

ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ - Η ΕΠΟΧΗ ΤΩΝ NATESCH

Ε.Λ. Λέκκας, Ε. Ανδρεαδάκης, Ε. Κωστάκη και Ε. Καπουράνη

Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εργαστήριο Μελέτης &
Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, ΕΚΠΑ,
15784 Αθήνα

Email: elekkas@geol.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια, με ολοένα και αυξανόμενη συχνότητα εκδηλώνονται μεγάλης κλίμακας Φυσικές Καταστροφές με τεράστιες κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις, καθώς επίσης και επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα είναι ο σεισμός στο Kobe (Ιαπωνία, 1995), ο σεισμός και το τσουνάμι στις χώρες του Ινδικού Ωκεανού (Ινδονησία, Ταϊλάνδη, Ινδία, Σρι Λάνκα, 2004), ο τυφώνας Κατρίνα στη Νέα Ορλεάνη (Αμερική, 2005), ο σεισμός στο Kashmir (Πακιστάν, 2005), ο σεισμός στο Sichuan (Κίνα, 2008), και ο σεισμός και το τσουνάμι στο Tohoku (Ιαπωνία, 2011). Το τελευταίο γεγονός στην Ιαπωνία προκάλεσε και το πυρηνικό ατύχημα στην Fukushima με ανυπολόγιστες συνέπειες σε όλες τις παραμέτρους του περιβάλλοντος, οι οποίες και αναλύονται. Είναι κοινή πλέον πεποίθηση ότι εισερχόμαστε σε μία νέα περίοδο στην οποία οι φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές θα εκδηλώνονται παράλληλα ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης και τεχνολογικής προόδου. Το γεγονός αυτό απαιτεί μία νέα θεώρηση διαχείρισης των καταστροφών και παράλληλα δράσεις για την προστασία του περιβάλλοντος.

Λέξεις Κλειδιά: Φυσικές & Τεχνολογικές Καταστροφές, Περιβάλλον, NaTech

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις 11 Μαρτίου 2011 (05:46:23 UTC), εκδηλώθηκε σεισμική δόνηση με Mw 9.0 στο τεκτονικό όριο μεταξύ της λιθοσφαιρικής πλάκας του Ειρηνικού και της Ευρασιατικής πλάκας, ανοιχτά της βορειοανατολικής ακτής της Ιαπωνίας. Το υπόκεντρο του σεισμού εντοπίστηκε στα 32 km από την JMA και στα 24 km από το USGS. Η σεισμική δόνηση προκλήθηκε από ανάστροφο ρήγμα με διεύθυνση άξονα WNW-ESE, το οποίο αντιστοιχεί σε βάθος και προσανατολισμό με την Ιαπωνική Τάφρο. Το ρήγμα υπολογίστηκε ότι έχει μήκος 450km και πλάτος 150km, το οποίο επιβεβαιώνεται από τις θέσεις των μετασεισμών που εκδηλώθηκαν την επόμενη μέρα από την κύρια σεισμική δόνηση. Η κύρια δόνηση προκάλεσε μεγάλο τσουνάμι το οποίο σάρωσε την ανατολική ακτογραμμή του νησιού Honshu (European Commission Joint Research Centre, 2011).

2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ

Πολλά τεχνολογικά ατυχήματα, καθένα από τα οποία θα ήταν πρώτη είδηση αν δεν υπήρχε το κύριο γεγονός, έμειναν στην αφάνεια, καθώς ολόκληρες ζώνες οικιστικής, αγροτικής και βιομηχανικής ανάπτυξης, παρασύρθηκαν από το τσουνάμι. Πολλές περιοχές της παράκτιας ζώνης του Kanto, και ιδιαίτερα η περιοχή του Tohoku, υπέστησαν τεράστιες βλάβες όχι μόνο από το τσουνάμι αλλά και από τον σεισμό του οποίου οι μακροσκοπικές εντάσεις ήταν μεγαλύτερες από 6 της κλίμακας JMA (Japan Weather Association 2011). Οι εντάσεις του τσουνάμι έφτασαν τους IX-XII της κλίμακας ITIS-2012 (Lekkas et al., 2012) στην περιοχή του Tohoku. Αυτό σημαίνει ότι στις χειρότερες περιπτώσεις (ένταση

τσουνάμι XII) όλα τα κτίρια με λιθοδομή κατέρρευσαν, στις περιπτώσεις όπου η ένταση ξεπέρασε του XI βαθμούς το παλινδρομο κύμα παρέσυρε συντρίμμια, αυτοκίνητα και άλλα αντικείμενα στην θάλασσα ή συσσωρεύσε και απέθεσε αντικείμενα κάθε μεγέθους στις χαμηλές παράκτιες περιοχές όπου υπήρχαν εμπόδια όπως αναχώματα, λόφοι, δέντρα, ανυψωμένοι δρόμοι, κλπ., καθώς στις μορφολογικές ταπεινώσεις που δημιούργησε το τσουνάμι σε πρώτο χρόνο (Εικόνες 1, 2). Πρόχειρες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις χαμηλού υψόμετρου παράκτιες περιοχές έδειξαν ότι τα συντρίμμια που συσσωρεύθηκαν σε θέσεις έκτασης 1.000 έως 500.000 m² είχαν όγκο από 1.000 έως 1.000.000 m³ ανά θέση. Στις θέσεις αυτές συγκεντρώθηκαν και μη επεξεργασμένα αστικά στερεά απόβλητα.



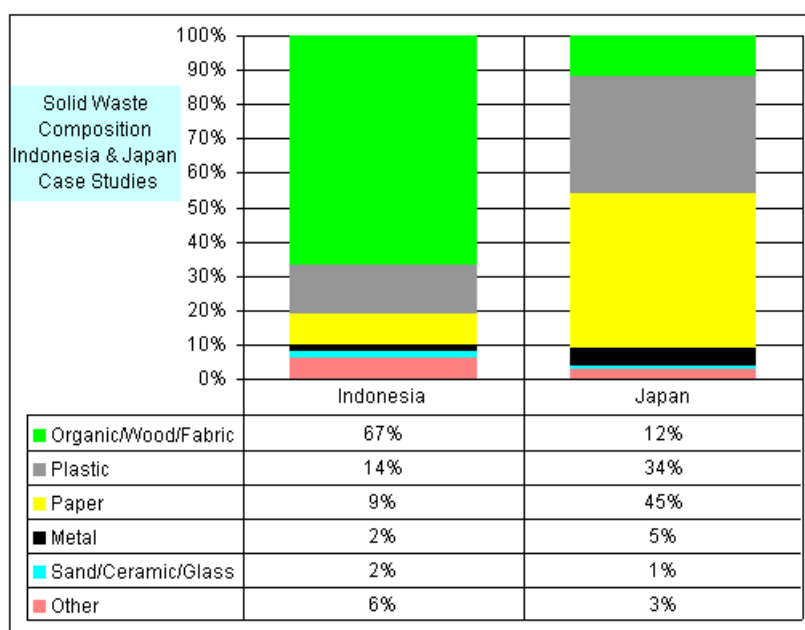
Εικόνα 1. Άποψη της παράκτιας περιοχής Minamisoma (Επαρχία Fukushima) πριν και μετά την καταστροφή. Είναι εμφανής η ολοκληρωτική διάβρωση της ακτογραμμής, η ολοκληρωτική αποψίλωση κάθε βλάστησης στις περιοχές χαμηλού υψόμετρου, η κατάλυση/καθίζηση των χαμηλών καλλιεργούμενων περιοχών και η προσωρινή ή μόνιμη μετατροπή τους σε λιμνοθάλασσες, οι οποίες λειτουργήσαν ως λεκάνες συγκέντρωσης του παλινδρομου νερού μετά το τσουνάμι. Τα συντρίμμια συγκεντρώθηκαν πίσω από το ανάχωμα του δρόμου και μέσα στη νεοσχηματισθείσα λιμνοθάλασσα. Το εργοστάσιο επεξεργασίας λυμάτων της κοντινής βιομηχανίας καταστράφηκε ολοσχερώς, όπως και οι δεξαμενές, κάποιες από τις οποίες έπιασαν και φωτιά κατά τη διάρκεια της καταστροφής.



Εικόνα 2. Άποψη της παράκτιας περιοχής Namie πριν και μετά την καταστροφή. Οι περιοχές που σημειώνονται με κίτρινο (πριν) απεικονίζουν οικισμούς. Οι περιοχές που σημειώνονται με κόκκινο (μετά) απεικονίζουν τη συγκέντρωση συντριμμίων και οι περιοχές που σημειώνονται με πράσινο απεικονίζουν την εξάπλωση του μολυσμένου θαλασσινού νερού.

Υπάρχει πολύ σημαντική διαφορά μεταξύ των συνεπειών του τσουνάμι που έπληξε τις χώρες του Ινδικού Ωκεανού το 2004 (PARI, 2011) και των συνεπειών από το τσουνάμι του

Τοχόκυ, η οποία οφείλεται κατά κύριο λόγο στον διαφορετικό βαθμό ανάπτυξης των περιοχών που χτυπήθηκαν. Ο αριθμός των νεκρών στην Σουμάτρα ήταν πολλαπλάσιος σε σχέση με τον αριθμό των νεκρών στην Ιαπωνία, ενώ οι οικονομικές επιπτώσεις ήταν αντιστρόφως ανάλογες. Ωστόσο αυτό σχετίζεται άμεσα και με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στις δύο υπό εξέταση περιοχές, καθώς, λόγω του βαθμού ανάπτυξης της Ιαπωνίας τέθηκαν σε κίνδυνο αναπτυσσόμενες βιομηχανίες και τεχνολογίες και, λόγω του γεγονότος ότι η καταναλωτική κοινωνία χρησιμοποιεί πιο σύνθετα και επικίνδυνα υλικά (Εικόνα 3) (Idris et al., 2004), οι ποσότητες των επικίνδυνων αστικών στερεών αποβλήτων και των τοξικών ουσιών (Meidiana & Gamse, 2010) ήταν στην καταστροφή του Τοχόκυ πολύ μεγαλύτερες από ό,τι της Ινδονησίας.



Εικόνα 3. Η σύνθεση των αστικών στερεών αποβλήτων στην Ινδονησία και την Ιαπωνία. Τα απόβλητα της Ιαπωνίας περιέχουν λιγότερα οργανικά και μεγαλύτερες ποσότητες χαρτιού, πλαστικού, μετάλλων, κλπ.

Την ίδια στιγμή, οι σεισμικές πυρκαγιές έπληξαν όχι μόνο επί τόπου βιομηχανίες, αποθήκες, λιμένες, κλπ, αλλά επίσης και επιπλέοντα μίγματα από συντρίμια και διαρροές καυσίμων.

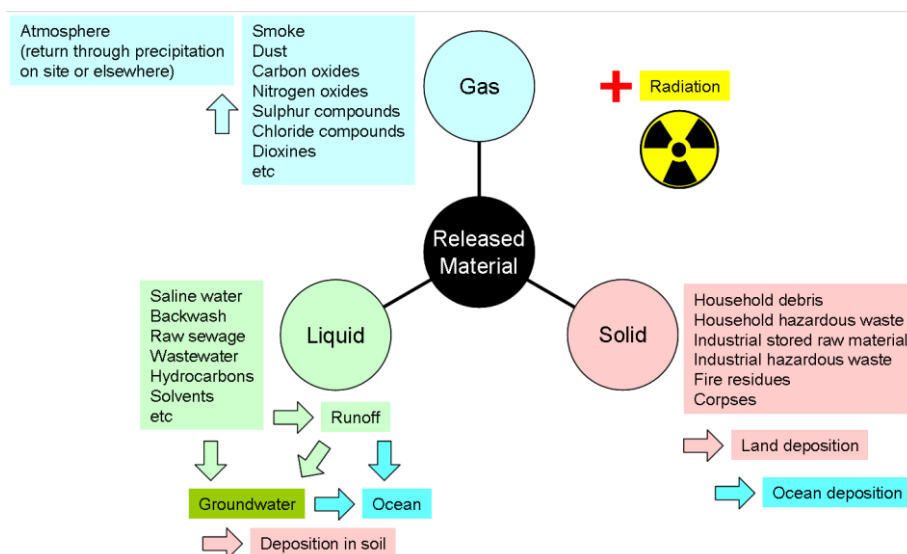
Αυτό είχε ως αποτέλεσμα κάθε είδους επικίνδυνη για το περιβάλλον εκπομπή να έχει απελευθερωθεί σε ξηρά και θάλασσα, αρχικά στις επαρχίες Miyagi, Fukushima και Iwate και ακολούθως στο Chiba και στο Tokyo, μέσω του νερού των πλημμυρών, του αέρα, του επιφανειακού και του υπόγειου νερού (Εικόνα 4).

Η κύρια πηγή άμεσων αποθέσεων στην ξηρά είναι τα συντρίμια που αποτελούνται από υλικά των κτιρίων συμπεριλαμβανομένων μετάλλων, αμιάντου, κλπ καθώς και οργανικών υλών, χαρτιού, πλαστικού, καυσίμων, φαρμάκων, πτωμάτων, κλπ. Η απευθείας διάθεση μπορεί να απελευθερώσει τοξικά μέταλλα όπως Cd, Hg, As, Zn, διοξίνες, αλδεΐδη και φορμαλδεΐδη στο έδαφος και στους υδροφορείς (Anwar, 2009). Αυτό συνέβη σχεδόν σε όλες τις περιοχές που επλήγησαν από την ισχυρή δόνηση και τη μεγάλη διείσδυση του τσουνάμι στις επαρχίες Iwate, Miyagi, Fukushima και Ibaraki (Εικόνα 5) (Lekkas et al., 2011).

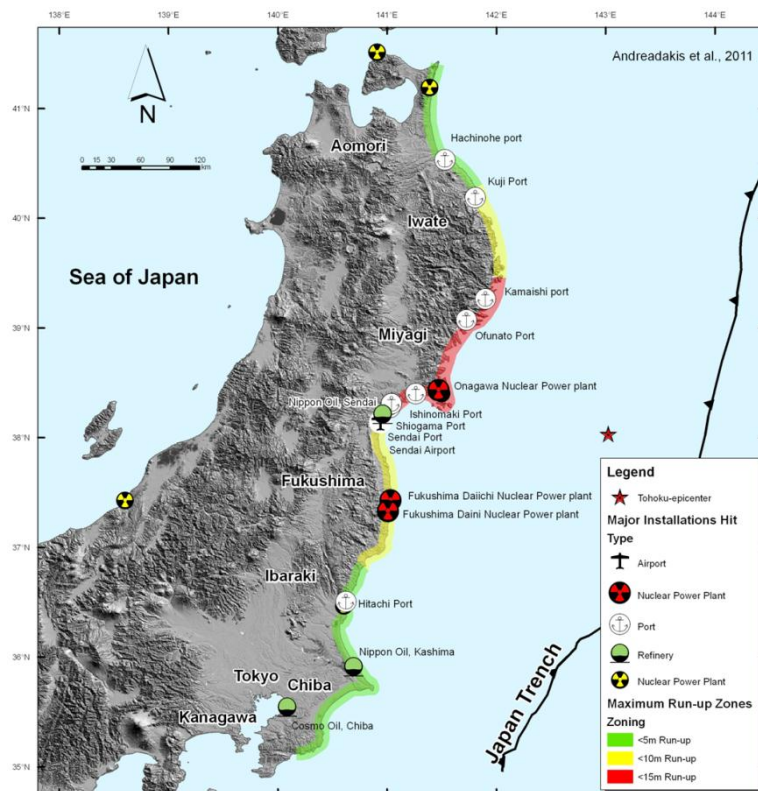
Η ανάφλεξη των επιπλεόντων συντριμμιών (Εικόνα 6), η καύση των καυσίμων που διέρρευσαν ή των αποθηκευμένων ακατέργαστων υλικών και των βιομηχανικών εγκαταστάσεων είναι η κύρια πηγή ρυπαντών που απελευθερώθηκαν απευθείας στην

ατμόσφαιρα. Στις περιπτώσεις αυτές υπήρχε αναμφισβήτητη απελευθέρωση PAH, ατμών βαρέων μετάλλων, διοξινών από την ανάφλεξη του αδιύλιστου πετρελαίου, των πλαστικών και των πετροχημικών γενικότερα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η πυρκαγιά στο διυλιστήριο της Cosmo (Chiba) και στις εγκαταστάσεις της JX Nippon Oil & Energy (Sendai), η ανάφλεξη των επιπλέοντων συντριμμίων στο Sendai, και οι πυρκαγιές στον κόλπο Shiogama και στον λιμένα Hitachi (Εικόνες 7, 8).

Το επιφανειακό νερό κατά μήκος της ακτογραμμής και το θαλασσινό νερό επηρεάστηκαν πρωταρχικά από το παλίνδρομο κύμα, ενώ το υπόγειο νερό επηρεάστηκε ακολούθως. Το παλίνδρομο κύμα ήταν γεμάτο οικιακά και βιομηχανικά συντρίμια, ενώ υπήρχαν επίσης μεγάλες διαρροές από τις αστοχίες του αποχετευτικού συστήματος. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τα βιομηχανικά απόβλητα, τα ακατέργαστα λύματα, τα επικίνδυνα οικιακά απόβλητα, τα απορρυπαντικά, τα φυτοφάρμακα, τα βαρέα μέταλλα, τα τοξικά απόβλητα (οργανικοί ρυπαντές, διαλύτες, κλπ) να εξαπλωθούν κατά μήκος της ζώνης επιρροής του τσουνάμι. Ένα άλλο θέμα, δευτερεύουσας σημασίας στην παρούσα φάση, αλλά που προκαλεί μακροπρόθεσμες ανησυχίες είναι το θέμα της υφαλμύρωσης των παράκτιων υδροφορέων λόγω του αλμυρού νερού από το τσουνάμι. Το παλίνδρομο κύμα που πέρασε από τις αγροτικές περιοχές (επιβαρυμένα με φωσφορικά, νιτρικά, οργανικά, κλπ) μετέφερε και άλλους ρυπαντές. Ο μεγάλος αριθμός λιμένων που χτυπήθηκαν από το τσουνάμι ή/και τις πυρκαγιές είχε ως αποτέλεσμα την άμεση μεταφορά των ρυπαντών αυτών στον ωκεανών μέσω των αποθηκευμένων ή αναφλεγόμενων προϊόντων και αποβλήτων, όπως συνέβη στις περιοχές Hachinote, Kuji, Kamaishi, Ofunato, Ishinomaki, Sendai, Shiogama, Hitachi, κλπ.



Εικόνα 4. Η καταστροφή στην Ιαπωνία είναι αναμφισβήτητη η πιο σύνθετη NaTech καταστροφή όλων των εποχών. Όλοι οι τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας μετατράπηκαν σε απόβλητα μέσα σε λίγες ώρες, κατά μήκος μίας μεγάλης ζώνης των ακτών του Tohoku, είτε απευθείας, είτε μετά από ανάφλεξη. Κάθε είδος ρυπαντή, που κάτω από άλλες συνθήκες θεωρείται αδιανόητο να διατεθεί χωρίς πρώτα να περάσει από αυστηρή επεξεργασία, απελευθερώθηκε με τη μορφή ακατέργαστου απόβλητου και εξαπλώθηκε τυχαία στην ατμόσφαιρα, στη έδαφος, στα επιφανειακά και υπόγεια νερά και στον ωκεανό. Η ραδιενεργή μόλυνση είναι από μόνη της τεράστια τεχνολογική και περιβαλλοντική καταστροφή.



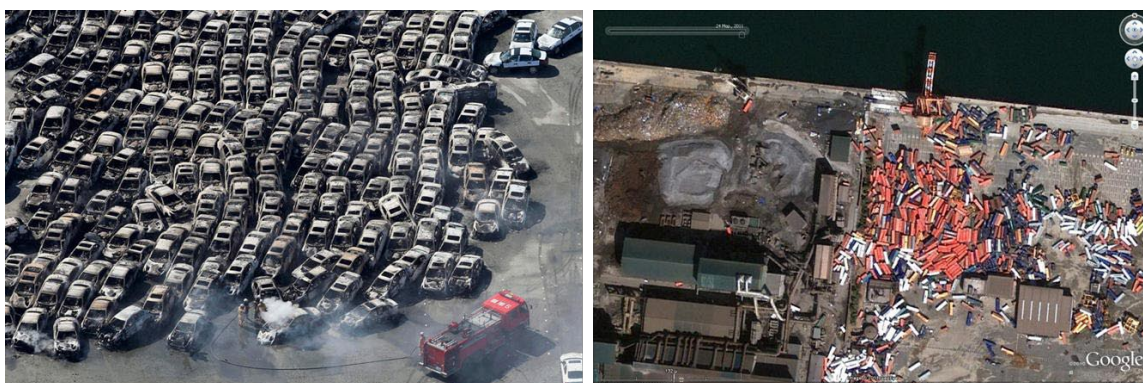
Εικόνα 5. Χάρτης στον οποίο σημειώνονται οι σημαντικότερες εγκαταστάσεις που επλήγησαν κατά μήκος της ακτής Honsu. Σημειώνονται οι ζώνες run-up σύμφωνα με τους Lekkas et al. 2011.



Εικόνα 6. Επιπλέοντα συντρίμια τα οποία ανεφλέγησαν κατά τη διάρκεια του παλινδρομου κύματος στο Sendai, Miyagi (αριστερά) και καμένα συντρίμια (σπίτια, αυτοκίνητα, κλπ) στο Otsuchi, Iwate (δεξιά).



Εικόνα 7. Διαρροή πετρελαίου από το διυλιστήριο Nippon Oil στον κόλπο Shiogama, Miyagi (αριστερά) και καύσιμα μέσα στο παλίνδρομο κύμα στο Sendai, Miyagi (δεξιά).



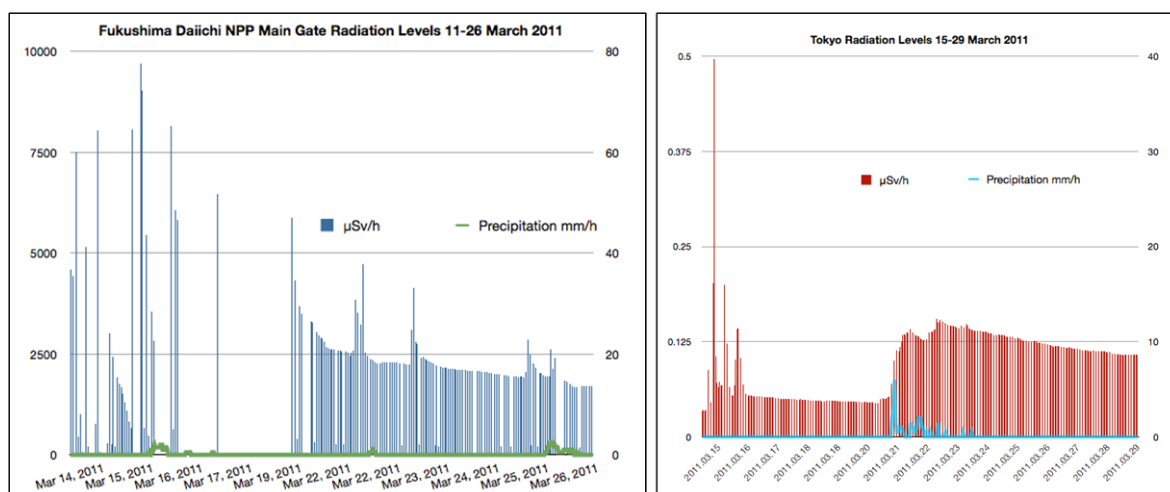
Εικόνα 8. Καμένα αυτοκίνητα στο λιμάνι Hitachi, Ibaraki (αριστερά) και κοντέινερ, απορρίμματα, σκουριές και κατάλοιπα της αποτέφρωσης στο λιμάνι Sendai, Miyagi (δεξιά).

3. ΜΟΛΥΝΣΗ ΑΠΟ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

Μετά το σεισμό της 11ης Μαρτίου, του τσουνάμι που προκλήθηκε χτύπησε 6 αντιδραστήρες των εγκαταστάσεων πυρηνικής ενέργειας Fukushima Daiichi και απέκοψε την εξωτερική παροχή της ενέργειας στις εγκαταστάσεις Fukushima Daiichi. Οι γεννήτριες diesel που σκοπό είχαν την παροχή εφεδρικής ενέργειας στο σύστημα ψύξης των εγκαταστάσεων επίσης απενεργοποιήθηκαν από την πλημμύρα. Οι 4 από τους 6 αντιδραστήρες υπέστησαν βλάβες στο σύστημα ψύξης και η πίεση μέσα στους αντιδραστήρες άρχισε να αυξάνεται. Μια σειρά από εκρήξεις υδρογόνου, πυρκαγιές και καπνός αναφέρθηκαν, και παρά τις ηρωικές προσπάθειες να περιοριστεί η πυρηνική κρίση, εντοπίστηκε μόλυνση στα τρόφιμα, στην επιφάνεια, στο πόσιμο νερό και στο έδαφος. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της κατανάλωσης πόσιμου νερού για τα βρέφη στις επαρχίες Fukushima, Ibaraki και Tokyo, ενώ στη συνέχεια η απαγόρευση περιορίστηκε στην Fukushima καθώς τα επίπεδα ραδιενέργειας έπεσαν.

Ραδιονουκλείδια εμφανίστηκαν σε 8 επαρχίες συνολικά (Εικόνα 9). Η μόλυνση της τροφής εξαπλώθηκε σε 6 επαρχίες (Fukushima, Gunma, Ibaraki, Niigata, Tochigi and Yamagata) καθώς εντοπίστηκαν ραδιονουκλείδια I-131, Cs-134, και Cs-137. Η μόλυνση από ακτινοβολία β-γ μετρήθηκε σε υψηλά επίπεδα ($2\text{--}160\mu\text{Sv/h}$) σε σχέση με τα φυσιολογικά επίπεδα ($0.1\mu\text{Sv/h}$) σε απόσταση 16-59 km από τις εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας και βρέθηκε σε υψηλά επίπεδα ακόμα και σε απόσταση 200 km. Επίσης εντοπίστηκε και μόλυνση του θαλασσινού νερού καθώς τα επίπεδα κοντά στην ακτή

έφτασαν τα 50000 Bq/l σε I-131, 7200 Bq/l σε Cs-137, 7000 Bq/l σε Cs-134, ενώ μετρήθηκαν και άλλα ραδιονουκλείδια με μικρό χρόνο ζωής.



Εικόνα 9. Τα επίπεδα ραδιενέργειας στη Fukushima Daiichi 11-26 Μαρτίου 2011 (αριστερά) και στο Tokyo, 15-29 Μαρτίου 2011 (δεξιά). Η αύξηση των επιπέδων ραδιενέργειας στο Tokyo σχετίζονται άμεσα με ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα στην περιοχή (TEPCO 2011, Japan Weather Association, 2011).

Εδαφικά δείγματα από τις εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας Daiichi επιβεβαίωσαν την μόλυνση από Pu-239/240 (5/5 δείγματα) και Pu-238 (2/5 δείγματα) (Tokyo Metropolitan Institute Of Public Health, 2011). Στις 12 Απριλίου η IAEA επιβεβαίωσε ότι η NISA έχει υποβάλει προσωρινά επίπεδο INES 7 για το ατύχημα στις εγκαταστάσεις πυρηνικής ενέργειας Daiichi, αναθεωρημένο από τα ξεχωριστά επίπεδα INES 5 για τους 3 αντιδραστήρες, θεωρώντας τα ατυχήματα στις μονάδες 1-3 ως ένα γεγονός.

4. ΟΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Μετά την αρχική φάση της διαχείρισης κρίσης κατά τη διάρκεια της απόκρισης, και τις προσπάθειες για ανακούφιση και ανάκαμψη, η ζωή δεν μπορεί να συνεχιστεί φυσιολογικά στις περιοχές που επλήγησαν από την περιβαλλοντική καταστροφή. Προκειμένου να επιτευχθεί η αποκατάσταση και η ανάπτυξη στις μολυσμένες περιοχές, ένα μακροπρόθεσμο και μεγάλης κλίμακας πρόγραμμα περιβαλλοντικής παρακολούθησης και ανάκαμψης θα πρέπει να εκπονηθεί. Όλες οι διαρροές σε δεξαμενές, δίκτυα αποχέτευσης, κλπ., πρέπει να περιοριστούν. Τα συντρίμια πρέπει να καθαριστούν και να διατεθούν με ικανό και σωστό τρόπο για έναν ακόμα λόγο. Η υγειονομική ταφή σε αυτή την κλίμακα θα επηρεάσει την ζωνοποίηση των χρήσεων γης, ακόμα κι αν όλοι οι υπόλοιποι περιβαλλοντικοί παράγοντες δεν αλλάξουν. Το παράδειγμα των σεισμών του San Francisco το 1906 και το 1986 έδειξε ότι ένα σεισμικό γεγονός μεταγενέστερο ενός μεγάλου καταστροφικού σεισμού, πρωταρχικά επηρεάζει όλα τα κτίρια τα οποία εδράζονται σε περιοχές που έχουν πληρωθεί με υλικά από τα συντρίμια του πρώτου γεγονότος.

Η συνολική μάζα των συντριμμιών από τα κτίρια που συγκεντρώθηκε στις τρεις πιο σοβαρά πληγείσες επαρχίες (Fukushima, Miyagi και Iwate) εκτιμήθηκε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος της Ιαπωνίας ότι ανέρχεται σε 24.9 εκατομμύρια τόνους (16 εκ. τόνους στο Miyagi, 6 εκ. τόνους στο Iwate και 2.9 εκ. τόνους στη Fukushima), δηλαδή 1.7 φορές μεγαλύτερη από τα συντρίμια του μεγάλου σεισμού του Hanshin το 1995. Στην εκτίμηση αυτή δεν έχουν ληφθεί υπόψη τα αυτοκίνητα και τα πλοία. Σε πρώτη φάση έχει προγραμματιστεί πάρκα και αθλητικές εγκαταστάσεις να υποδεχθούν προσωρινά μεγάλες

ποσότητες από τα συντρίμια των κτιρίων, η δε αποτέφρωση και αποκατάσταση έχει προγραμματιστεί να λάβει χώρα στο τελευταίο στάδιο. Αυτό σημαίνει ότι οι χώροι αυτοί θα μετατραπούν σε χώρους διάθεσης απορριμμάτων, με τεράστια περιβαλλοντική επιβάρυνση, όμως οι ακραίες συνθήκες απαιτούν ακραία μέτρα. Μία μακροπρόθεσμη λύση ωστόσο αναμένεται να εφαρμοστεί.

Εξάλλου, λύση πρέπει να βρεθεί και για τα μακροπρόθεσμα ζητήματα, όπως η διαχείριση των μολυσμένων εδαφών και υπόγειων υδάτων, η απομάκρυνση των μολυσμένων ιζημάτων καθώς και ζητήματα όπως η εξάπλωση της μούχλας από τα λιμάνια και των ιών σε κτίρια που δεν έχουν καταστραφεί και είναι κατά τα άλλα κατοικήσιμα. Επίσης η άμμος και η σκόνη που έχουν μολυνθεί από παθογόνους μικροοργανισμούς και βακτήρια σχετιζόμενα με λύματα, κλπ., πρέπει να απομακρυνθούν και να απορριφθούν. Τα ζητήματα αυτά δημιουργούν επιπρόσθετα πρόβλημα χώρου.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η Ιαπωνία έχει εμπειρία από περιβαλλοντικές καταστροφές, ακόμα και με καταστροφές σχετικές με πυρηνικά, πέρα από τον βομβαρδισμό της Hiroshima και του Nagasaki κατά το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο. Σημαντικά γεγονότα, με σοβαρές επιπτώσεις στην δημόσια υγεία, έχουν καταγραφεί από το δεύτερο μισό του 20ού αιώνα έως σήμερα. Η ασθένεια Itai Itai προκλήθηκε από δηλητηρίαση καδμίου στην Επαρχία Toyama, η οποία έλαβε χώρα λόγω της εξόρυξης μολύβδου, χαλκού και ψευδαργύρου, από το 1910 έως το 1946. Στον Ποταμό Jintsu, του οποίου το νερό χρησιμοποιούταν για άρδευση φυτειών ρυζιού, ύδρευση και αλιεία, εισέρευσε μολυσμένο νερό. Η ασθένεια Chisso-Minamata, ένα θανατηφόρο νευρολογικό σύνδρομο που προκαλείται από δηλητηρίαση μεθυλικού υδραργύρου, πρωτοεμφανίστηκε στην Minamata το 1956, όπου το νερό που αποβαλλόταν από την παραγωγή πλαστικού στο εργοστάσιο χημικών Chisso Corporation, εισήλθε στην τροφική αλυσίδα μέσω των οστρακοειδών και των ψαριών, καταλήγοντας στους κατοίκους. Η ασθένεια Yusho (στο Kyushu, 1968) ήταν ένα περιστατικό μαζικής δηλητηρίασης που προκλήθηκε από μόλυνση PCBs και PCDFs του ελαίου του ρυζιού και του πίτουρου, το οποίο χρησιμοποιούσαν οι κτηνοτρόφοι ως συμπλήρωμα διατροφής των πουλερικών και οι καταναλωτές στο μαγειρέμα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Δύο χρόνια μετά τον τυφώνα Κατρίνα και πέντε χρόνια μετά την 11/9, ειδικοί στις ΗΠΑ (EPA, 2007) δήλωσαν ότι, ακόμα κι αν οι περιβαλλοντικοί κίνδυνοι και οι κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία από σύνθετες καταστροφές μπορούσαν να εκτιμηθούν για την πλειονότητα των περιβαλλοντικών καταστροφών μία προς μία, είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθούν οι κίνδυνοι που υπαγορεύονται από την συνεργιστική ή ανταγωνιστική δράση των μολυντών στην υδρόσφαιρα, την ατμόσφαιρα και τη βιόσφαιρα, σε διάφορα περιβάλλοντα, από σπίτια και πόλεις σε υγρότοπους ή την ανοικτή θάλασσα/ωκεανό. Ενώ οι άμεσες και βραχυπρόθεσμες επιδράσεις μπορούν να παρατηρηθούν απευθείας, οι πιο αργές και μακροπρόθεσμες διαδικασίες είναι δύσκολο να παρακολουθηθούν, ακόμα και με μακροχρόνιες μετρήσεις και ερευνητικά προγράμματα.

Παρόλο που η καταστροφή της 11ης Μαρτίου η οποία έπληξε την περιοχή Tohoku της Ιαπωνίας, ήταν αποτέλεσμα ενός καταστροφικού μέγα-σεισμού, το επακόλουθο τσουνάμι που εισέδυσε σε μεγάλο τμήμα την ανατολικής ακτής, δημιούργησε μία τεχνολογική και περιβαλλοντική καταστροφή, η οποία παρουσιάζει ελάχιστες ομοιότητες με τις επιπτώσεις του τσουνάμι της Ινδονησίας τα Χριστούγεννα του 2004, αν και τα φυσικά τους χαρακτηριστικά ήταν παρόμοια. Ο τύπος ανάπτυξης της περιοχής και ο όγκος των επενδύσεων στις υπερανάπτυγμένες τοποθεσίες, όπως τα βιομηχανικά πάρκα της Ιαπωνίας, καθιστούν τη σύγκριση αδύνατη. Πραγματικά, η μόνη προγενέστερη καταστροφή η οποία μπορεί να θεωρηθεί ανάλογη με αυτή της Ιαπωνίας, από άποψη πλημμύρας σε ιδιαίτερα αναπτυγμένη αστική και βιομηχανική περιοχή, είναι η καταστροφή της περιοχής της Λουιζιάνα των ΗΠΑ από τον τυφώνα Κατρίνα στον Κόλπο του Μεξικού, το 2005. Ακόμα και σε αυτή την περίπτωση όμως το πυρηνικό ατύχημα της Ιαπωνίας κάνει την καταστροφή δυσανάλογα μεγαλύτερη σε σχέση με την καταστροφή που προκάλεσε η

Κατρίνα στην Νέα Ορλεάνη. Ακόμα όμως και αν δεν υπήρχε το πυρηνικό ατύχημα της Fukushima, η καταστροφή στην Ιαπωνία θα ήταν η σοβαρότερη περιβαλλοντική καταστροφή έως σήμερα.

Μόνο ο συνδυασμός των καταστροφών της Ινδονησίας το 2005, της Κατρίνα το 2005 και του Τσερνόμπιλ το 1986 μπορεί σε αδρές γραμμές να συγκριθεί με αυτό που συνέβη στην Ιαπωνία. Συνοπτικά, οι μέγα-Φυσικές Καταστροφές (π.χ. οι μέγα-σεισμοί) μπορούν να προκαλέσουν μέγα-NaTech καταστροφές, όταν επηρεάζουν άμεσα ιδιαίτερα αναπτυσσόμενες περιοχές, άσχετα με το βαθμό σχεδιασμού και ετοιμότητας πριν την καταστροφή. Και, παρόλο που το οικονομικό κόστος από τις φυσικές καταστροφές και ο αριθμός των θυμάτων (ιδιαίτερα των θανάτων) είναι αντιστρόφως ανάλογος μεταξύ των αναπτυσσόμενων και των αναπτυσσόμενων χωρών, είναι τώρα περισσότερο προφανές από ποτέ, ότι η ανάπτυξη μεγάλης κλίμακας σε περιοχές υψηλού κινδύνου δημιουργεί περιβαλλοντικούς κινδύνους για τους οποίους οι κοινωνίες μπορούν ελάχιστα να είναι έτοιμες, ακόμα και στην περίπτωση του υψηλότερου βαθμού ενημερότητας του κοινού. Υπάρχει μία γνωστή αρχή μεταξύ των ειδικών στην διαχείριση των καταστροφών:

ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ = ΚΙΝΔΥΝΟΣ x ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ / ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (Alexander, 1993)

Στην περίπτωση της Ιαπωνίας, ο μέγιστος κίνδυνος (η πλέον σεισμικά ενεργή του κόσμου) συνδυάστηκε με τη μέγιστη σε μέγεθος και πολυπλοκότητα ανάπτυξη (παράγοντες τρωτότητας) ακυρώνοντας σε μεγάλο βαθμό τα υψηλά επίπεδα ικανότητας της κοινωνίας, που είχαν επιτευχθεί μέσω της υψηλής ετοιμότητας, της κοινωνικής ενημερότητας, του προ-καταστροφικού σχεδιασμού και των συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης που ήταν αποτέλεσμα των μακροχρόνιων συστηματικών και

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alexander, D., 1993. *Natural Disasters*, UCL Press, London.
- Anwar, A., 2009. *Energy Recovery, Getting Value from Solid Waste in Manado, Ambon and Jayapura* (scoping mission – Aug'09), USAID/ Environmental Services Program - 2nd December, 2009, Available at: http://www.senternovem.nl/becin/proceedings_and_reports/2009/waste_to_energy_2009.asp (Accessed April 2012).
- European Commission Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of the Citizen Global Security and Crisis Management Unit - CriTech. *18 March 2011 report. Tsunami and earthquake in Japan 11 March 2011* (Update 2) <http://www.gdacs.org/> (accessed April 2011).
- Idris, A., Inanc, B. and Hassan, M.N., 2004. *Overview of waste disposal and landfills/dumps in Asian countries*, J. Mater. Cycles Waste Manag., **6**, 104–110.
- International Atomic Energy Agency.(IAEA). Fukushima Nuclear Accident Update Log www.iaea.org (accessed April 2011).
- Japan Weather Association. (In Japanese). <http://tenki.jp/> (accessed April 2011).
- Lekkas E., Andreadakis E., Kostaki I., Kapourani E., 2011. Critical factors for run-up and impact of the Tohoku earthquake Tsunami (Japan 11 March 2011). *International Journal of Geosciences*, **2**, 310-317, Scientific Research.
- Lekkas E., Andreadakis E., Kostaki I., Kapourani E., 2012. A new Tsunami Intensity Scale proposed after the tsunami of 11 March 2011, Japan. Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, March 1-4, 2012, Tokyo, Japan.
- Meidiana, C. and Gamse, T., 2010. Development of Waste Management Practices in Indonesia, *European Journal of Scientific Research*, **40** (2), 199-210.
- Port and Airport Research Institute of Japan (PARI), Executive Summary of Urgent Field Survey of Earthquake and Tsunami Disasters, 2011, Available at: www.pari.jp

- (Accessed April 2011).
- Srinivas, H. and Nakagawa, Y., 2008. Environmental implications for disaster preparedness: Lessons Learnt from the Indian Ocean Tsunami, *Journal of Environmental Management*, **89**, 4–13.
- Tokyo Electric Power Company (TEPCO) Monitoring Measurements of Fukushima Daiichi and Daini (In Japanese). <http://www.tepco.co.jp/nu/monitoring/index-j.html> (accessed April 2011).
- Tokyo Metropolitan Institute of Public Health. Monitored data on environmental radiation levels in Tokyo. <http://www.tokyo-eiken.go.jp/> (accessed April 2011).
- United States Geological Survey (USGS). Earthquake Hazards Program. <http://earthquake.usgs.gov/> (Accessed 13 April 2011).