

Άνθρωπος στο διαστημικό περιβάλλον και ακτινοβολίες (Στέφανος Θ. Τσιτομενέας, Ομότιμος Καθηγητής ΤΕΙ Πειραιά)

/ [Πεμπτούσία](#)



aktin_UP
image not found or type unknown

Αστροναύτης στο διεθνή διαστημικό σταθμό ISS. (φωτ. NASA)

Η περιβαλλοντική επίδραση από την έκθεση σε οποιαδήποτε ακτινοβολία, διακρίνεται σε λειτουργική και σε βιολογική, επιβάλλοντας την αξιολόγηση της διακινδύνευσης, η οποία οδηγεί σε περίπλοκα και δυσεπίλυτα ζητήματα των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας. Στο άρθρο αυτό παρουσιάζονται μερικά προβλήματα από τις ποικίλες επιδράσεις των ακτινοβολιών στα μηχανήματα και στους ζωντανούς οργανισμούς που αποστέλλονται στο διαστημικό περιβάλλον. Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι η κατάκτηση του διαστήματος με επανδρωμένες αποστολές, πέρα από το άμεσο περιβάλλον της Γης ή έστω της Σελήνης, είναι μια προσπάθεια που απαιτεί μακροχρόνια έρευνα και ανάπτυξη διαφόρων επαναστατικών ιδεών, οι οποίες μέχρι να αποδειχθούν πρακτικά εφαρμόσιμες, μπορεί να χαρακτηριστούν αβίαστα ως επιστημονική φαντασία.

Οι ιστοσελίδες που αποτελούν την βιβλιογραφία, τεκμηριώνουν την επιστημονική πραγματικότητα.

Οι διαστημικοί φορείς στέλνουν πολλούς ανθρώπους γύρω από τον πλανήτη μας και πλήθος από μη-επανδρωμένες διαστημοσυσσκευές πολύ μακριά από την Γη, αλλά καθυστερούν την συγκρότηση σεληνιακής βάσης και την αποστολή ανθρώπων στον Άρη, σαν την συνέχεια των επανδρωμένων σεληνιακών αποστολών, που έγιναν τα έτη 1969-1972. Η ανασταλτικότητα οφείλεται στην αυξημένη επικινδυνότητα των διαστημικών δραστηριοτήτων από τις ισχυρές ηλιακές, γαλαξιακές και κοσμικές ακτινοβολίες που επιβάλλουν την λήψη μέτρων ασφαλείας στα πλαίσια περιοριστικών κανόνων, διότι υπάρχουν επιβλαβείς βιολογικές και λειτουργικές επιδράσεις. Τα μέτρα στοχεύουν στην δραστική αντιμετώπιση της διακινδύνευσης, διότι μέσα σε λίγα λεπτά διαστημικής πορείας, μπορεί να αλλάξουν ο τύπος και η ένταση της ιονίζουσας ακτινοβολίας που μπορεί να είναι σωματιδιακή (ιόντα και υποατομικά σωματίδια) με στοιχειώδη ενέργεια $W > 12\text{eV}$ ή να είναι ηλεκτρομαγνητική, δηλαδή ακτίνες γ & X μαζί με όσες υπεριώδεις (UV) έχουν μήκη κύματος $\lambda < 100\text{nm}$. Βασικά μεγέθη των ιονιζουσών ακτινοβολιών είναι η απορροφούμενη δόση D (energy dose, absorbed dose), με μονάδα το Gray ($1\text{Gy} = 100\text{rad}$) και η ενεργός ή ισοδύναμη δόση D_q (effective dose, equivalent dose), με μονάδα το Sievert ($1\text{Sv} = 100\text{rem}$), η οποία αντιστοιχεί στα βιολογικά αποτελέσματα. Ενώ ισχύει η σχέση $D_q = Q \cdot D$, με Q τον συντελεστή που εξαρτάται από τον τύπο και τα χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας.

Οι εντάσεις των ιονιζουσών ακτινοβολιών, στο γήινο περιβάλλον, αυξάνουν σημαντικά με το υψόμετρο. Οπότε στα μεγάλα ύψη είναι αναμενόμενο να επιφέρουν επιβλαβείς συνέπειες στην λειτουργία και στην αξιοπιστία των

ιπτάμενων ηλεκτρονικών μηχανημάτων, αλλά και στην υγεία των αεροδιαστημικών πληρωμάτων (αστροναυτών-κοσμοναυτών).

Ο εξοπλισμός παρακολούθησης των τιμών έκθεσης στην ακτινοβολία, που μετρά την επαγγελματική έκθεση των αεροδιαστημικών πληρωμάτων, δίδει την έκθεση στο εξωτερικό του ανθρώπινου σώματος, δηλαδή αποτελεί την ένδειξη για την εκτίμηση των πιθανών αποτελεσμάτων υγείας. Πλην όμως οι διάφοροι άνθρωποι ιστοί και όργανα έχουν διαφορετικές ευαισθησίες, για το ίδιο ποσό της ακτινοβολίας. Κάθε δόση σε ολόκληρο το σώμα θα πρέπει να αντιστοιχηθεί σε επί μέρους δόσεις και να εξεταστεί η σχέση δόσης-επίδρασης. Συνεπώς οποιαδήποτε οριακή τιμή, για την βλαπτική ακτινοβολήση ολόκληρου του σώματος, μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι το άθροισμα της βλαπτικής δόσης σε κάθε μεμονωμένο ιστό ή όργανο.

Από την ιονίζουσα γήινη ακτινοβολία και από την ηλιακή που ημι-απορροφάται από την ατμόσφαιρα, η μέση δόση στην επιφάνεια της Γης είναι 1mSv/εξάμηνο, με συνέπεια ποικίλες λειτουργικές και βιολογικές επιδράσεις. Πλην όμως στις πτήσεις με αεροσκάφος σε υψόμετρα 10~12Km που επικρατεί η εξωγήινη ακτινοβολία, η ωριαία δόση είναι ίση με την μέση ετήσια δόση στις θαλάσσιες μετακινήσεις.

Image not found or type unknown

Η διάδοση της υπεριώδους ακτινοβολίας[3]

Στους πιλότους με ετήσια έκθεση 3~6mSv και αθροιστικά ανά ζωή με 100mSv, μάλλον δεν αυξάνεται η καρκινογένεση, σε σύγκριση με τον υπόλοιπο πληθυσμό. Με εξαίρεση τις περιπτώσεις αύξησης των δερματικών καρκίνων (μελάνωμα κλπ) που μάλλον θα πρέπει να αποδοθεί σε έκθεση στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία ή σε ακτίνες γ & Χ. Παρουσιάζονται επίσης και κάποια αυξημένα περιστατικά πνευμονικού καρκίνου που πρέπει να τεκμηριωθεί η αιτιολογία τους.

Η ηλιακή ακτινοβολία που εξαρτάται από την ηλιακή δραστηριότητα, προσθέτει ιονίζουσες ακτινοβολίες με τόσο ισχυρές εντάσεις στον διαστημικό χώρο γύρω από την Γη, ώστε να εμποδίζονται οι μακροχρόνιες διαστημικές δραστηριότητες και σε ακραίες περιπτώσεις διακόπτονται οι τηλεπικοινωνίες ή οι αερομεταφορές. Τα ιονισμένα σωμάτια από την ανώτερη ατμόσφαιρα και την ηλιακή ακτινοβολία που παγιδεύονται από το γήινο μαγνητικό πεδίο, συγκροτούν τις δύο ραδιενεργές ζώνες Van Allen.

Η εξωτερική ζώνη Van Allen στα 15000~25000 km, αποτελείται κυρίως από ηλεκτρόνια του ηλιακού ανέμου, ενώ η εσωτερική στα 1000~5000 km συγκροτείται από πρωτόνια και ηλεκτρόνια. Η Σελήνη και ο Άρης στερούνται αντίστοιχου μαγνητικού πεδίου που είναι μια ασπίδα για την ιονίζουσα ηλιακή ακτινοβολία, με συνέπεια οι υψηλές δόσεις στην επιφάνεια τους να εκθέτουν σε κινδύνους τα ηλεκτρονικά και τους ζώντες οργανισμούς. Από τις πρώτες διαστημικές δραστηριότητες έως σήμερα, το τυπικό μέτρο ασφαλείας είναι η πραγματοποίηση επανδρωμένων πτήσεων κάτω από τις ζώνες Van Allen, σε υψόμετρα έως 450Km, με αυστηρό περιορισμό κάθε δραστηριότητας έξω από το διαστημόπλοιο (Extra Vehicular Activity, EVA) που οπωσδήποτε αυξάνει την έκθεση.

Image not found or type unknown

Οι διαστημικές στολές προσφέρουν περιορισμένη προστασία κατά την έξοδο από το διαστημόπλοιο. Εδώ βλέπουμε Ρώσο αστροναύτη κατά την εκτέλεση εργασιών στον διεθνή διαστημικό σταθμό (φωτ. NASA)

Οι διαστημικές στολές EVA που έχουν ενσωματωμένη μια ανακλαστική επίστρωση (Mylar κλπ), προσφέρουν πολύ περιορισμένη προστασία από την ιονίζουσα ακτινοβολία. Η στολή EVA δεν μπορεί να προστατέψει τον αστροναύτη από την ακτινοβολία μιας ηλιακής έκλαμψης. Συνεπώς κάθε δραστηριότητα EVA περιορίζεται χρονικά και πραγματοποιείται σε περιόδους χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας που, ως επί το πλείστον, παρουσιάζεται στα μέγιστα των ηλιακών κηλίδων.

Image not found or type unknown

Τα επεισόδια αιχμών της ηλιακής ακτινοβολίας στην εποχή των αποστολών στην Σελήνη[17]

Με δεδομένη την ύπαρξη των ζωνών Van Allen, όλες οι διελεύσεις των επανδρωμένων σεληνιακών αποστολών, έγιναν με τρόπο (ταχύτητα και τροχιά) που περιόριζε την έκθεση. Πλην όμως υπάρχουν και οι απρόβλεπτες ηλιακές εκλάμψεις με ισχυρότατη ακτινοβολία.. Συνεπώς ήταν ευτύχημα που μια έκλαμψη με θανατηφόρες τιμές ακτινοβολίας τον Αύγουστο του 1972^[13] συνέπεσε μεταξύ των ρισοκίνδυνων αποστολών Απόλλων 16 (Απρίλιος) & 17 (Δεκέμβριος).

Στον επόμενο πίνακα^[7] δίδονται ορισμένα συγκριτικά στοιχεία για τις τιμές δόσης σε διάφορες καταστάσεις έκθεσης.

Exposure Table^[7] *A comparison of different types of human radiation exposures and the corresponding dose levels.*

Types of Exposures	mSv
<i>Transcontinental round trip by jet</i>	<i>0.04</i>
<i>Chest X-ray (lung dose)</i>	<i>0.1</i>
<i>Living one year in Houston, Texas</i>	<i>1.0</i>

<i>Living one year in Denver, Colorado</i>	<i>2.0</i>
<i>Living one year in Kerala, India</i>	<i>13.0</i>
<i>Highest skin dose, Apollo 14 (9-day mission to the Moon)</i>	<i>11.4*</i>
<i>Highest skin dose, Skylab 4 (87 day mission orbiting Earth at 272 miles)</i>	<i>178.0*</i>
<i>Highest skin dose, shuttle mission 41-C 18-day mission, orbiting Earth at 286 miles]</i>	<i>5.59*</i>
<i>Maximum allowable in 1 year to terrestrial worker with maximum of 100 mSv in any 5-year interval</i>	<i>50.0</i>
<i>Average maximum allowable to the public in 1 year (average over a 5-year interval)</i>	<i>1.0</i>

** The differences in exposure values for the various space missions shown here are due to characteristics as altitude, duration, and quality of radiation shielding technology.*

Στον διεθνή διαστημικό σταθμό (International Space Station, ISS) τα πληρώματα εκτίθενται σε μέση ακτινοβολία 80mSv/εξάμηνο στα μέγιστα των ηλιακών κηλίδων και σε 160mSv/εξάμηνο στα ελάχιστα των ηλιακών κηλίδων. Ενδεικτικά μπορεί να αναφερθεί ότι το 1mSv διαστημικής ακτινοβολίας, αντιστοιχεί περίπου στην δόση τριών ακτινογραφιών θώρακος. Αλλά και τα αεροδιαστημικά ηλεκτρονικά συστήματα (αυτοματισμοί, τηλεπικοινωνίες κλπ) διακινδυνεύουν από κάθε έντονη έξαρση της ηλιακής ακτινοβολίας ή, με άλλα λόγια, από τις καταιγίδες του διαστημικού καιρού (space weather storms).

Η επιστημονική έρευνα έχει τεκμηριώσει την συσχέτιση της δόσης με ποικίλα βιολογικά αποτελέσματα. Ενώ επιστημονική επιτροπή του ΟΗΕ (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR) εκτιμά ότι οι θάνατοι από καρκίνο στον πληθυσμό, μετά από μια ακραία δόση 1000 mSv, θα είναι περίπου 9% στους άνδρες και 13% στις γυναίκες και ότι τα ποσοστά αυτά μειώνονται στο μισό όταν η έκθεση περιορίζεται χρονικά (συνετή αποφυγή).

Στο διάστημα όμως οι δόσεις μπορεί να υπερβούν τα 1000 mSv και έτσι τα πληρώματα να βρεθούν εκτεθειμένα σε θανατηφόρες ακτινοβολίες. Με βάση τις μέσες τιμές στοιχειώδους ενέργειας 100MeV~1GeV που εκτιμάται ότι θα έχουν οι ακτινοβολίες που επικρατούν στις διαδρομές των επανδρωμένων διαστημικών αποστολών Γη-Σελήνη και Γη-Άρης, εξηγείται τόσο η διαρκής μετάθεση της αποστολής ανθρώπου στον Άρη, όσο και η έως τώρα καθυστέρηση της συγκρότησης επανδρωμένης σεληνιακής βάσης. Η έλλειψη κατάλληλων ασπίδων, για το τριετές ταξίδι στον Άρη (μετάβαση-παραμονή-επιστροφή), θα αυξήσει απaráδεκτα την πιθανότητα καρκινογένεσης, κατά 20% για τον άνδρα αστροναύτη και κατά 40% για την γυναίκα. Μέχρι να περιοριστούν η λειτουργική

και η βιολογική επικινδυνότητα, από τις υψηλές δόσεις της ιονίζουσας ακτινοβολίας στο διάστημα, θα πρέπει να αναμένεται διαρκής μετάθεση της αποστολής ανθρώπου στον Άρη, αν και είναι διαθέσιμη η τεχνολογία για την πραγματοποίησή της.

Μέτρα ασφαλείας

Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες που έχουν αποδεδειγμένα και αθροιστικά βιολογικά αποτελέσματα, επιβάλουν την λήψη μέτρων βιολογικής ή/και λειτουργικής ασφάλειας σε οποιαδήποτε διαστημική δραστηριότητα. Τόσο για τα πληρώματα που θεωρούνται ως εργαζόμενοι ολόκληρο το εικοσιτετράωρο σε περιβάλλον ακτινοβολιών, όσο και για τα μηχανήματα.

Τα μέτρα προκύπτουν από την γνώση των τιμών της έκθεσης και από την αξιολόγηση της διακινδύνευσης, ούτως ώστε να τεκμηριώνεται πολύ μικρή αύξηση της πιθανότητας λειτουργικής βλάβης στα συστήματα του διαστημόπλοιου, αλλά και βιολογικής βλάβης, συμπεριλαμβανόμενου και του θανάτου από καρκίνο σε ολόκληρη την διάρκεια της ζωής κάθε μέλους του πληρώματος. Μεταξύ πολλών σημαντικών προσεγγίσεων, για την αξιολόγηση αυτή, η φυσική επιστήμη επιβάλλει τις ενοποιημένες εφαρμογές της ακτινοπροστασίας και της συνετής αποφυγής, είτε πρόκειται για τα ζητήματα βιολογικής ασφάλειας, είτε για την λειτουργική ατρωσία του σκάφους και του εξοπλισμού.

Η ακτινοπροστασία που εφαρμόζεται με επιτυχία, εδώ και πολλές δεκαετίες, στο υγειονομικό περιβάλλον προϋποθέτει: α)-Αιτιολόγηση (Justification). Δηλ. απόδειξη ότι το όφελος, από την συγκεκριμένη δραστηριότητα, είναι μεγαλύτερο από τους συνεπαγόμενους κινδύνους. β)-Οριοθέτηση (Limitation). Δηλ. τήρηση ορίων έκθεσης (ως ορίων αποδεκτού κινδύνου) για τους επαγγελματίες εκτιθέμενους και κάπως αυστηρότερων για τον πληθυσμό. γ)-Βελτιστοποίηση (Optimization) (As Low As Reasonably Achievable, ALARA). Δηλ. επιτυχία κάθε δραστηριότητας με ελαχιστοποίηση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος ή της δημόσιας υγείας.

Σε επίπεδο συστήματος ή προσώπου, η συνετή αποφυγή επιβάλλει την λήψη ειδικών μέτρων ασφάλειας: α)-Ελαχιστοποίηση της διάρκειας έκθεσης στην ακτινοβολία. β)-Τήρηση αυξημένων αποστάσεων από κάθε πηγή ακτινοβολίας και γ)-Χρήση των κατάλληλων ασπίδων-θωρακίσεων, για μειωμένη έκθεση στην ακτινοβολία.

Η βιολογική διακινδύνευση από την έκθεση στις ακτινοβολίες, προσδιορίζεται με βάση τα όρια έκθεσης του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, ο οποίος έχει αποδεχθεί τα όρια της International Radiation Protection Association (IRPA)^[9,10]

που τα εξειδικεύει με τον τύπο της ακτινοβολίας. Έτσι η μέση τιμή της έκθεσης ολόκληρου του ανθρώπινου σώματος, για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, συγκρίνεται με το αντίστοιχο όριο που έχει ως παράμετρο την στοιχειώδη ενέργεια. Υπάρχουν όμως και όρια για την μέγιστη τιμή έκθεσης συγκεκριμένων μερών του σώματος. Με βάση την οριοθέτηση η ακτινοβολία μπορεί να θεωρείται ισχυρή, όταν η έκθεση έχει τιμή μεγαλύτερη από το αντίστοιχο όριο. Η χρονική διάρκεια παραμονής στο διάστημα, στα πλαίσια της συνετής αποφυγής, υπολογίζεται με σύγκριση του ορίου έκθεσης για ένα χρονικό διάστημα και της εκάστοτε δόσης.

Η χρονική διάρκεια μπορεί να αυξηθεί, όταν χρησιμοποιηθούν προσωπικές ασπίδες ή θωρακίσεις του χώρου με υλικά που μειώνουν την έκθεση. Σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η απόδοση της θωράκισης (shielding effectiveness, SE) που ισούται με τον λόγο των αντιστοιχών τιμών έκθεσης ($\text{έκθεση}_{\text{in}}/\text{έκθεση}_{\text{out}}$) στην είσοδο και στην έξοδο της ακτινοβολίας από τον θώρακα.

Με βάση την οριοθέτηση της NASA, η έκθεση αστροναυτών, στην ακτινοβολία του διαστήματος, δεν πρέπει να συνεπάγεται αύξηση μεγαλύτερη από 3% του κινδύνου θανάτου από καρκίνο στο 95% των αστροναυτών. Η προσέγγιση αυτή οδηγεί σε όρια ακτινοβολίας που εξαρτώνται από την ηλικία και το φύλο, τα οποία, με βάση τις εκτιμήσεις (σχ.14), καταλήγουν σε διαφορετικές χρονικές διάρκειες οριακής παραμονής στο διάστημα^[16]. Για παράδειγμα^[13] η τριαντάχρονη γυναίκα αστροναύτης έχει μέγιστη επιτρεπόμενη διάρκεια αποστολής (δηλαδή συνεχούς έκθεσης) τις 54 ημέρες και ο άνδρας τις 91 ημέρες, ενώ μια πενήνταπεντάχρονη μπορεί να εκτεθεί επί 159 ημέρες και ο άνδρας 268 ημέρες.

Με τα όρια αυτά και μέχρι την ανάπτυξη αποδοτικών θωρακίσεων με νέες τεχνολογίες, τεκμηριώνεται^[15] ότι δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί η αποστολή στον Άρη, ούτε και κάποια μεγάλης διάρκειας παραμονή-δραστηριότητα στην Σελήνη. Πλην όμως υπάρχουν και οι σκόπιμες εθελοντικές υπερβάσεις από Ρώσους κοσμοναύτες, για την εξαγωγή πορισμάτων της διαστημικής ιατρικής, με τον γιατρό Valeri Polyakov να κατέχει το ρεκόρ συνεχούς παραμονής, μέσα σε διαστημόπλοιο MIR σε χαμηλή γήινη τροχιά (κάτω από τις ζώνες Van Allen), για περισσότερο από 14 μήνες το 1994-1995 (437 ημέρες & 18 ώρες). Ενώ σε προηγούμενη αποστολή το 1988 είχε παραμείνει σε παρόμοια τροχιά επί 240 ημέρες.

Για τις λειτουργικές επιδράσεις στα μηχανήματα ισχύουν και αντίστοιχα όρια, διότι άλλο όριο ατρωσίας έχει ένας αισθητήρας, άλλο ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα και άλλο μια ηλεκτρονική μνήμη. Η ατρωσία είναι υψηλή στα αεροδιαστημικά ηλεκτρονικά που πρέπει να έχουν αυξημένη αξιοπιστία. Τα προβλήματα ασφάλειας

περιπλέκονται όταν πρόκειται για τα ηλεκτρονικά συστήματα υποστήριξης της υγείας ή της ζωής στο διάστημα. Η λειτουργική ατρωσία σε διαστημικό περιβάλλον που έχει υψηλές δόσεις ραδιενέργειας, διασφαλίζεται με ηλεκτρονικά εξαρτήματα που χαρακτηρίζονται ως ανθεκτικά (radiation hard) σε κάποια ακραία τιμή της ακτινοβολίας περιβάλλοντος, δηλαδή έχουν σχεδιαστεί, κατασκευαστεί και δοκιμαστεί, ώστε να έχουν ατρωσία σε ακτινοβολία με ακραίες τιμές στοιχειώδους ενέργειας.

Υπάρχει όμως και η άποψη ότι δεν μπορεί να παρέχει ασφάλεια η αυστηρή τήρηση των ορίων ατρωσίας (για τα μηχανήματα) και βιολογικής έκθεσης (για τους ανθρώπους), στα οποία στηρίζονται όλες σχεδόν οι αναλύσεις διακινδύνευσης στα διαστημικά. Διότι τα όρια είναι απλά όρια αποδεκτής έκθεσης (δηλαδή όρια αποδεκτού κινδύνου) και όχι όρια ασφαλείας, αφού η επιστήμη αδυνατεί να τεκμηριώσει όρια ασφαλούς έκθεσης για οποιαδήποτε ακτινοβολία. Συνεπώς η οριοθέτηση από μόνη της δεν βοηθά, όταν λείπει ο συνδυασμός αιτιολόγηση-βελτιστοποίηση, όπως επίσης και τα κατάλληλα μέτρα συνετής αποφυγής, τα οποία μπορεί να είναι α)-Μετρήσεις της διαστημικής ακτινοβολίας. β)-Διαρκώς ανανεούμενοι αυστηροί κανονισμοί έκθεσης-παραμονής, γ)-Αισθητήρες ακτινοβολίας σε επαρκή απόσταση για έγκαιρη προειδοποίηση, δ)-Ειδικά καταφύγια στο διαστημόπλοιο και στο ουράνιο σώμα που θα γίνεται η αποστολή, ε)-Ειδικές ενεργητικές και παθητικές θωρακίσεις που θα υποκαθιστούν τα φύλα μολύβδου, μπετόν κλπ.

Image not found or type unknown

Η απορροφητικότητα των υλικών θωράκισης [9]

Όλα αυτά σε συνδυασμό με το ότι υπάρχουν σοβαροί λόγοι που επιβάλλουν, προς το παρόν, τους περιορισμούς μάζας και όγκου στις διαστημικές αποστολές. Στην αεροπορία και στα διαστημικά ο συνδυασμός συνετή αποφυγή-ακτινοπροστασία, αυξάνουν τα ποσοστά ασφάλειας, πλην όμως ακόμα δεν έχουν αναπτυχθεί οι ελαφρές παθητικές θωρακίσεις, για τις διαστημικές αποστολές μεγάλης διάρκειας.

Η συνεχής έρευνα και ανάπτυξη ασπίδων, για τα πληρώματα και για ηλεκτρονικά αυξημένης ατρωσίας, δε έχει επιφέρει ακόμη τις αναμενόμενες επαναστατικές βελτιώσεις.

Όσο η τεχνολογία θα βελτιώνει την διαστημική πρόωση, τόσο θα αναδεικνύεται μια ακόμη σημαντική παράμετρος των επιδράσεων της ακτινοβολίας, δηλαδή η ταχύτητα του διαστημοπλοίου, η οποία με την συμβατική τεχνολογία είναι σχετικά μικρή σε σχέση με την ταχύτητα του φωτός που μπορεί να προσεγγιστεί με καινοτόμες προώσεις. Στο ζήτημα αυτό επικρατεί σκεπτικισμός διότι ναι μεν η αυξημένη ταχύτητα περιορίζει την χρονική διάρκεια του ταξιδιού και την έκθεση

στην ακτινοβολία. Πλην όμως η αυξημένη κινητική ενέργεια των μορίων του σκάφους, του εξοπλισμού και του πληρώματος, θα επιφέρει περισσότερο βλαπτικές επιπτώσεις κατά τις συγκρούσεις (collisions) με τα σωματίδια και τα φωτόνια των γαλαξιακών και των κοσμικών ακτινοβολιών που έχουν στοιχειώδεις ενέργειες στην περιοχή GeV και σε σπάνιες περιπτώσεις στα TeV.

Οπότε τόσο η ίδια, όσο και η δευτερογενής ακτινοβολία από τα προϊόντα των συγκρούσεων, θα μπορεί να βλάψει την υγεία του πληρώματος, με κάποιες ατομικές/πυρηνικές αλληλεπιδράσεις που αποδομούν το DNA ή άλλα κυτταρικά μόρια, να καταστήσει ραδιενεργά τα τρόφιμα, τις ενδυμασίες και τον εξοπλισμό και τέλος να καταστρέψει τμήματα της ηλεκτρονικής υποδομής.

rad_17

Image not found or type unknown

Απεικόνιση βλαβών του DNA από γαλαξιακές κοσμικές
ακτίνες [11]

Δηλαδή κάτι παρόμοιο με αυτό που παρατηρείται στους μεγάλους επιταχυντές (LHC στο CERN κλπ), στους οποίους επιβάλλεται απαγόρευση εισόδου του προσωπικού στις περιοχές τέτοιων ελεγχόμενων συγκρούσεων, ακόμη και για ώρες μετά το πείραμα, μέχρι να επανέλθει η ακτινοβολία σε ανεκτές τιμές. Υπάρχουν ιδέες προάσπισης του διαστημοπλοίου με ισχυρό ηλεκτρικό ή μαγνητικό πεδίο που θα απομακρύνει τα φορτισμένα σωματίδια, ενώ τα ουδέτερα σωματίδια και τα ΗΜ κύματα θα απορροφώνται από παχείς θώρακες ελαφρών νανοτεχνολογικών υλικών. Πλην όμως, ακόμη και με μικρές ταχύτητες, θα είναι σημαντική η διακινδύνευση, η οποία θα διατηρείται και στην επιφάνεια των πλανητικών σωμάτων που στερούνται μαγνητικού πεδίου, κάτι που επιβάλλει την δόμηση υπόγειων βάσεων στην Σελήνη και στον Άρη.

Συμπεράσματα

Στον διαστημικό σταθμό, τα πληρώματα εκτίθενται σε 80 mSv/εξάμηνο, στα μέγιστα των ηλιακών κηλίδων και 160 mSv/εξάμηνο στα ελάχιστα των ηλιακών κηλίδων. Ενώ στην επιφάνεια της γης, ο πληθυσμός εκτίθεται σε φυσική ακτινοβολία με μέση τιμή 1 mSv/εξάμηνο περίπου που αντιστοιχεί σε τρεις ακτινογραφίες με ακτίνες χ.

Είναι αντίστροφη η σχέση της ηλικίας με την πιθανότητα καρκινογένεσης από την έκθεση στην ακτινοβολία, δηλαδή αποκλείονται οι νέοι από κάθε μακροχρόνια αποστολή. Είναι βαρύτερη η επίδραση της ακτινοβολίας στις γυναίκες, δηλαδή επιτρέπεται η συμμετοχή των γυναικών μόνο σε αποστολές μικρής διάρκειας. Όριο έκθεσης για τα πληρώματα της NASA, είναι η αύξηση έως 3% του κινδύνου θανάτου από καρκίνο στο 95% των αστροναυτών. Επομένως μέγιστη επιτρεπόμενη διάρκεια διαπλανητικής αποστολής στην 30χρονη γυναίκα είναι οι 54 ημέρες και στον άνδρα οι 91 ημέρες, ενώ για την 55χρονη γυναίκα είναι οι 159 ημέρες και για τον άνδρα 268 ημέρες. Όταν μια αποστολή στον Άρη θα έχει διάρκεια 600-1000 ημέρες.

Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι η ανθρωπότητα θα πρέπει να σπουδάσει τις συνθήκες των ταξιδιών μακριά από την Γη, για να αποκτήσει το σύνολο γνώσεων, εμπειριών και συμπεριφορών και έτσι να καταφέρει την πραγματοποίηση αποστολών με αυξημένη ασφάλεια και πιθανότητα επιβίωσης. Τίποτα δεν πρέπει να θεωρείται ότι είναι ασφαλές στις διαστημικές δραστηριότητες, εάν δεν έχει δοκιμαστεί ότι αντέχει ή ότι έχει θωρακιστεί ή γενικά ότι είναι άτρωτο σε ακραίες δόσεις ακτινοβολίας. Απλό παράδειγμα είναι η επιβίωση του πληρώματος σε περίπτωση ραδιενεργού μόλυνσης, από την κοσμική ακτινοβολία, των τροφίμων και των φαρμάκων ενός σκάφους, όταν αυτό δεν θα μπορεί να επιστρέψει άμεσα στην Γη ή στην βάση του.

Η χρήση της ακτινοπροστασίας και της συνετής αποφυγής στην αντιμετώπιση της διακινδύνευσης από τις ακτινοβολίες στο διάστημα, είναι σημαντική για την ασφάλεια των διαστημικών αποστολών και των πραγματοποιούμενων σύντομων περιηγήσεων στην στρατόσφαιρα. Όπως επίσης είναι πολύ χρησιμότερη και σε μακροχρόνια βάση. Διότι με την χρήση μόνο της οριοθέτησης, θα υπάρξουν περιπτώσεις απρόβλεπτων και δυσεπίλυτων καταστάσεων που ίσως οδηγήσουν σε κάποια τραγικά περιστατικά. Το αδιέξοδο στις μακροχρόνιες αποστολές, εμποδίζει και την επιβίωση της ανθρωπότητας σε περίπτωση πλανητικών καταστροφών στην Γη, όταν θα πρέπει να δημιουργηθεί αποικία^[14] ή πυρήνας επιβίωσης σε κάποιο άλλο σώμα ή περιοχή του ηλιακού συστήματος. Για όσους νομίζουν ότι δεν

υπάρχει τέτοια περίπτωση, αρκεί η χαρακτηριστική υπενθύμιση της ολοκληρωτικής εξαφάνισης των δεινোসαύρων, μετά από την πρόσκρουση στον πλανήτη μας ενός μικρού ουράνου σώματος (αστεροειδής ή κομήτης;), η οποία έχει αναδείξει ως πολύ σημαντικούς, τόσο τους τρόπους αποφυγής τέτοιων καταστάσεων, όσο και τις αυξανόμενες παρατηρήσεις, για την έγκαιρη ανακάλυψη μικρών ουρανίων σωμάτων που μπορεί να προσεγγίσουν ή/και να συγκρουστούν με την Γη.

Ο μέσος άνθρωπος πρέπει να μάθει ότι η κατάκτηση του διαστήματος με ασύλληπτες ταχύτητες, μαζί με τις μεγάλης διάρκειας επανδρωμένες διαπλανητικές αποστολές, είναι θεωρητικές επιδιώξεις που παραμένουν, προς το παρόν, επιστημονική φαντασία. Διότι απαιτούνται επαναστατικές ανακαλύψεις όχι μόνο στην πρόωση, αλλά και στην διασφάλιση της υγείας του πληρώματος μαζί με την αξιόπιστη λειτουργία του διαστημοπλοίου σε ένα περιβάλλον έντονης και απρόβλεπτα μεταβλητής ακτινοβολίας. Βασικά λάθη που ίσως οδηγήσουν σε καταστροφές είναι:

-Η προβολή επιπόλαιων απόψεων, για δήθεν κατάκτηση του διαστήματος ή για ασύλληπτες ταχύτητες ταξιδιών, με αναβάθμιση των γνωστών μεθόδων πρόωσης,

-Η αντίληψη ότι χωρίς βασική έρευνα, για επαναστατικές μεθόδους θωράκισης και κίνησης, αλλά μόνο με εντατική εφαρμοσμένη έρευνα στην υπάρχουσα τεχνολογία και με τεράστια ποσά, θα περιοριστούν τα εμπόδια, για την μετάβαση ανθρώπων στα γειτονικά ουράνια σώματα.

-Οι δραστηριότητες μετάβασης στην Σελήνη και τον Άρη, χωρίς τον συνδυασμό ακτινοπροστασία-συνετή αποφυγή και χωρίς την σχολαστική χρήση τους στα διαστημικά ηλεκτρονικά (ρομποτική, αυτοματισμούς κλπ)

-Η πλημελής ενημέρωση του πληθυσμού για τα ανυπέρβλητα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα διαστημικά πληρώματα και ο εξοπλισμός από τις συχνά θανατηφόρες ακτινοβολίες

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1]- <http://www.ceessentials.net/article6.html>

[2]-<http://www.ab.ust.hk/hseo/sftywise/199405/page2.htm>

[3]-<http://sciencelay.com/biology/ozone-in-the-atmosphere-is-it-good-or-bad/>

[4]-<http://holbert.faculty.asu.edu/eee560/spacerad.html>

[5]-<http://science.howstuffworks.com/space-suit.htm/printable>

[6]-<http://www.nsbri.org/HumanPhysSpace/introduction/intro-environment-radiation.html>

[7]-<http://www.nsbri.org/HumanPhysSpace/introduction/exposuretable.html>

[8]-

https://windows2universe.org/earth/Magnetosphere/sw_social_impacts.html&edu=high

[9]-[http://www.jaea.go.jp/04/ztokai/katsudo/risk/risknavi/e-](http://www.jaea.go.jp/04/ztokai/katsudo/risk/risknavi/e-box/01nuclear/01nuclear2.html)

[box/01nuclear/01nuclear2.html](http://www.jaea.go.jp/04/ztokai/katsudo/risk/risknavi/e-box/01nuclear/01nuclear2.html)

[10]-

http://klabs.org/richcontent/Tutorial/radiation/space_rad_health/spaceflight_radiation_health

[11]-http://www.nasa.gov/vision/space/travelinginspace/radiation_shielding.html

[12]-http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2004/17feb_radiation/

[13]-<http://www.space.com/3033-report-space-radiation-concern-nasa-exploration-vision.html>

[14]-http://settlement.arc.nasa.gov/75SummerStudy/Table_of_Contents1.html

[15]-http://marsjournal.org/contents/2006/0004/files/rapp_mars_2006_0004.pdf

[16]-<http://journalofcosmology.com/Mars124.html>

[17]-<http://www.minimagnetosphere.rl.ac.uk/>