



Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

*Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών*

Αξιοπιστία Συστημάτων - Εργασία Λογισμικού

9^ο εξάμηνο

Ομάδα 11:

Μαμουγιώργη Μαρία mmamougi@ece.auth.gr 10533

Φωτιάδης Αλέξανδρος afotiadis@ece.auth.gr 10392

Θέμα: Ανάλυση δορυφόρου UPSat στο λογισμικό OMERE

19 Ιανουαρίου 2025



Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων	1
A. Ορισμός Αποστολής	2
B. Προσομοίωση του Διαστημικού Περιβάλλοντος	3
a. Trapped Protons and Electrons	3
b. Solar Protons and Ions	4
c. Solar Flares	5
d. Galactic Cosmic Rays (GCR)	5
C. Υπολογισμός της Δόσης και της Εναπόθεσης Ενέργειας (LET)	6
a. Dose Depth Curve	6
b. LET - Energy Curve	6
D. Υπολογισμός SEE Rates	7
a. MT29F32G08ABAAA	7
i. page program fail	7
ii. loss of functionality	7
b. MSP430FR5969SP	8
i. SEU	8
ii. SEFI	8
c. Cypress EZUSB FX2	9
i. all errors recorded	9
ii. Read Enable	10
iii. Write Enable	10
E. SEE Table Results	11
F. Periodic See Rates Calculation	12
a. MT29F32G08ABAAA - page program fail	13
b. MT29F32G08ABAAA - loss of functionality	13
c. MSP430FR5969SP - SEU	14
d. MSP430FR5969SP - SEFI	14
e. Cypress EZUSB FX2 - all errors recorded	15
f. Cypress EZUSB FX2 - Read Enable	15
g. Cypress EZUSB FX2 - Write Enable	16
G. Συμπεράσματα και Συγκρίσεις	16



A. Ορισμός Αποστολής

Παράμετροι Προσομοίωσης:

- Διάρκεια Αποστολής: 17/5/2017 - 12/11/2018 → 544 μέρες συνολικά

Orbit parameters

Name : Orbit UPSAT Standards

Orbit type

Simple Position
 Orbit Parameters
 Orbit File
 TLE

Semi-major axis and eccentricity

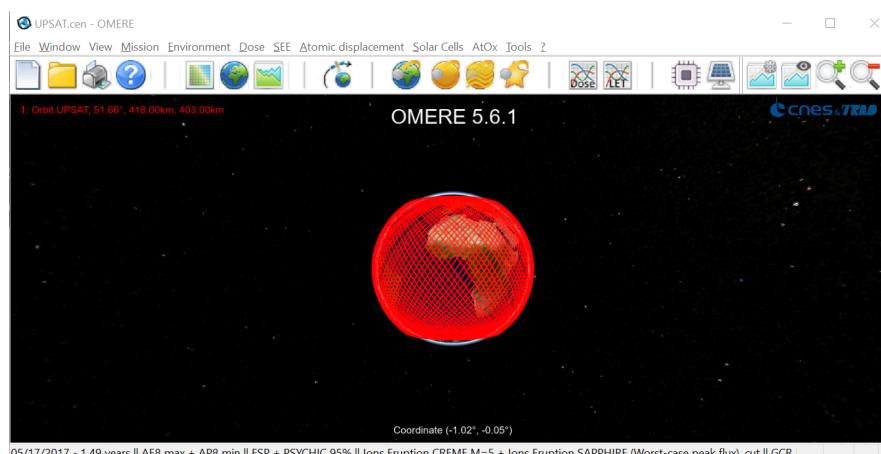
Apogee : 418 km
Perigee : 403 km
Inclination : 51.66 degrees
Perigee argument : 0.02815 degrees
Longitude of ascending node : 171.0055 degrees
True anomaly : 0 degrees

Period : 92.8 mn Semi-major axis : 6788.6 km

Mission duration : 544 day(s)

Number of orbits : 100 Duration : 154.6 h
Number of points per orbit : 100 Time Step : 55.7 s

Ok Cancel



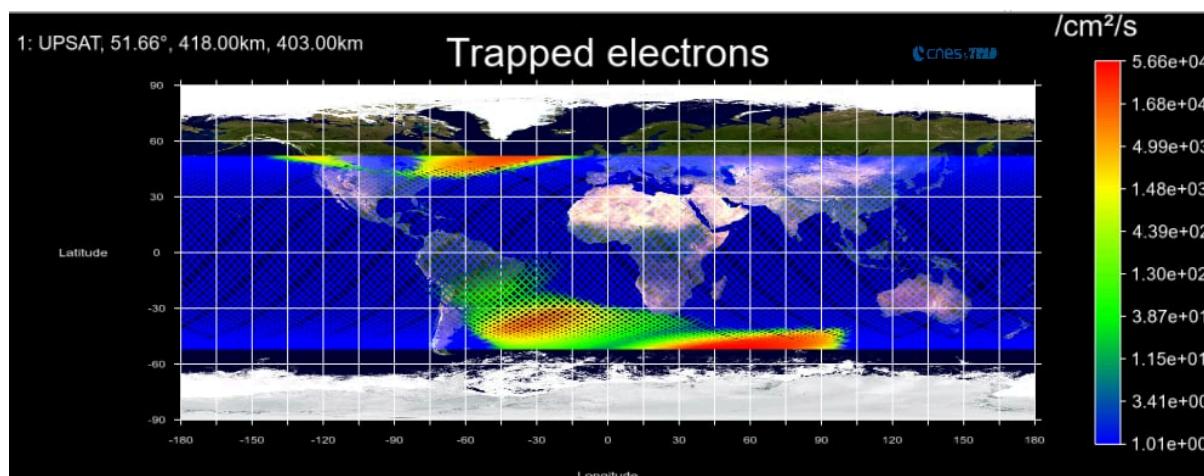
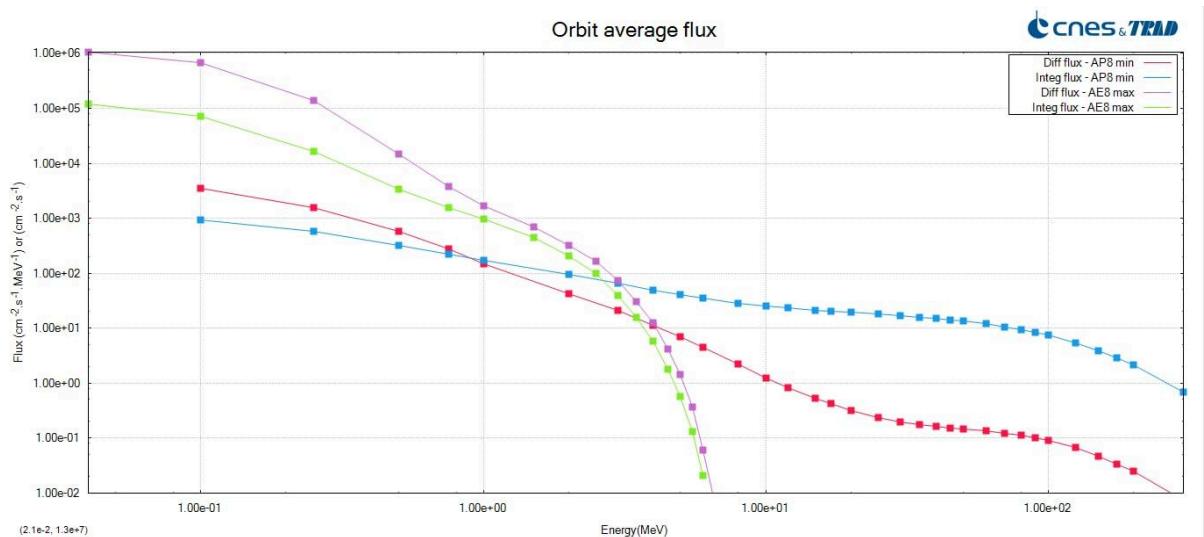


Β. Προσομοίωση του Διαστημικού Περιβάλλοντος

Επιλεγμένα Μοντέλα:

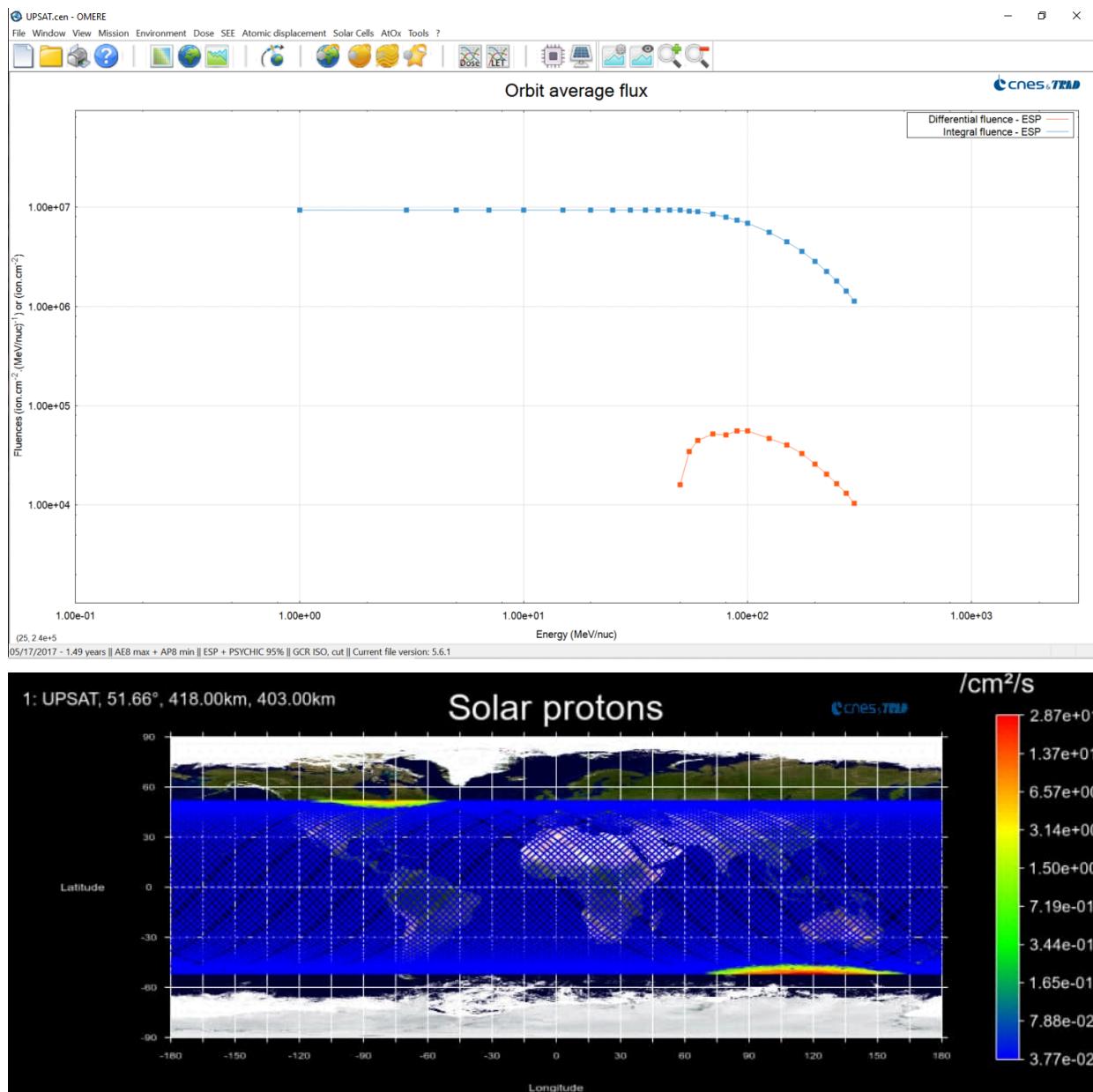
- AP8 Min για trapped protons.
- AE8 Max για trapped electrons.
- ESP για solar protons.

a. Trapped Protons and Electrons





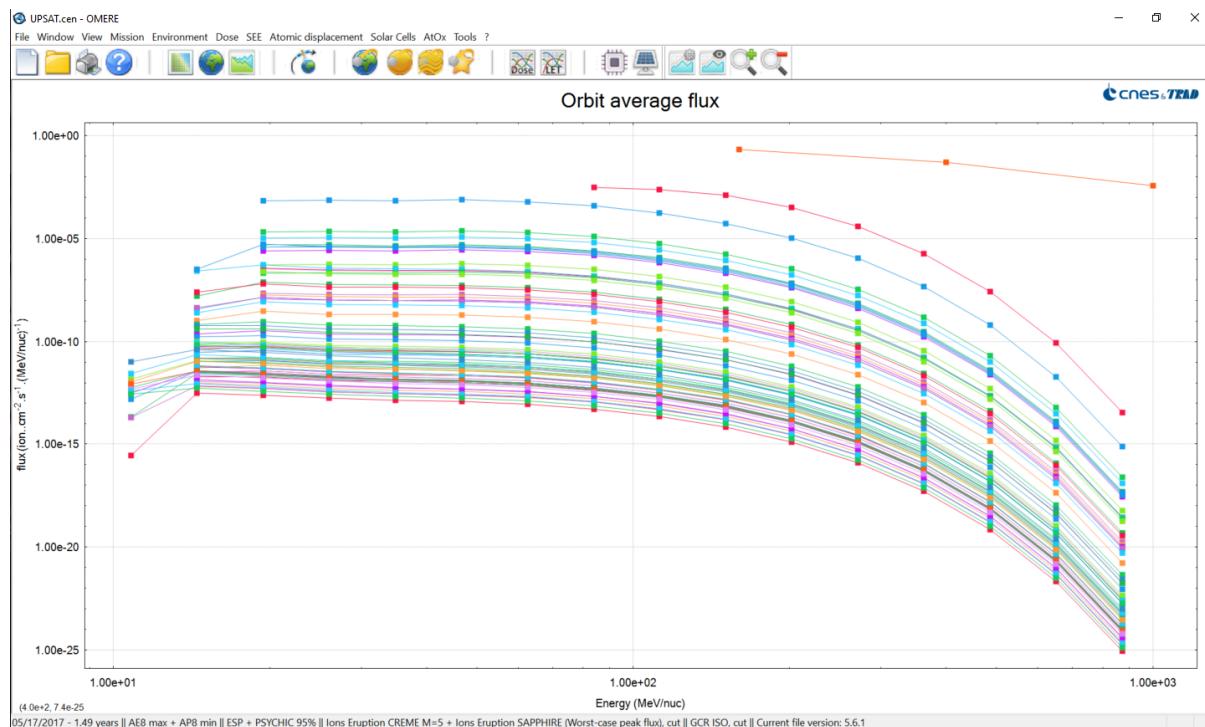
b. Solar Protons and Ions



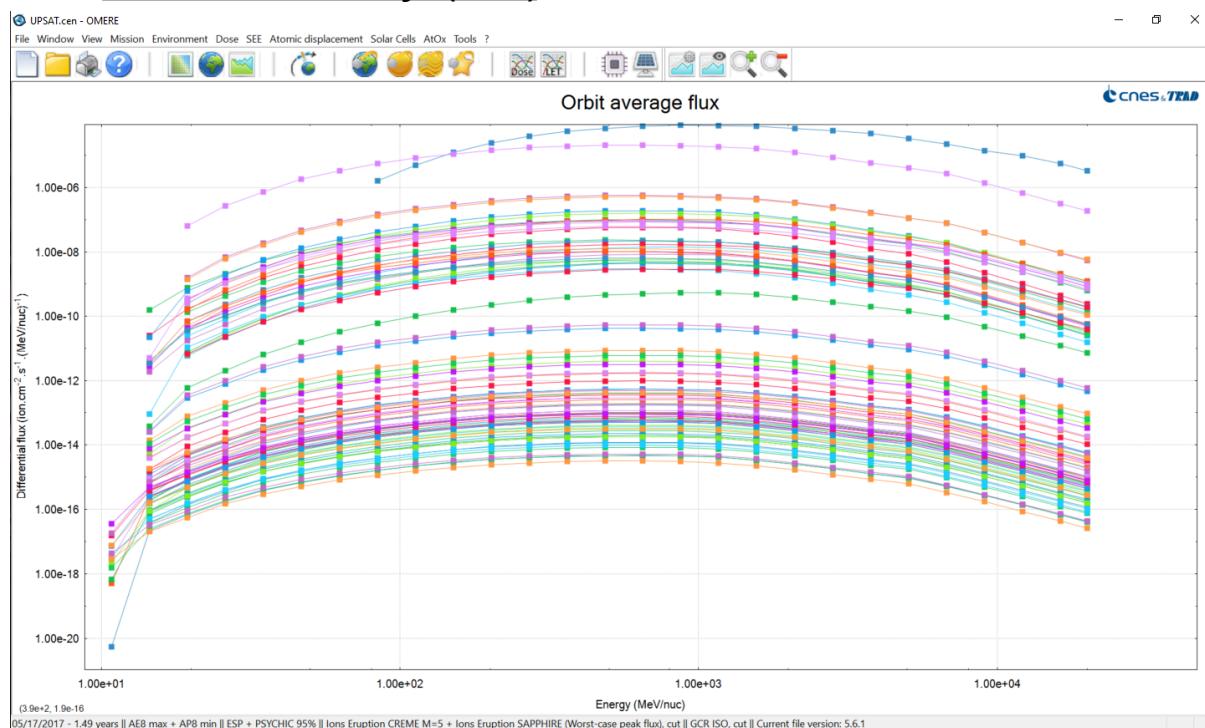
Για το παραπάνω figure με την απεικόνιση των solar flare protons και ions πάνω στην 2D απεικόνιση της γης χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο ONERA για τον υπολογισμό των ιόντων καθώς η επιλογή του μοντέλου Psychic δεν ήταν διαθέσιμη για αυτόν τον σκοπό.



c. Solar Flares



d. Galactic Cosmic Rays (GCR)

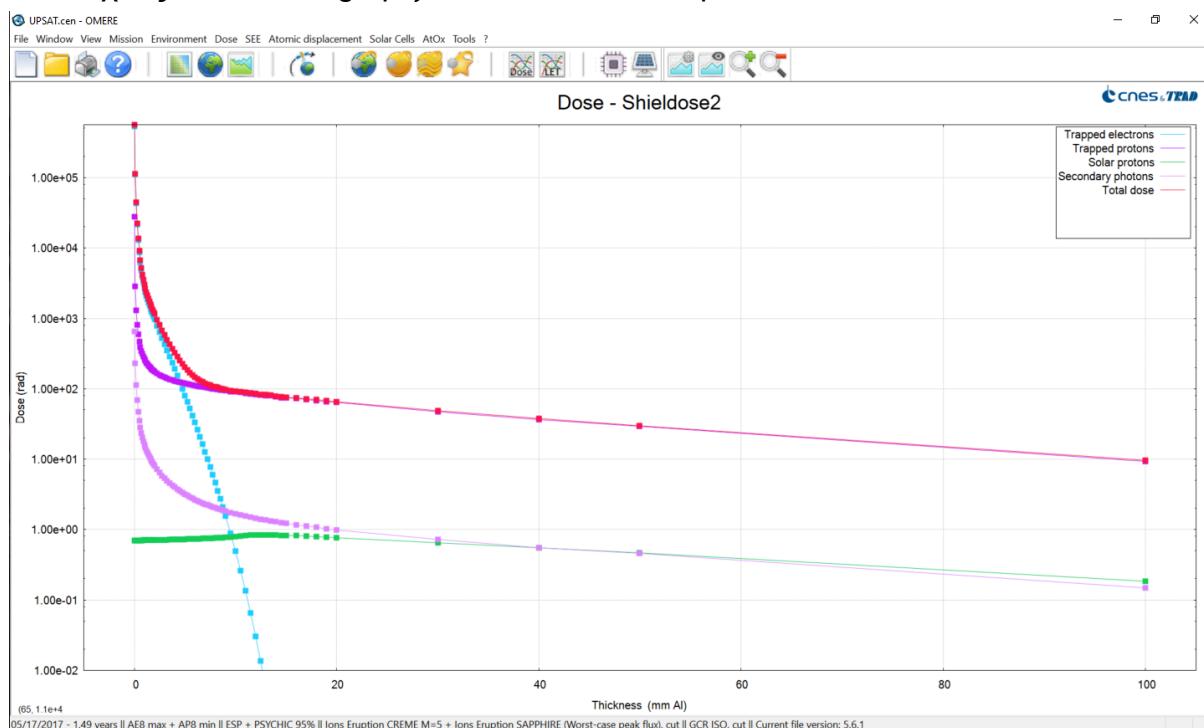




C. Υπολογισμός της Δόσης και της Εναπόθεσης Ενέργειας (LET)

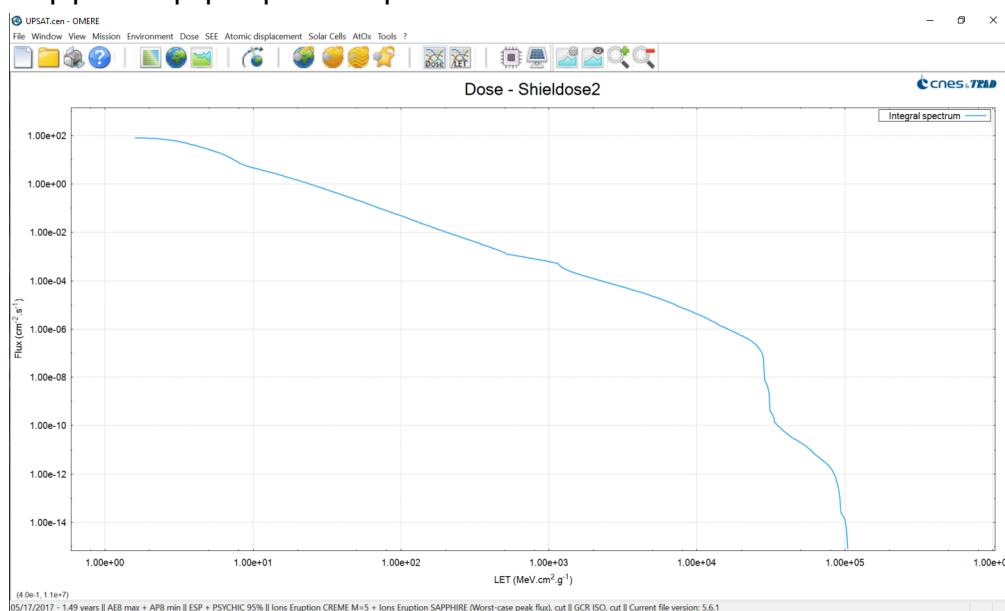
a. Dose Depth Curve

Υπολογισμός της συνολικής δόσης που λαμβάνουν τα εξαρτήματα, ως συνάρτηση του πάχους. Το shielding ορίζεται στα 5 mm αλουμινίου.



b. LET-Energy Curve

Υπολογισμός και ανάλυση της εναπόθεσης ενέργειας σωματιδίων στα εξαρτήματα. Εμφάνιση διαγραμμάτων που απεικονίζουν την ευαισθησία των εξαρτημάτων σε ενεργειακά φορτισμένα σωματίδια.



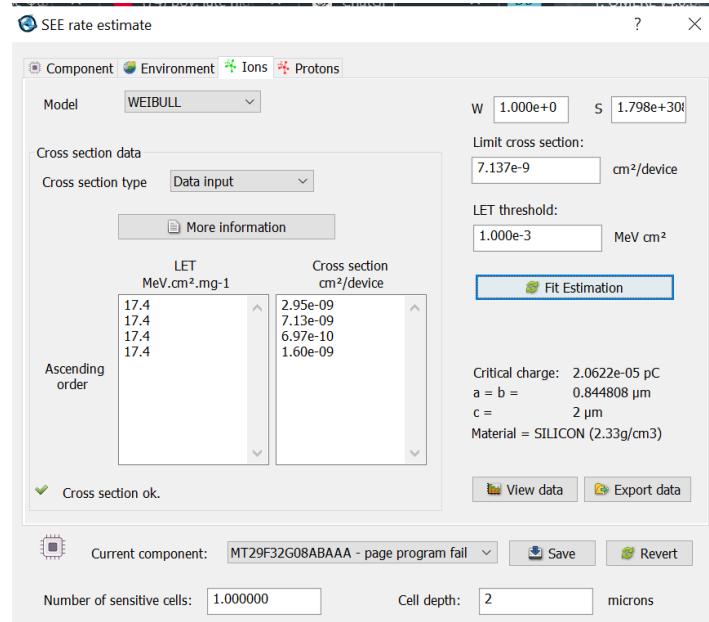


D. Υπολογισμός SEE Rates

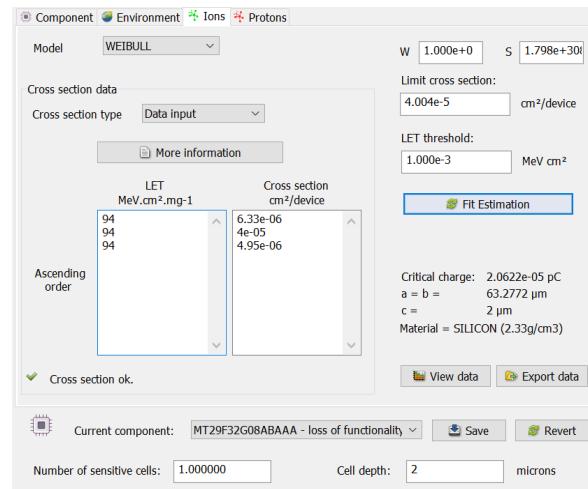
Χρήση των μοντέλων PROFIT (πρωτόνια) και WEIBULL (ιόντα).

1. MT29F32G08ABAAA

a. page program fail (seeRates_PageProgramFail.see)



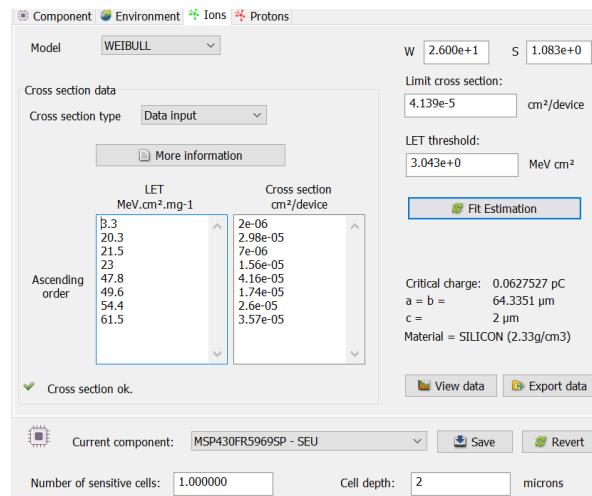
b. loss of functionality (seeRates_LossOfFunctionality.see)



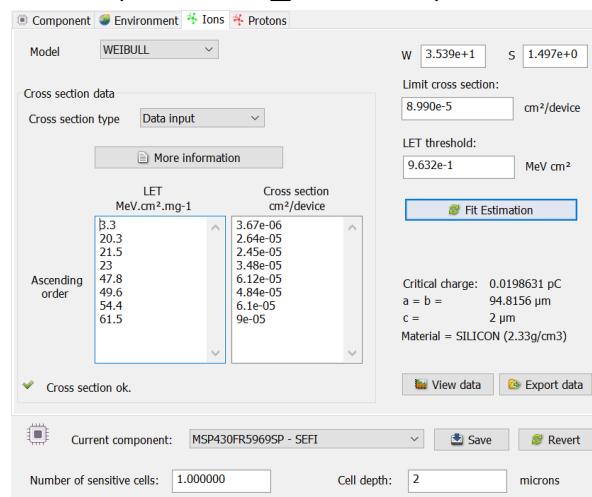


2. MSP430FR5969SP

a. SEU (seeRates_SEU.see)



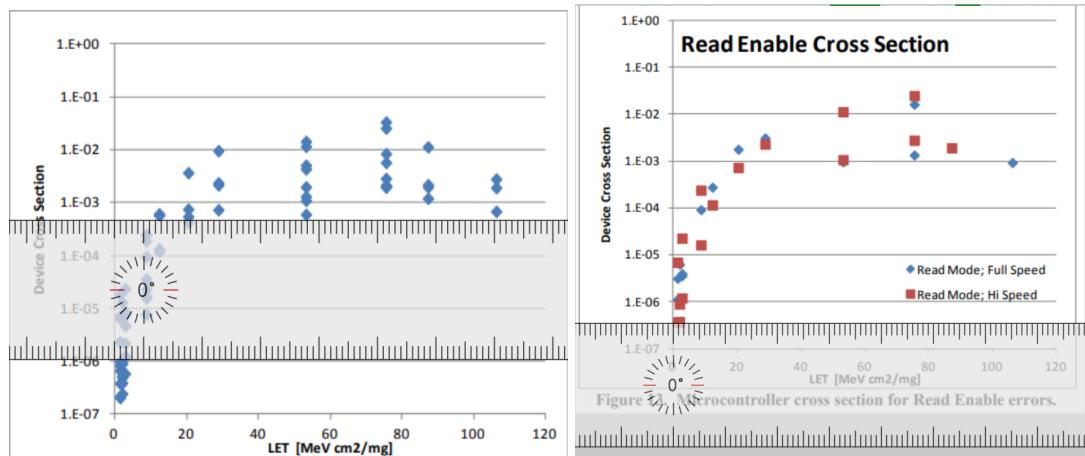
b. SEFI (seeRates_SEFI.see)





3. Cypress EZUSB FX2

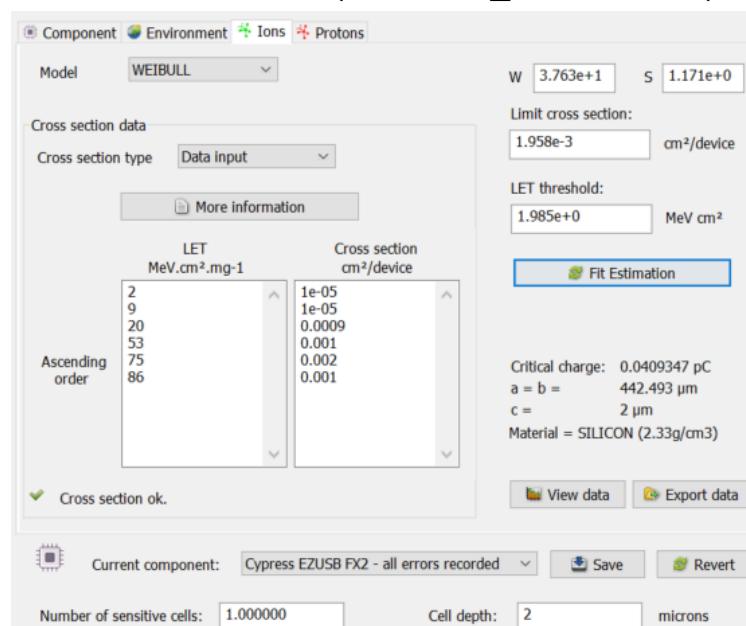
Οι τιμές για το εν λόγω εξάρτημα βγήκαν εμπειρικά από τα διαγράμματα που υπήρχαν στο έγγραφο.



Μέθοδος εύρεσης τιμών LET - Cross-section

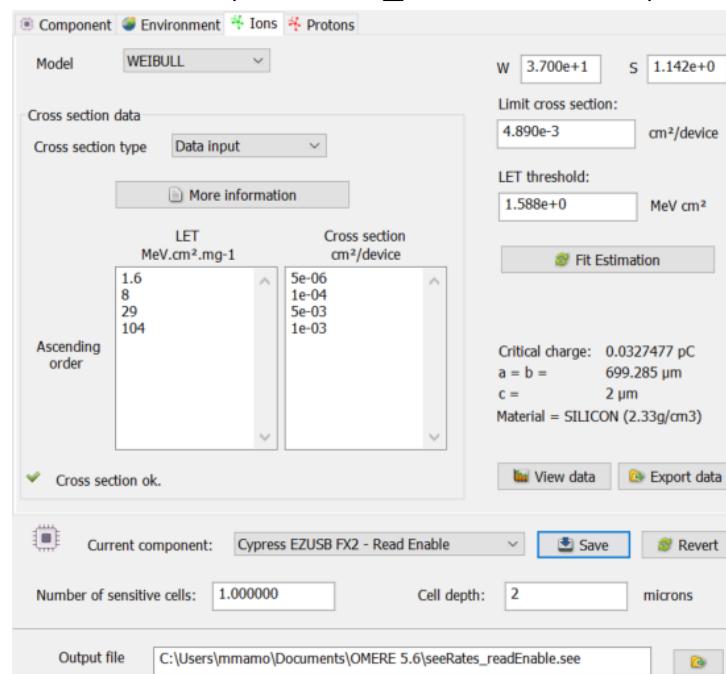
Πριν προχωρήσουμε με τις προσομοιώσεις του εν λόγω εξαρτήματος, να σημειωθεί πως για τα σφάλματα ReadEnable και WriteEnable χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές από τα εν λόγω διαγράμματα (Figure 13, 14) που αντιστοιχούν σε Full Speed Read και Full Speed Write.

a. all errors recorded (seeRates_allErrors.see)

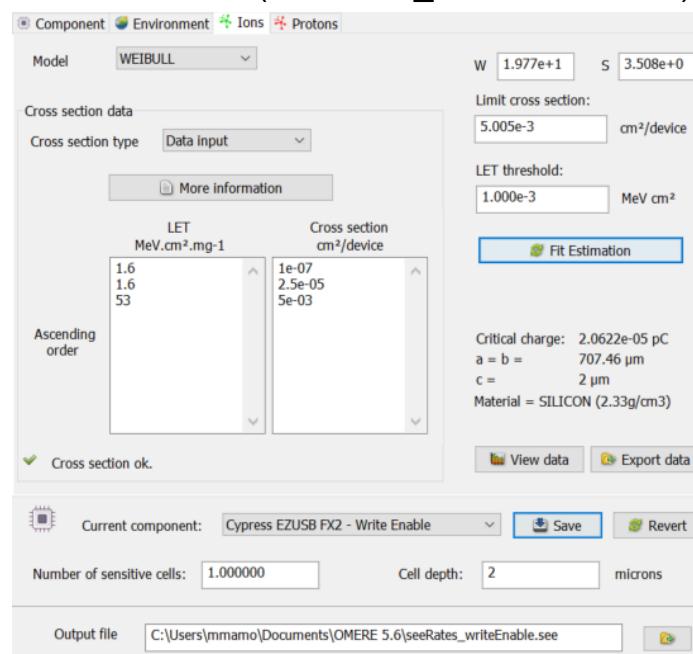




b. Read Enable (seeRates_readEnable.see)



c. Write Enable (seeRates_writeEnable.see)





E. SEE Table Results

	Solar flare ions (Heavy Ions Rate)	Cosmic rays (Heavy Ions Rate)	Trapped protons (Protons Rate)	Cosmic rays (Protons Rate)	Heavy Ions Total Rate (out of flare)	Heavy Ions Total Rate (in flare)	Protons Total Rate (out of flare)	Protons Total Rate (in flare)	Total Rate (out of flare)	Total Rate (in flare)	Number of cells	a	b	c
MT29F32G08ABAAA - page program fail	0.00e+00 /device/day	0.00e+00 /device/day	9.52e-09 /device/day	2.99e-11 /device/day	0.00e+00 /device/day	0.00e+00 /device/day	9.55e-09 /device/day	9.55e-09 /device/day	9.55e-09 /device/day	9.55e-09 /device/day	1.00e+00	8.45e-01 μm	8.45e-01 μm	2.00e+00 μm
MT29F32G08ABAAA - loss of functionality	0.00e+00 /device/day	0.00e+00 /device/day	5.34e-05 /device/day	1.68e-07 /device/day	0.00e+00 /device/day	0.00e+00 /device/day	5.36e-05 /device/day	5.36e-05 /device/day	5.36e-05 /device/day	5.36e-05 /device/day	1.00e+00	6.33e-01 μm	6.33e-01 μm	2.00e+00 μm
MSP430FR5969SP - SEU	3.56e-05 /device/day	1.13e-05 /device/day	1.03e-05 /device/day	3.66e-08 /device/day	1.13e-05 /device/day	4.69e-05 /device/day	1.03e-05 /device/day	1.03e-05 /device/day	2.16e-05 /device/day	5.72e-05 /device/day	1.00e+00	6.43e-01 μm	6.43e-01 μm	2.00e+00 μm
MSP430FR5969SP - SEFI	6.36e-05 /device/day	2.37e-05 /device/day	1.33e-05 /device/day	4.81e-08 /device/day	2.37e-05 /device/day	8.73e-05 /device/day	1.34e-05 /device/day	1.34e-05 /device/day	3.71e-05 /device/day	1.01e-04 /device/day	1.00e+00	9.48e-01 μm	9.48e-01 μm	2.00e+00 μm
Cypress EZUSB FX2 - all errors recorded	1.52e-03 /device/day	5.40e-04 /device/day	3.51e-04 /device/day	1.25e-06 /device/day	5.40e-04 /device/day	2.06e-03 /device/day	3.52e-04 /device/day	3.52e-04 /device/day	8.92e-04 /device/day	2.41e-03 /device/day	1.00e+00	4.42e+02 μm	4.42e+02 μm	2.00e+00 μm
Cypress EZUSB FX2 - Read Enable	4.63e-03 /device/day	1.77e-03 /device/day	9.77e-04 /device/day	3.44e-06 /device/day	1.77e-03 /device/day	6.40e-03 /device/day	9.80e-04 /device/day	9.80e-04 /device/day	2.75e-03 /device/day	7.38e-03 /device/day	1.00e+00	6.99e+02 μm	6.99e+02 μm	2.00e+00 μm
Cypress EZUSB FX2 - Write Enable	3.24e-03 /device/day	9.42e-04 /device/day	6.65e-04 /device/day	2.73e-06 /device/day	9.42e-04 /device/day	4.19e-03 /device/day	6.67e-04 /device/day	6.67e-04 /device/day	1.61e-03 /device/day	4.85e-03 /device/day	1.00e+00	7.07e+02 μm	7.07e+02 μm	2.00e+00 μm

Τα /device αποτελέσματα είναι ουσιαστικά τα /device/day πολλαπλασιασμένα με το σύνολο days, δηλαδή με το 544 για την εν λόγω αποστολή.

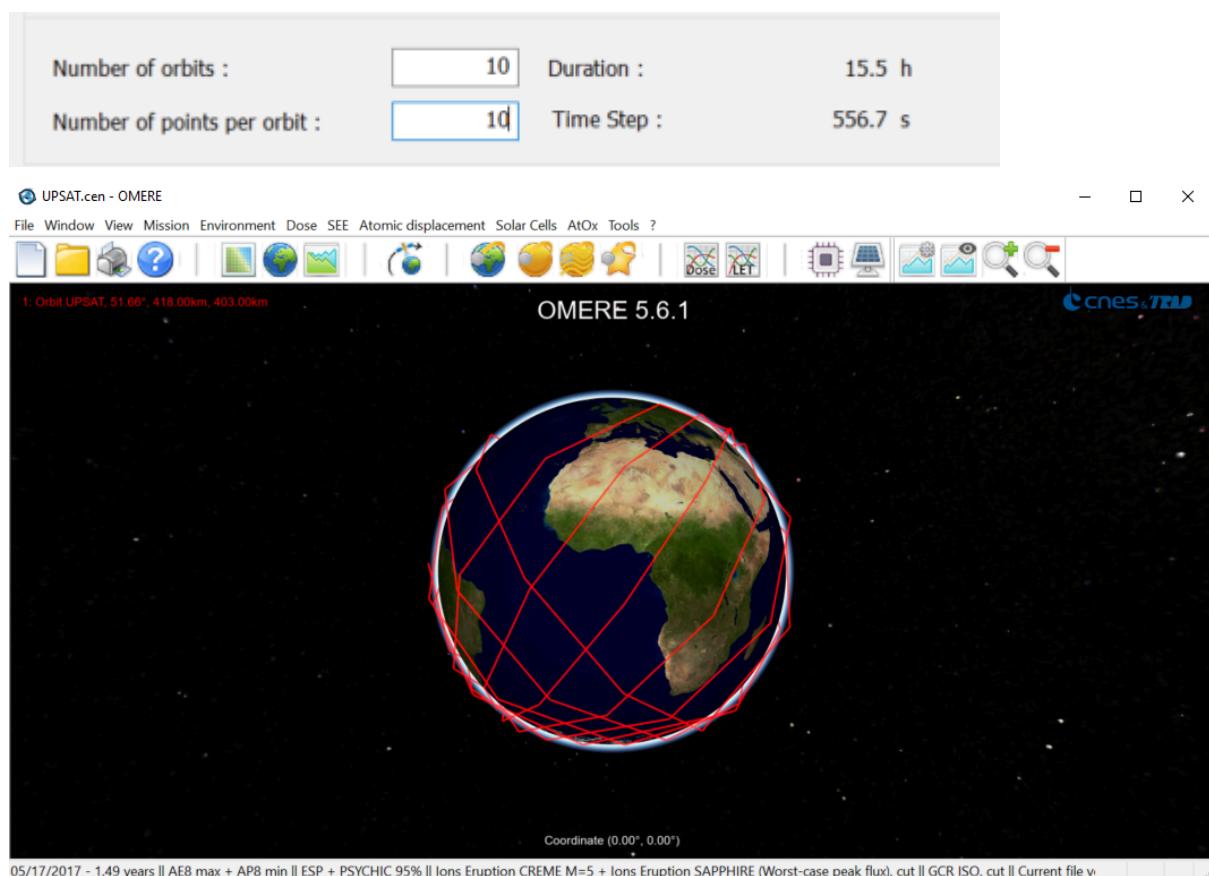
Component	Total Rate out of flare (/device)	Total rate in flare (/device)
MT29F32G08ABAAA - page program fail	5.1952e-06	5.1952e-06
MT29F32G08ABAAA-loss of functionality	0.0291584	0.0291584
MSP430FR5969SP -SEU	0.0117504	0.0311168



MSP430FR5969SP -SEFI	0.0201824	0.054944
Cypress EZUSB FX2 - all errors recorded	0.485248	1.31104
Cypress EZUSB FX2 - ReadEnable	1.496	4.01472
Cypress EZUSB FX2 - WriteEnable	0.87584	2.6384

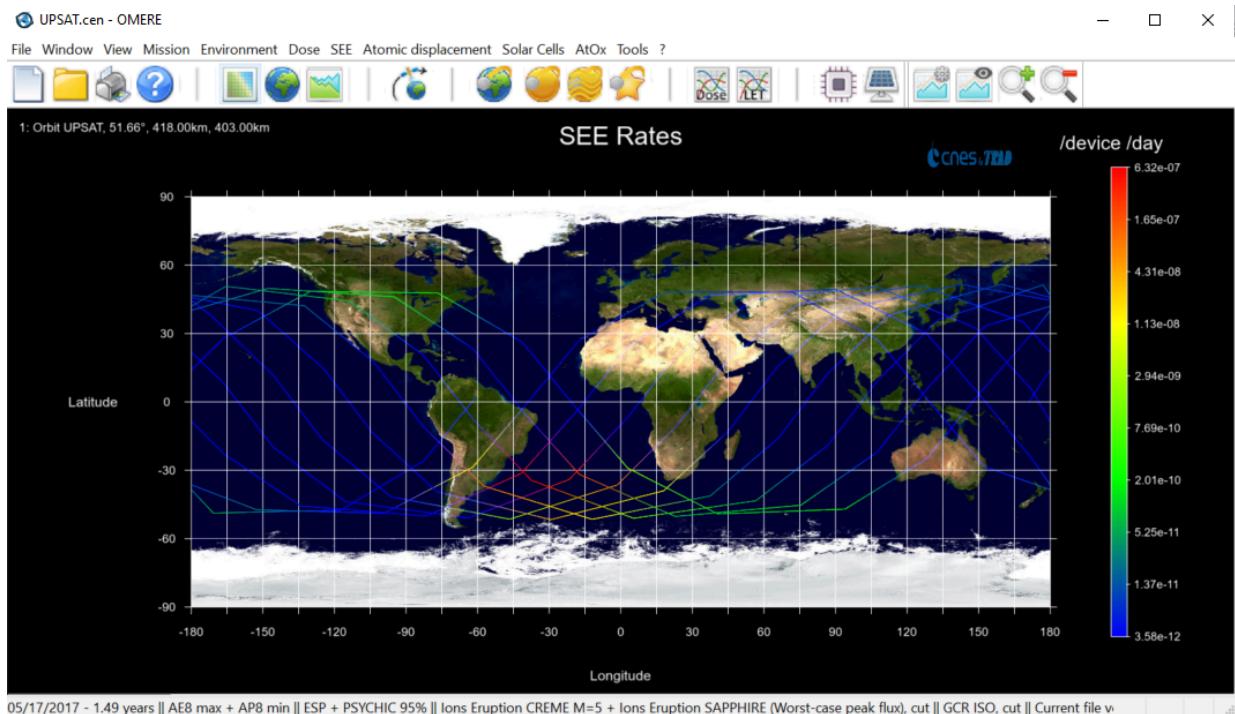
F. Periodic See Rates Calculation

Αλλάξαμε τον αριθμό των τροχιών στο συγκεκριμένο σημείο ώστε οι προσομοιώσεις να επιστρέψουν τις απεικονίσεις σε εύλογο χρονικό διάστημα. Για αυτό το λόγο τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται παρακάτω μεταφέρονται με επιφύλαξη.

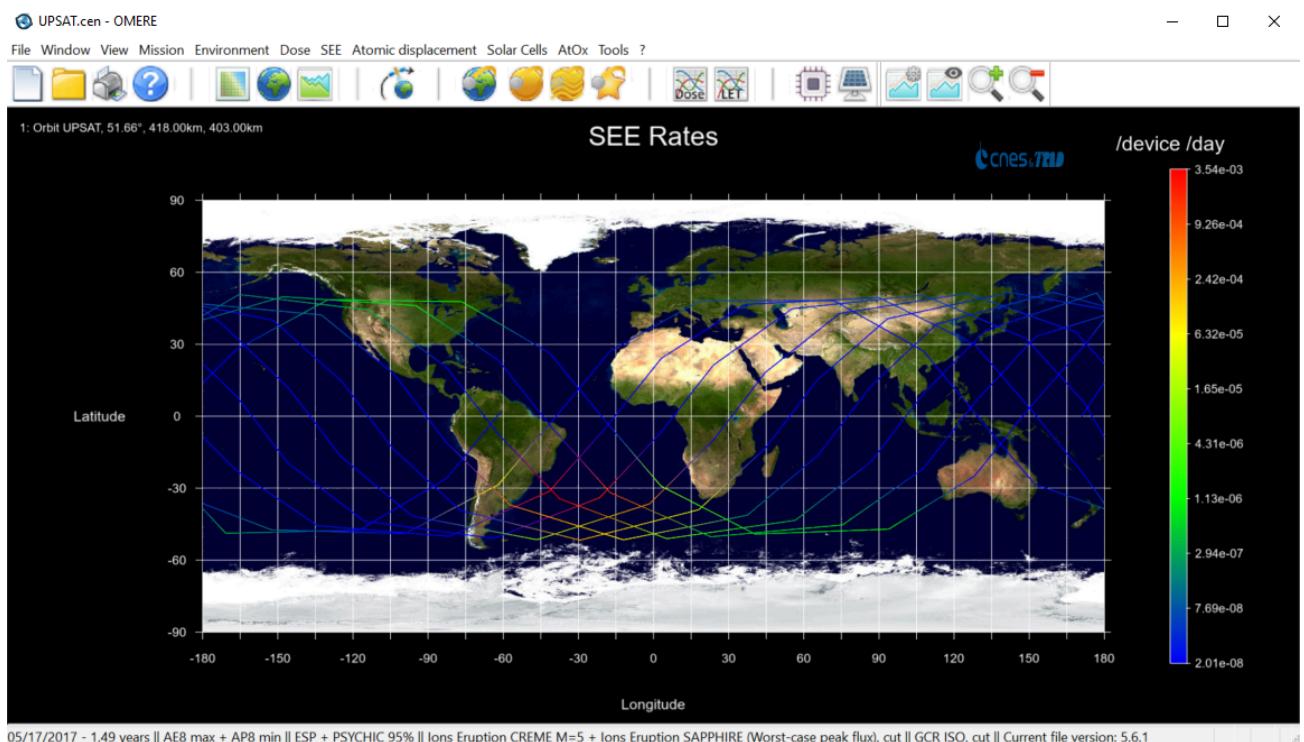




1. MT29F32G08ABAAA - page program fail (seeRatesPeriodic_PageProgramFail.see)

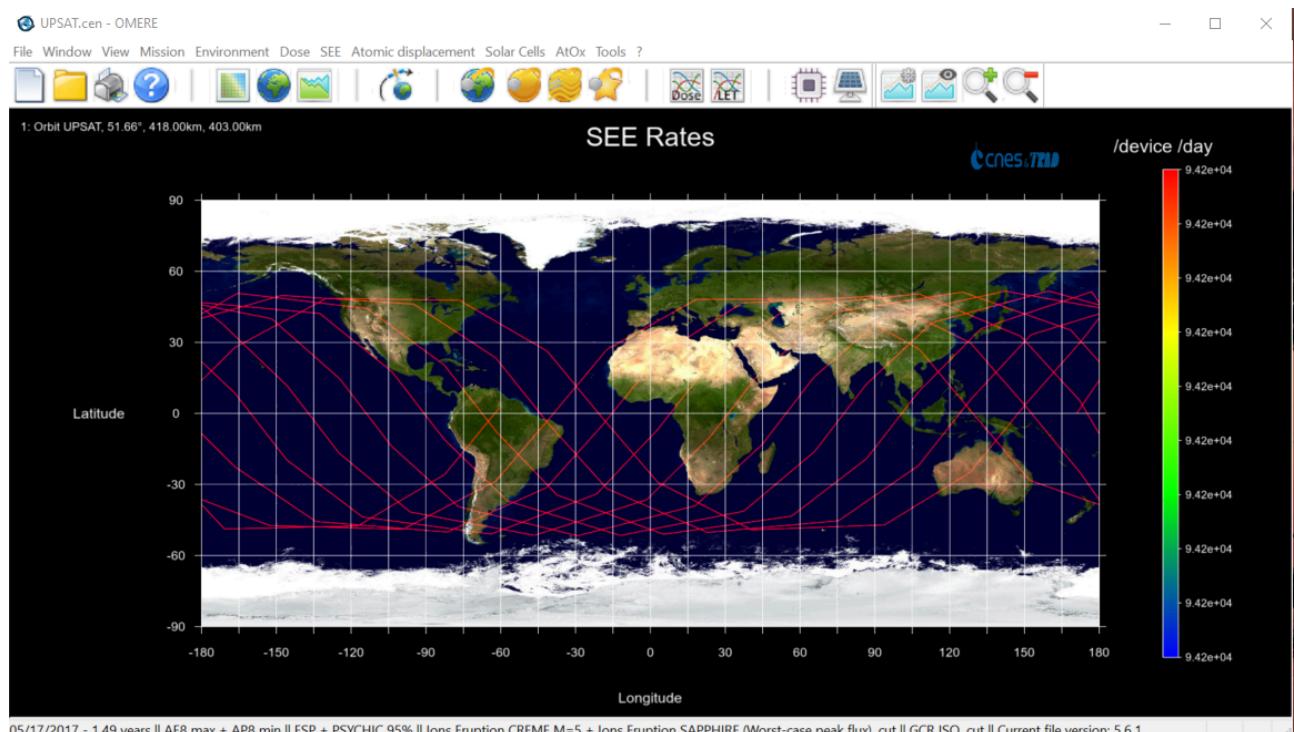


2. MT29F32G08ABAAA - loss of functionality (seeRatesPeriodic_LossOfFunctionality.see)

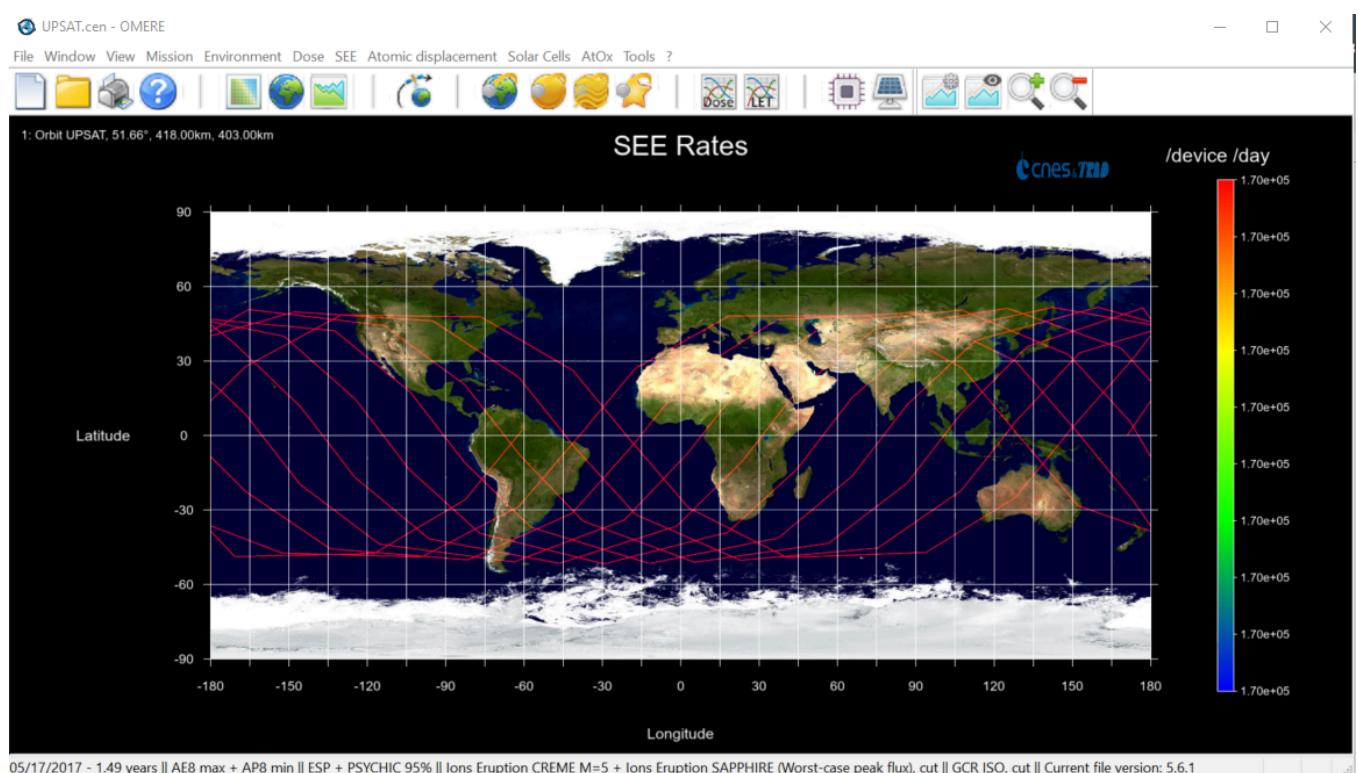




3. MSP430FR5969SP - SEU (seeRatesPeriodic_SEU.see)

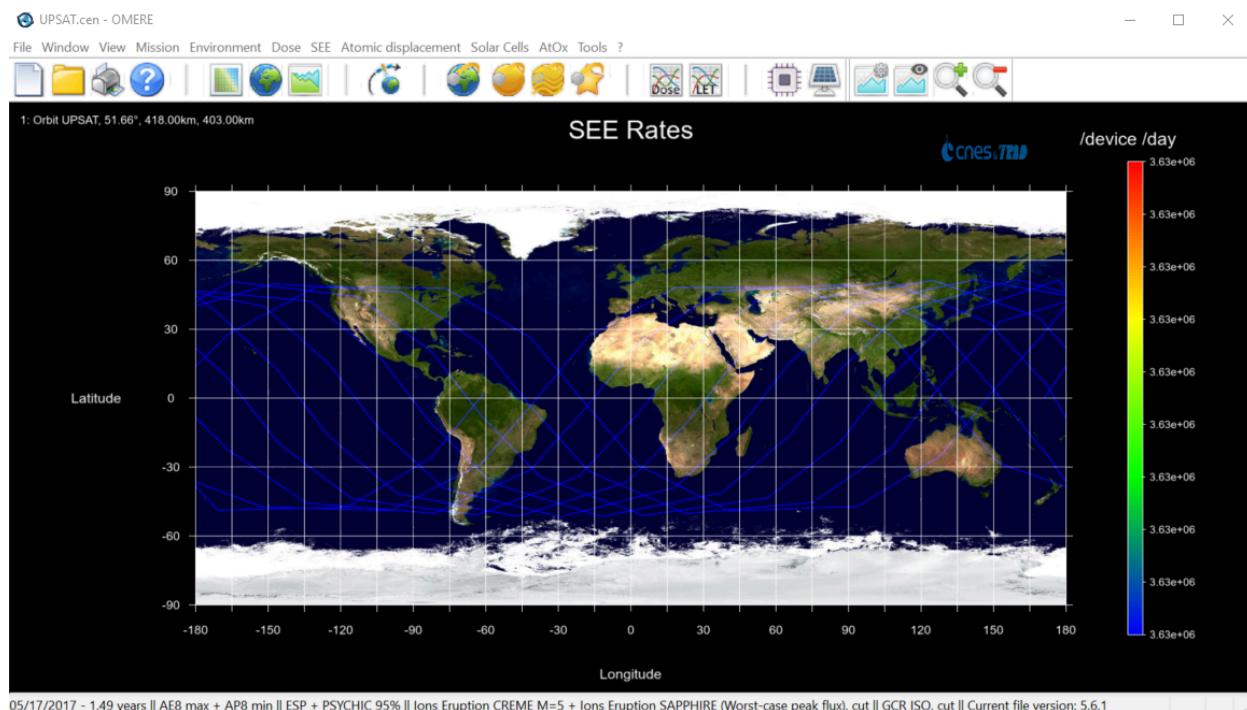


4. MSP430FR5969SP - SEFI (seeRatesPeriodic_SEFI.see)

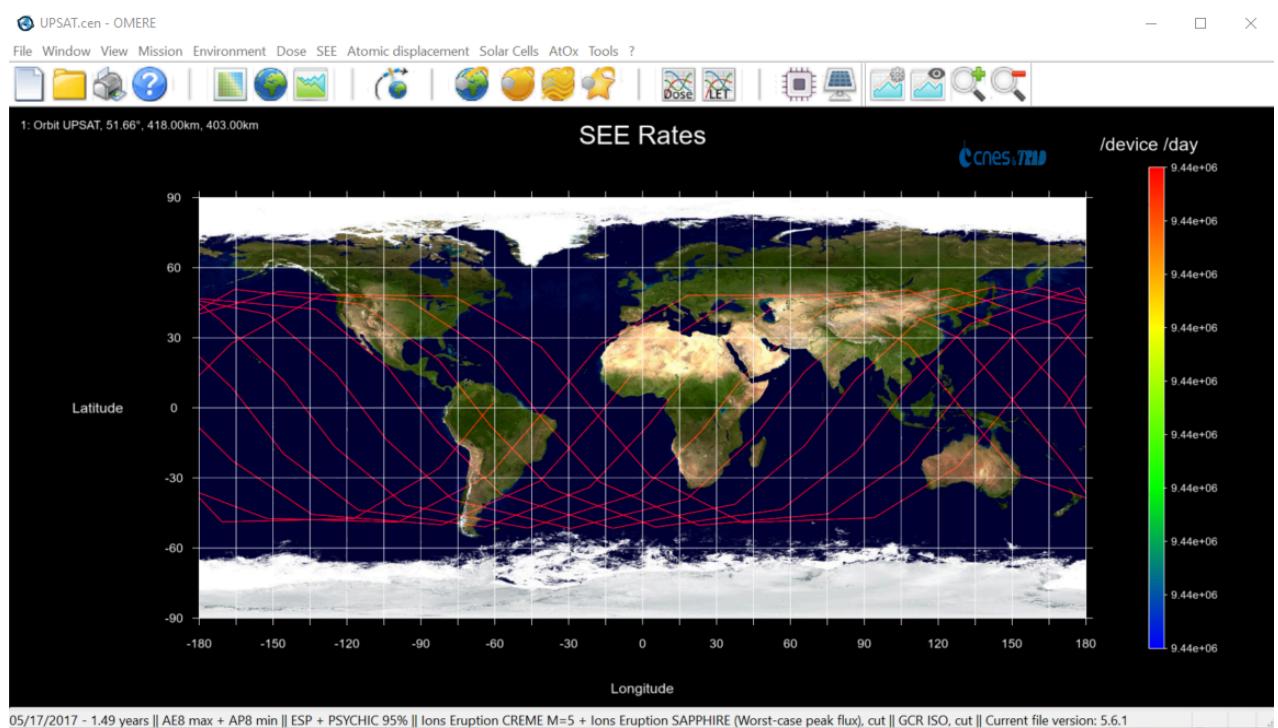




5. Cypress EZUSB FX2 - all errors recorded (seeRatesPeriodic_allErrors.see)

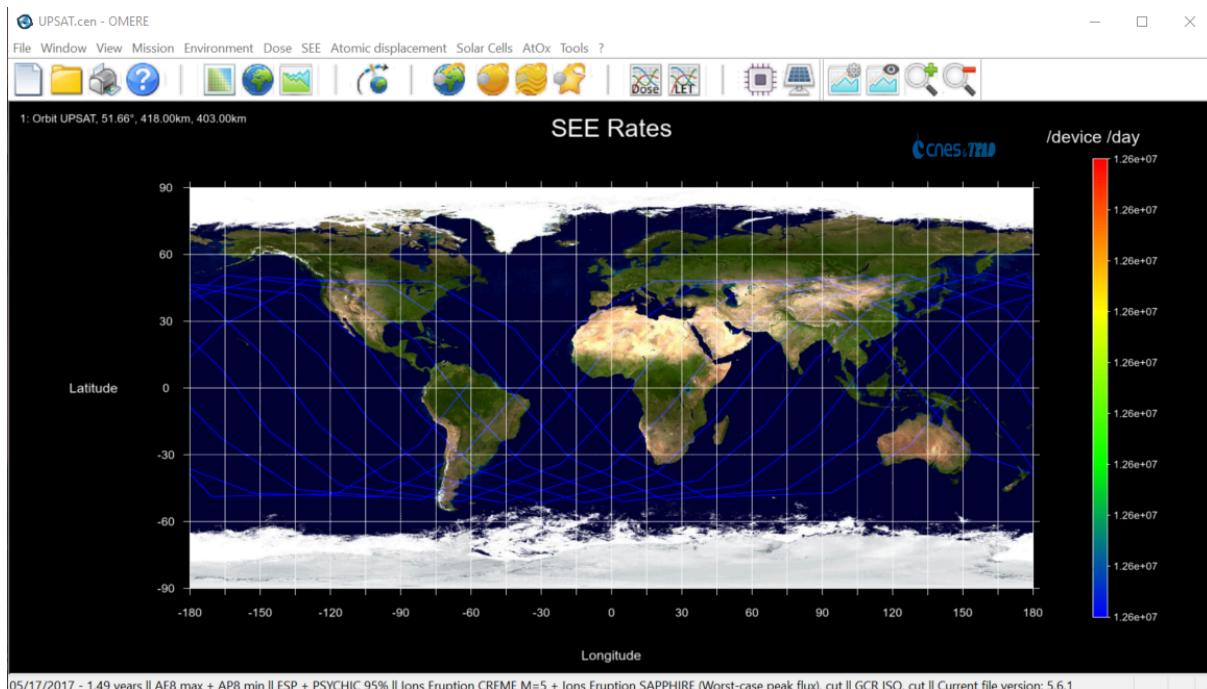


6. Cypress EZUSB FX2 - Read Enable (seeRatesPeriodic_readEnable.see)





7. Cypress EZUSB FX2 - Write Enable (seeRatesPeriodic_writeEnable.see)



G. Συμπεράσματα και Συγκρίσεις

1. Αντοχή Εξαρτημάτων:

- Τα εξαρτήματα με χαμηλή αντοχή στα σφάλματα SEU είναι λιγότερο κατάλληλα για περιβάλλοντα υψηλής ακτινοβολίας.
- Το Cypress EZUSB FX2 παρουσιάζει υψηλούς ρυθμούς σφαλμάτων σε Read/Write operations.

2. Καταλληλότητα για Αποστολή:

- Αν και ο UPSat κατασκευάστηκε για περιορισμένη διάρκεια ζωής (3-6 μήνες), τα εξαρτήματα με χαμηλή αντοχή μπορούν να αντεπεξέλθουν στις απαιτήσεις της αποστολής.
- Παρατηρούμε ότι το component με ID 1 είναι κατάλληλο για χρήση στην εν λόγω αποστολή καθώς τα συνολικά σφάλματα που εμφανίζει είτε μετρημένα σε /device/day είτε σε /device είναι τουλάχιστον 2 τάξεις μικρότερα της μονάδας γεγονός που συνεπάγεται υψηλή αξιοπιστία. Το component 2 επίσης δεν εμφανίζει μεγάλο αριθμό σφαλμάτων (τάξη του 10^{-2} όσον αφορά τη συνολική πιθανότητα σφάλματος/device) συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Αντιθέτως τα αποτελέσματα που εξάγουμε για το εξάρτημα 3 μας υποδεικνύουν ότι είναι απαγορευτική η χρήση του καθώς κατά τη διάρκεια της αποστολής σίγουρα θα εμφανίσει βλάβη.