Η παρατήρηση του σέλαος ενισχύει επίσης τη συνάφεια ή τις μικρές διαφορές μεταξύ των μαγνητικών πόλων και των υπολογισμένων VGPs. Η αξιολόγηση αυτή συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην εντύπωση ότι οι πρώιμες ιστορικές κοινωνίες είχαν μεγάλο φάσμα δυνατοτήτων στο να κάνουν ακριβή παρατήρηση του ουρανού τους, που αναμφισβήτητα είναι εξαιρετικά χρήσιμη επιστημονική πληροφόρηση για τη μελέτη των παλαιότερων αστρονομικών και χερσαίων-μετεωρολογικών φαινομένων.

Μελετώντας τους πίνακες με τις τιμές του εικονικού πόλου μπορούμε να υπολογίσουμε τις πιθανότητες εμφάνισης βόρειου σέλαος από το πλάτος του σε σύγκριση με το πλάτος της περιοχής που έχει βρεθεί το δείγμα. Αν λοιπόν αφαιρέσουμε 22° με 30° που είναι η ελάχιστη και η μέγιστη ακτίνα του οβάλ του σέλαος από την μειωμένη μέση τιμή του πλάτους του VGP και το αποτέλεσμα συμπίπτει με τις μοίρες του γεωγραφικού πλάτους της θέσης μελέτης μας, τότε θα μπορούσαν οι κάτοικοι εκείνης της εποχής να έχουν αντικρίσει εκεί, τα φαντασμαγορικά βόρειο φώτα.

Τέλος θεωρώ ότι πολύ βασικές πληροφορίες είναι και οι πίνακες χρονολόγησης και περιγραφής του φαινομένου που δεν βασίζονται σε αρχαιομαγνητικά μετρητικά

δεδομένα. Αποτελούν ισχυρό κίνητρο ώστε να βρεθεί το κατάλληλο υλικό (κεραμικά, κλίβανοι) και από τις περιοχές της Βαβυλωνίας ή τις Ισπανίας που καταγράφονται χαμηλού πλάτους σέλας. Συνεπώς θα ήταν καλό να μελετηθούν μέσα από την επιστημονική μέθοδο του Αρχαιομαγνητισμού και αυτές οι περιγραφές για να επιβεβαιωθεί ή να απορριφθεί η περίπτωση εμφάνισης .

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Dagleis I. , Akasofu S. , Aurora - The magnificent northern lights on the splendors of aurora , March 2004 , The Eggs, issue 7 ,σελ 12-18.
2. Ξυλοπαρκιώτης Κ.: «Όταν πνέει ο ηλιακός άνεμος: Η επιστημονική εξήγηση για τα φώτα του Βορρά», Μάρτιος 1998, Περισκόπιο της Επιστήμης, τεύχος 215, σελ. 40-51.
3. Δαγκλής Ι., Syun-Ich Akasofu ,Σέλας-Alaska by night, 8 Μαΐου 2004, Γεωτρόπιο, τεύχος 213, σελ. 72-75.
4. Northern Lights Legends from Around the World. (Διαθέσιμο στον διακτυακό τόπο: <https://www.theaurorazone.com/about-the-aurora/aurora-legends>)
5. Richard St. , Ancient Aurorae, March 1979 , Isis, Vol. 70, No. 1, The University of Chicago Press, σελ. 85-95
6. Αριστοτέλης Άπαντα ,(1994) Τόμος 13 , Μετεωρολογικά 1 Α, Β, Αθήνα, Κάκτος.
7. Liritzis I. , Aurorae Boreales and geomagnetic inclinations as aids to archaeomagnetic dating , Earth, moon and planets, (17 March) , Volume 42, Issue 2, pp 151–162
8. Δαγκλής Ι. Α., Μεταλληνού Φ.Α., (Ιούνιος 2006) Ήλιος και Γη - μια ιδιαίτερη σχέση έρωτα και μίσους, Ινστιτούτο διαστημικών εφαρμογών και τηλεπισκόπησης (ΕΑΑ), είναι διαθέσιμο στον ιστότοπο https://www.astro.noa.gr/journal/Periodic/journal_10daglis.htm
9. Liritzis I., Panou Ev., Changhong M., Fengxian X., Cai Sh. (2017), Aurorae and Archaiomagnetism from the 1st millennium B.C. China, Greece and Italy, Vol.17, No 3, Mediterranean Archaeology and Archaeometry , pp. 273-300.
10. Μεταλληνού Φ.Α. ,Ανάπτυξη και Εξασθένιση Μαγνητικών Καταγίδων στο Γεωδιάστημα,(2008),τομέας αστροφυσικής, αστρονομίας και μηχανικής ,Θεσσαλονίκη, Δεκέμβριος 2008 , σελ.28
11. Robert F.Butler ,Paleomagnetism:Magnetic Domains to Geologic Terranes 1992 (κεφάλαιο7)
12. Χασάπης Δημήτριος ,Εργαστηριακές ασκήσεις φυσικής εκδόσεις Κάλλιπος,2015 (κεφάλαιο 16)

13. Young H.D., Πανεπιστημιακή Φυσική, Τόμος Α και Β, Εκδόσεις Παπαζήση, 1995
14. Δ. Π. Σιμόπουλος, Ηλιακές καταιγίδες και σέλας. Διαδικτυακό περιοδικό www.pemptousia.gr, 04 Νοεμβρίου 2015
15. By Jesse Emspak, Northern Lights: 8 Dazzling Facts About Auroras, Live Science Contributor | October 27, 2014
16. Introducing Geography - 4 Main Categories of Geography. Document by: Gsekkes
17. J.M. Vaquero – M. Vazquez, The sun recorded through history, Springer Science+Business Media, Spain 2009 pp 320-321
18. Eighmy, Jeffery, Sternberg, Robert (editors) (1990). "Archaeomagnetic Dating." Tucson: The University of Arizona Press
19. Robert F. Butler (1992). "Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes." Boston: Blackwell Scientific Publications
20. Λυριτζής Ι (1994) Αρχαιομετρία. Μέθοδοι χρονολόγησης στην αρχαιολογία. 2η εκδ Καρδαμίτσα, Αθήνα, (Κεφ.5)
21. Stothers R., Solar Activity Cycle during Classical Antiquity, Astron. Astrophys (1979) vol.77, EDP Sciences, pp 121-127
22. J. M. Vaquero, M. C. Gallego. Letter to the Editor Two early observations of aurora at low latitudes. (2001) Annales Geophysicae, European Geosciences Union, vol.19, issue7, pp.809-811.
23. Hayakawa et al. Earth, Planets and Space (2016), Earliest datable records of aurora-like phenomena in the astronomical diaries from Babylonia, 68:195
24. P. K. Wang, G. L. Siscoe, Some early descriptions of aurorae in China, (1995), Ann. Geophysicae 13, pp 517- 521