

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΧΗ ΡΙΣΚΟΥ: ΤΕΥΧΟΣ Β,
ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΡΙΣΚΟΥ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ
ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**



Διπλωματική εργασία: Γιαννακόπουλος Γιάννης
Επιβλέπων καθηγητής: Νικόλαος Π. Βεντίκος

Αθήνα, Ιούνιος 2007

Ποσοστό. Υπέροχες αλήθεια αυτές οι λέξεις. Είναι τόσο παρήγορες, τόσο επιστημονικές. Σου λένε ποσοστό, που θα πει πως δεν υπάρχει πια λόγος να χαλάς τη ζαχαρένια σου. Ε βέβαια αν ήταν άλλη λέξη τότε θα 'χες ίσως λόγους να ανησυχήσεις...

Φ. Ντοστογιέβσκι, *Εγκλημα και Τιμωρία*, μτφρ. Άρης Αλεξάνδρου

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Βεντίκο για τις υποδείξεις, τις διορθώσεις και τον χρόνο που αφιέρωσε ώστε η διπλωματική αυτή εργασία να είναι όσο το δυνατόν πιο πλήρης. Θεωρώ ακόμα χρέος μου να αναφέρω πως όλα τα παρακάτω είναι αποτέλεσμα κοινής δουλειάς με το συμφοιτητή μου Δημήτρη Βούρο.

Ευχαριστώ, τους γονείς μου που τόσα χρόνια ανέχονται τη βαβούρα από το δωμάτιο μου, τη γιαγιά, τον Τάσσο, τη Μαρίνα για το άλσος και όλα όσα ακολούθησαν, τον Χρήστο (\m/).

Στον Στράτο.

Λίστα πινάκων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 41. Ατομικό ρίσκο για διάφορες δραστηριότητες (Αυστραλία).....	σελ. 8
ΠΙΝΑΚΑΣ 42. Οικιστικές ζώνες ανάλογα με τα επίπεδα ατομικού ρίσκου (Ισλανδία).....	σελ. 10
ΠΙΝΑΚΑΣ 43. Συγκεντρωτικός πίνακας ορίων ατομικού ρίσκου.....	σελ. 12
ΠΙΝΑΚΑΣ 44. Συγκεντρωτικός πίνακας <i>κομβικών σημείων</i>	σελ. 40
ΠΙΝΑΚΑΣ 45. Στατιστικά ατυχημάτων για τις σιδηροδρομικές μεταφορές στην Αγγλία (1967- 2001).....	σελ. 66
ΠΙΝΑΚΑΣ 46. Συχνότητες και αθροιστικές συχνότητες εμφάνισης ατυχημάτων ανά έτος.....	σελ. 67
ΠΙΝΑΚΑΣ 47. Στατιστικά στοιχεία για τα ναυτικά ατυχήματα στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο κατά την περίοδο 1992- 2005.....	σελ. 114
ΠΙΝΑΚΑΣ 48. Τιμές συνάρτησης u και αθροιστικής U ανά κατηγορία ατυχημάτων ($\beta=1, \gamma=1$).....	σελ. 115
ΠΙΝΑΚΑΣ 49. Τιμές συνάρτησης u και αθροιστικής U ανά κατηγορία ατυχημάτων ($\beta=1, \gamma=2$).....	σελ. 117
ΠΙΝΑΚΑΣ 50. Τιμές συνάρτησης u και αθροιστικής U ανά κατηγορία ατυχημάτων ($\beta=1, \gamma=\gamma(N)$).....	σελ. 120

Λίστα σχημάτων.

Σχήμα 60. Κατασκευή $F-N$ σε λογαριθμικούς άξονες (α).....	σελ. 16
Σχήμα 61. Κατασκευή $F-N$ σε λογαριθμικούς άξονες (β).....	σελ. 17
Σχήμα 62. Χάραξη της <i>ALARP</i> περιοχής.....	σελ. 17
Σχήμα 63. Χάραξη ορίων <i>Canvey</i> και <i>R2P2</i>	σελ. 38
Σχήμα 64. Χάραξη ορίου <i>Canvey</i> για κλίσεις -1 και -2.....	σελ. 39
Σχήμα 65. Κριτήριο <i>VROM</i>	σελ. 42
Σχήμα 66. Μεταβολή F_I συναρτήσει του N_{max} για κλίση -1.....	σελ. 58
Σχήμα 67. Μεταβολή F_I συναρτήσει του N_{max} για κλίση -2.....	σελ. 59
Σχήμα 68. Χάραξη ορίων με κλίσεις -1 και -2 για κοινό οριακό <i>PLL</i>	σελ. 60
Σχήμα 69. Χάραξη ορίων με κλίσεις -0,6, -1 και -2 για κοινό οριακό <i>PLL</i>	σελ. 61
Σχήμα 70. Μεταβολή F_I συναρτήσει του N_{max} για κλίση -1 (N συνεχής μεταβλητή)...	σελ. 62
Σχήμα 71. Μεταβολή F_I συναρτήσει του N_{max} για κλίση -1 (N συνεχής μεταβλητή)...	σελ. 63
Σχήμα 72. $F-N$ σιδηροδρομικών μεταφορών στην Αγγλία (1967- 2001).....	σελ. 68
Σχήμα 73. Σύγκριση $F-N$ με την ευθεία <i>Canvey</i>	σελ. 71
Σχήμα 74. Σύγκριση $F-N$ με ευθεία <i>Canvey</i> και κριτήριο <i>VROM</i>	σελ. 76
Σχήμα 75. Χάραξη ορίων με την παραδοχή για $F_I = F_I$	σελ. 78
Σχήμα 76. Υποθετικά όρια ώστε η δραστηριότητα να είναι αποδεκτή για κλίσεις -1 και -2.....	σελ. 79
Σχήμα 77. Καμπύλη $F-N$	σελ. 84
Σχήμα 78. Σύγκριση καμπυλών $F-N$	σελ. 84

Σχήμα 79. Σύγκριση $F-N$ με $U-N$ ($\beta=1, \gamma=1$).....	σελ. 116
Σχήμα 80. Σύγκριση $f-N$ με $u-N$ ($\beta=1, \gamma=1$).....	σελ. 116
Σχήμα 81. Σύγκριση $F-N$ με $U-N$ ($\beta=1, \gamma=2$).....	σελ. 118
Σχήμα 82. Σύγκριση $f-N$ με $u-N$ ($\beta=1, \gamma=2$).....	σελ. 118
Σχήμα 83. Σύγκριση $F-N$ με $U-N$ ($\beta=1, \gamma=1$) και ($\beta=1, \gamma=y(N)$).....	σελ. 120
Σχήμα 84. Σύγκριση $f-N$ με $u-N$ ($\beta=1, \gamma=1$) και ($\beta=1, \gamma=y(N)$).....	σελ. 121

Περιεχόμενα.

Κεφάλαιο 9. Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου- Εισαγωγικά.....	σελ. 1
9.1 Εισαγωγή στη φιλοσοφία πίσω από τα Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου.....	σελ. 1
Κεφάλαιο 10. Κριτήρια Αποδοχής Ατομικού Ρίσκου.....	σελ. 5
10.1 Η αρχή της ALARP.....	σελ. 5
10.2 Κριτήρια Αποδοχής Ατομικού Ρίσκου.....	σελ. 6
10.2.1 Αγγλία (HSE).....	σελ. 6
10.2.2 Ολλανδία.....	σελ. 7
10.2.3 Αυστραλία.....	σελ. 8
10.2.4 Ισλανδία.....	σελ. 9
10.2.5 IMO.....	σελ. 10
10.2.6 Συνολική παρουσίαση των Κριτηρίων Αποδοχής Ατομικού Ρίσκου...	σελ. 10
Κεφάλαιο 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου.....	σελ. 14
11.1 Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου σε καμπύλες $F-N$ - Γενικά.....	σελ. 14
11.2 Κατασκευή Άνω Ορίου.....	σελ. 18
11.2.1 Κλίση της ευθείας-ορίου.....	σελ. 19
11.2.1.2 Σχέση αθροιστικών F_N με απόλυτες f_N	σελ. 25
11.2.1.3 Μια άλλη προσέγγιση.....	σελ. 27
11.2.1.4 Συνολικά για την σχέση της κλίσης της ευθείας- ορίου με τη στάση του νομοθέτη απέναντι στο μέγεθος των ατυχημάτων.....	σελ. 30
11.2.1.5 Κριτική για την επιλογή της κλίσης.....	σελ. 32
11.2.1.6 Κλίσεις λιγότερο διαδεδομένες.....	σελ. 34
11.2.1.7 Οριακό PLL	σελ. 35
11.2.2 Επιλογή σημείου.....	σελ. 35
11.2.2.1 Κομβικά Σημεία.....	σελ. 36
11.2.2.2 Υπολογισμός F_I	σελ. 41
11.2.2.3 Το Ολλανδικό Κριτήριο.....	σελ. 42
11.2.2.4 Κριτική πάνω στο Κριτήριο του Vrijling.....	σελ. 45
11.2.2.5 Σχέση του PLL με τη μέση τιμή της $\sigma.π.π.$	σελ. 48
11.2.2.6 Σύνδεση του F_I με την οικονομική αξία της δραστηριότητας.....	σελ. 51
11.2.2.7 Μια ενδιαφέρουσα επίπτωση της επιλογής κλίση -1	σελ. 55

Κεφάλαιο 12. Ένα παράδειγμα εφαρμογής Κριτηρίων Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου.....	σελ. 65
12.1 Ορισμός του προβλήματος.....	σελ. 65
12.2 Στατιστικά στοιχεία.....	σελ. 65
12.3 Επεξεργασία στοιχείων.....	σελ. 66
12.4 Χάραξη $F-N$	σελ. 67
12.5 Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου- Χάραξη Ορίων.....	σελ. 70
12.5.1 Ασφάλεια Σιδηροδρομικών Μεταφορών ως προς την ευθεία <i>Canvey</i>	σελ. 71
12.5.2 Άλλες προσεγγίσεις Κριτηρίων Ρίσκου.....	σελ. 72
12.5.3 Μια λύση ανάγκης.....	σελ. 77
12.6 Συμπεράσματα.....	σελ. 80
Κεφάλαιο 13. Συναρτήσεις μη- χρησιμότητας.....	σελ. 83
13.1 Γενικά για τις συναρτήσεις μη- χρησιμότητας.....	σελ. 83
13.2 Κατασκευή.....	σελ. 86
13.3 Απλουστευτικές παραδοχές.....	σελ. 89
Κεφάλαιο 14. Συνολική κριτική στα υπάρχοντα Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου - Προτάσεις.....	σελ. 97
14.1 Είναι επαρκής η χάραξη των κριτηρίων αποδοχής ρίσκου;.....	σελ. 97
14.2 Περιορισμός του ρίσκου στην ναυτιλία στην <i>ALARP</i> περιοχή.....	σελ. 98
14.3 Προτάσεις για <i>Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου</i> με βάση τα ήδη υπάρχοντα εργαλεία.....	σελ. 100
14.3.1 Ανασκόπηση.....	σελ. 100
14.3.2 Σύνδεση του <i>Ατομικού</i> με το <i>Κοινωνικό</i> ρίσκο.....	σελ. 102
14.4 Μια λιγότερο συντηρητική προσέγγιση.....	σελ. 105
14.4.1 Το ρίσκο στην αντοχή των υλικών.....	σελ. 106
14.4.2 Εφαρμογή στα <i>Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου (Ανάλυση Ρίσκου-Οφέλους)</i>	σελ. 106
14.4.2.1 Μαθηματική αποτύπωση.....	σελ. 108
14.4.2.2 Κατασκευή της συνάρτησης R	σελ. 109
14.4.2.2.1 Μοντελοποίηση της αποστροφής απέναντι στην αβεβαιότητα αλλά και το μέγεθος των ατυχημάτων.....	σελ. 109
14.4.2.2.2 Παράδειγμα κατασκευής της συνάρτησης u με χρήση των στοιχείων από τις θαλάσσιες μεταφορές στην Ελλάδα.....	σελ. 113
14.4.2.2.3 Εισαγωγή του υποκειμενικού ρίσκου στο μοντέλο μας.....	σελ. 121
14.4.2.2.4 Μετατροπή του ρίσκου σε χρηματικές μονάδες.....	σελ. 122
14.4.2.3 Κατασκευή της συνάρτησης B	σελ. 123
14.4.2.3.1 Προσδιορισμός της έννοιας του οφέλους.....	σελ. 125
14.4.2.2.4 Συνολικά.....	σελ. 128
14.5 Συμπεράσματα.....	σελ. 129
Παράρτημα 1.....	σελ. 131

Abstract

The following Diploma Thesis under the general title, ‘Risk Estimation and Risk Acceptance in Safety’, explores the principles that support risk evaluation and the setting of risk acceptance criteria, when it comes to the safety of human life. Particular emphasis is given to the mathematics involved and the broader context that the current techniques of risk evaluation lie in.

This Diploma Thesis makes a distinction between effective and perceived risk, considering the latter to be much a more comprehensive and at the end of the day ‘correct’ measure of risk. Moreover the role of uncertainty about the outcome of accidents is emphasized and it is proposed that this uncertainty is integrated in the process of risk evaluation (as well as the setting of criteria). Finally we examine the potential of a Risk-Benefit Analysis that considers both the risks and the benefits that derive from a particular activity.

As a case study we used the records of shipping accidents inside the Greek waters and in the period between 1992 and 2005.

The structure of the Thesis is as follows.

Chapter 1: Presentation of the basic principles and methodologies of Risk Analysis, as they can be found in Formal Safety Assessment (*F.S.A.*) proposed by IMO.

Chapter 2: Introduction to the basic principles of risk, that are necessary for the understanding of risk evaluation.

Chapter 3: Individual Risk, with emphasis on the different ways available for its calculation and the units that it is expressed in.

Chapter 4: Societal Risk and presentation of the various techniques that are used for its calculation. The construction of *F-N* curves is studied thoroughly, as are the elements of probability theory and statistics that are necessary for the understanding of *F-N* curves.

Chapter 5: Introduction to the concept of *perceived risk* with an attempt for its mathematical modeling. Brief presentation of the homeostasis theory.

Chapter 6: Presentation of the statistical data from shipping accidents within the Greek waters in the period from 1992 to 2005, construction of the *F-N* curve for the same period.

Chapter 7: Elements of probability theory with emphasis given to the fitting of statistical data in probability distributions. The nature of uncertainty as well as its role in risk evaluation are discussed.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου- Εισαγωγικά

Chapter 8: Application of the principles described in Chapter 7, for the modeling of the statistical data presented in Chapter 6. Production of multiple F-N curves that describe our uncertainty about our knowledge on the situation.

Chapter 9: Introduction on Risk Acceptance Criteria.

Chapter 10: Individual Risk Acceptance Criteria and presentation of cases where they are used for advisory or regulatory purposes.

Chapter 11: Presentation of the Societal Risk Acceptance Criteria that are currently in use, in depth Analysis of their goals, methodologies and construction procedures.

Chapter 12: Application of the Criteria discussed in 11, on statistical data from railway accidents in England (1967-2001).

Chapter 13: Introduction to disutility functions, their goals and their relation to the other measures used in risk evaluation. Construction of a disutility function.

Chapter 14: An evaluation of the Societal Risk Acceptance Criteria that are in use today and proposals for the construction of future Criteria. Introduction to Risk-Benefit Analysis, as a different approach for deciding on the acceptance of risk.

Πρόλογος- Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Η Διπλωματική Εργασία που ακολουθεί ασχολείται με την ποσοτική εκτίμηση του ρίσκου στον τομέα της ασφάλειας και την συνακόλουθη αποτίμηση του μεγέθους του.

Οι δύο διαδικασίες είναι αναπόφευκτα αλληλένδετες. Κάθε μέτρηση (εκτίμηση) της τιμής του ρίσκου έχει νόημα μόνο στο βαθμό που η τιμή αυτή μπορεί στη συνέχεια να ιεραρχηθεί ως προς κάποιο όριο που θα χρησιμεύει ως μέτρο σύγκρισης. Κατ' αυτό τον τρόπο γεννιούνται τα *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου*. Ρίσκα μικρότερα από αυτά μπορούν (υπό προϋποθέσεις) να είναι αποδεκτά. Ρίσκα μεγαλύτερα θα πρέπει άμεσα να μειώνονται.

Αυτά όμως είναι η γενική εικόνα. Στην πραγματικότητα τόσο η εκτίμηση όσο και αποτίμηση του ρίσκου είναι διαδικασίες πολύπλοκες και το κυριότερο όχι σαφώς ορισμένες στη βιβλιογραφία. Θα δούμε ότι οι λύσεις που προτείνονται κατά την εκτίμηση του ρίσκου ποικίλουν ανάλογα με τον επιστήμονα ή τον οργανισμό που την πραγματοποιεί, ενώ τα προτεινόμενα όρια αντανακλούν τόσο διαφορετικές συμπεριφορές απέναντι στο ρίσκο, ώστε δεν μπορούμε παρά να είμαστε ιδιαίτερα επιφυλακτικοί κατά την εφαρμογή τους.

Αν έπρεπε στα στενά πλαίσια της Εισαγωγής να δώσουμε μια αιτία γι' αυτή την παρατηρούμενη σύγχυση, αυτή θα είχε να κάνει με την διπλή υπόσταση του ρίσκου.

Καθώς από τον παραδοσιακό του ορισμό είναι,

$$\text{Ρίσκο} = \text{πιθανότητα γεγονότος } i \times \text{συνέπειες γεγονότος } i$$

βλέπουμε ότι στην πραγματικότητα ο υπολογισμός του ρίσκου απαιτεί τη γνώση δύο μεγεθών, τόσο της πιθανότητας όσο και των συνεπειών κάποιου γεγονότος. Η γνώση αυτή όμως δεν είναι εύκολο να κατακτηθεί, απαιτεί την προσεκτική ανάγνωση των στατιστικών στοιχείων και την κατασκευή πιθανοθεωρητικών μοντέλων που θα μπορούν να συνυπολογίζουν όλα τα πραγματοποιήσιμα σενάρια.

Ακόμα κι έτσι, δίνουμε μάλλον μια υπερβολικά απλουστευμένη εικόνα. Το ρίσκο είναι μια καθαρά ψυχολογική, και γι' αυτό βαθιά υποκειμενική, διαδικασία. Κάθε παιδί έχει πραγματοποιήσει μια Ανάλυση Ρίσκου τη στιγμή που σκέφτεται αν θα περάσει πάνω από ένα χαντάκι με το ποδήλατο του, ή αν θα παραμελήσει τα μαθήματα του προς όφελος του παιχνιδιού, με τον κίνδυνο όμως να το εξετάσει την άλλη μέρα ο δάσκαλος στην τάξη. Διαφορετικά παιδιά θα δώσουν διαφορετικές απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα, αν και τα ρίσκα είναι σε κάθε περίπτωση τα ίδια.

Τέτοιες συμπεριφορές καταδεικνύουν ότι η τιμή που λαμβάνουμε από τον παραδοσιακό ορισμό πρέπει να «φιλτράρεται» κατάλληλα αν θέλουμε να αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα. Δεν έχουμε όλοι τις ίδιες αντιδράσεις στην αβεβαιότητα που περικλείει η φράση «πιθανότητα γεγονότος *i*», ενώ είναι ευρέως

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου- Εισαγωγικά

αποδεκτό ότι η στάση μας απέναντι στις «*συνέπειες του γεγονότος i*» δεν μεταβάλλεται γραμμικά με το μέγεθος τους.

Τα παραπάνω οδήγησαν στη διάκριση μεταξύ **αντικειμενικού** και **υποκειμενικού** ρίσκου. Το αντικειμενικό αντλείται από τον παραδοσιακό ορισμό του ρίσκου, ενώ για το υποκειμενικό συνυπολογίζονται όλοι εκείνοι οι παράγοντες που επιδρούν στην αντίληψη του ατόμου (ή μιας ομάδας ατόμων) γι' αυτό.

Από το εύρος των ζητημάτων που ανοίγονται είναι φανερό ότι δεν θα ήταν δυνατόν να καλυφθούν πλήρως στα πλαίσια μιας Διπλωματικής Εργασίας. Αναδεικνύονται όμως, ενώ παράλληλα εξετάζονται οι υπάρχουσες πρακτικές τόσο όσον αφορά στην εκτίμηση όσο και στην αποδοχή του ρίσκου. Παρουσιάζονται τόσο τα προτερήματα όσο και οι αδυναμίες των πρακτικών αυτών, πάντα μέσα στο πλαίσιο των γενικών αρχών που διέπουν το ρίσκο και την αντίληψη του ανθρώπου γι' αυτό.

Η διάθεση μας να ασχοληθούμε με *αρχές* και όχι με συγκεκριμένες εφαρμογές, μας οδήγησε στην περιγραφή πρώτα του γενικού πλαισίου της Ανάλυσης Ρίσκου και κατά δεύτερον (στο βαθμό που αυτό ήταν δυνατό) στην εφαρμογή αυτού του πλαισίου στη ναυτιλία και μάλιστα στα ατυχήματα εντός των ελληνικών χωρικών υδάτων. Η εφαρμογή αυτή έχει να κάνει αποκλειστικά με τη εκτίμηση του ρίσκου. Η πρόταση συγκεκριμένων Κριτηρίων Αποδοχής Ρίσκου κρίθηκε ανεδαφική σε αυτή τη φάση, για λόγους που ελπίζουμε ότι θα διαφανούν στα οικεία κεφάλαια της Εργασίας.

Ίσως φανεί δυσοίωνη μια τέτοια αναφορά στην εισαγωγή, όμως αισθανόμαστε χαρούμενοι γιατί αυτή η Εργασία θέτει πολλά ερωτήματα και δίνει πολύ λιγότερες απαντήσεις. Αυτό γιατί η βιβλιογραφία βρίθκει από έτοιμες συνταγές, νούμερα αμφίβολης προέλευσης και προσωπικές απόψεις με αξιώσεις αυθεντίας. Δεν υπήρχε συνεπώς καμία ανάγκη για άλλη μια Εργασία γεμάτη εύκολες λύσεις.

Άποψη μας μάλιστα είναι, ότι η κατάσταση στην Ανάλυση Ρίσκου σήμερα, δεν επιτρέπει επ' ουδενί την πρόταση τελικών λύσεων. Τόσο η διαδικασία της εκτίμησης όσο και της αποτίμησης του ρίσκου είναι ακόμα ρευστές και εκτεθειμένες σε πλήθος παγιωμένων υποκειμενικών κρίσεων οι οποίες συχνά διατυπώνονται χωρίς τη στοιχειώδη δικαιολόγηση. Σε αυτά τα πλαίσια θεωρήσαμε ότι ακόμα και μια απλή παράθεση του συνόλου των τρεχουσών αντιλήψεων θα είχε αξία. Πρώτος στόχος μας ήταν συνεπώς να συγκεντρώσουμε όσο δυνατόν περισσότερα από τα μεγέθη και τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση και αποτίμηση ρίσκου σήμερα.

Σε δεύτερο επίπεδο διερευνήσαμε την προέλευση, τη διαδικασία κατασκευής και τη συμπεριφορά αυτών των μεγεθών, θεωρώντας ότι για να φτάσουμε σε σημείο να κάνουμε προτάσεις θα πρέπει πρώτα να είμαστε σίγουροι ότι κατανοούμε το υπόβαθρο των βασικών εργαλείων που χρησιμοποιούνται κατά την εκτίμηση και κατά την αποτίμηση του ρίσκου.

Τέλος από τα ήδη υπάρχοντα εργαλεία και με βάση την συζήτηση που προηγήθηκε, καταλήξαμε σε αυτά που πιστεύουμε πως μπορούν να φανούν χρήσιμα μελλοντικά και σε αυτά που θεωρούμε ως συμβιβαστικές λύσεις που καλύπτουν την ανεπαρκή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου- Εισαγωγικά

μας γνώση γύρω από κάποια δραστηριότητα ή και τους μηχανισμούς του ρίσκου αυτούς καθ' αυτούς.

Εάν πρόκειται κάποια στιγμή η Ανάλυση Ρίσκου να αποτελέσει παράγοντα σημαντικό στη λήψη αποφάσεων θα πρέπει αν μη τι άλλο να αποκτήσει σταθερές δομές και δοκιμασμένες μεθοδολογίες. Η άποψη του Α ή του Β ειδικού δεν μπορεί να υποκαθιστά την συστηματική επιστημονική ανάλυση.

Ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση της δομής της Διπλωματικής Εργασίας.

Η Διπλωματική Εργασία με γενικό τίτλο *Εκτίμηση και Αποδοχή Ρίσκου*, έχει χωριστεί σε δύο τεύχη. Στο Τεύχος Α θα μας απασχολήσει η διαδικασία της εκτίμησης του ρίσκου, ενώ στο Τεύχος Β ασχολούμαστε με την παραγωγή Κριτηρίων Αποδοχής Ρίσκου. Σημειώνουμε εδώ ότι ο παραπάνω διαχωρισμός μόνο τυπικούς σκοπούς εξυπηρετεί. Ως συγγραφείς αυτής της Διπλωματικής Εργασίας θεωρούμε τα περιεχόμενα των δύο Τευχών, νοηματικά αδιαχώριστα. Κάθε ένα δίνει το διαφορετικό μισό μιας ενιαίας εικόνας. Γι' αυτό το λόγο επιλέχθηκε η αρίθμηση των Κεφαλαίων να είναι ενιαία, όπως και όλων των σχημάτων και των πινάκων που συνοδεύουν τα κείμενα.

Αναλυτικότερα στο Τεύχος Α περιέχονται,

Κεφάλαιο 1: Γενική παρουσίαση των βασικών στόχων και μεθοδολογιών της *Ανάλυσης Ρίσκου* μέσα από την παρουσίαση των στόχων και των μεθοδολογιών της *Τυπικής Αποτίμησης Ασφαλείας (F.S.A.)* όπως προτείνεται από τον IMO.

Κεφάλαιο 2: Εισαγωγή στις βασικές έννοιες που σχετίζονται με το ρίσκο και είναι θεμελιώδεις για την κατανόηση και την εφαρμογή των κύριων τεχνικών εκτίμησης και αποτίμησης του. Διαχωρισμός του *Ατομικού* από το *Κοινωνικό* ρίσκο.

Κεφάλαιο 3: Παρουσίαση του *Ατομικού* ρίσκου με έμφαση στους διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν τον υπολογισμό του, στις διάφορες μορφές που μπορεί να λάβει καθώς και στις μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιεί.

Κεφάλαιο 4: Παρουσίαση του *Κοινωνικού* ρίσκου και όλων των επιμέρους μεγεθών που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του, αναλυτική παρουσίαση της κατασκευής των καμπυλών *F-N* και των βασικών στοιχείων από τις πιθανότητες και τη στατιστική που είναι απαραίτητα για την κατανόηση των διαφόρων μεγεθών.

Κεφάλαιο 5: Εισαγωγή στη έννοια του *υποκειμενικού* ρίσκου και του προσδοκώμενου οφέλους, με μια πρώτη απόπειρα για μαθηματική μοντελοποίηση των παραπάνω καθώς και σχολιασμός της θεωρίας της *ομοιόστασης*.

Κεφάλαιο 6: Παρουσίαση των στατιστικών στοιχείων από ναυτικά ατυχήματα στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο (1992- 2005) και επεξεργασία τους ώστε να αποτυπωθούν σε καμπύλες *F-N*.

Κεφάλαιο 7: Βασικές αρχές θεωρίας πιθανοτήτων με έμφαση στην ανάλυση στατιστικών δεδομένων, παρουσίαση των βασικών κατανομών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτή τη διαδικασία και ανάδειξη του ρόλου της αβεβαιότητας και της μεταβλητότητας στις κατανομές πιθανοτήτων.

Κεφάλαιο 8: Εφαρμογή των αρχών που περιγράφονται στο Κεφάλαιο 7, επί των στατιστικών στοιχείων για τα ατυχήματα στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο. Αποτύπωση της αβεβαιότητας για τη σωστή πρόβλεψη της κατανομής των ατυχημάτων, με φάσμα καμπυλών $F-N$.

Το Τεύχος Β περιλαμβάνει:

Κεφάλαιο 9: Εισαγωγικά για τα Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου.

Κεφάλαιο 10: Παρουσίαση ενδεικτικών περιπτώσεων όπου εφαρμόζονται Κριτήρια Αποδοχής για το *Ατομικό Ρίσκο* και ανάδειξη των διαφορετικών προσεγγίσεων στο θέμα.

Κεφάλαιο 11: Παρουσίαση των *Κριτηρίων Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου* που βρίσκονται σε χρήση σήμερα, καθώς και ανάλυση των στόχων και της διαδικασίας παραγωγής τους ώστε να είναι φανερά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε μίας από τις μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται.

Κεφάλαιο 12: Απόπειρα εφαρμογής των Κριτηρίων που αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 11 σε ένα μια πραγματική δραστηριότητα, τις σιδηροδρομικές μεταφορές στην Αγγλία.

Κεφάλαιο 13: Εισαγωγή στις συναρτήσεις *μη- χρησιμότητας*. Ανάλυση των στόχων τους και της σχέσης που έχουν με τα παραδοσιακά μέσα εκτίμησης του ρίσκου. Κατασκευή μιας συνάρτησης *μη- χρησιμότητας*.

Κεφάλαιο 14: Συνολική αποτίμηση των *Κριτηρίων Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου* και προτάσεις για την κατασκευή μελλοντικών *Κριτηρίων*. Η ανάλυση Ρίσκου- Οφέλους ως μια διαφορετική αντιμετώπιση απέναντι στο ρίσκο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου- Εισαγωγικά

Έστω λοιπόν ότι χρησιμοποιώντας τις τεχνικές της Ανάλυσης Ρίσκου όπως τις περιγράψαμε στα προηγούμενα, καταλήγουμε σε συμπεράσματα σχετικά με το μέγεθος του ρίσκου, υπό τη μορφή ζευγών πιθανότητας-συνεπειών. Το λογικό επόμενο βήμα είναι να εξετάσουμε ποιά επίπεδα ρίσκου θεωρούμε αποδεκτά για τη δραστηριότητα που μας ενδιαφέρει. Πρέπει συνεπώς να έχουμε στα χέρια μας *Κριτήρια*, τα οποία αντικειμενικά και χωρίς να αφήνουν περιθώριο για αμφισβήτηση, θα αποφασίζουν για την αποδοχή ή μη του ρίσκου που προέκυψε κατά τη διαδικασία της *Εκτίμησης Ρίσκου*. Στο εξής θα αναφερόμαστε σε αυτά, ως *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου (Risk Acceptance Criteria)*.

9.1 Εισαγωγή στη φιλοσοφία πίσω από τα Κριτήρια Ρίσκου

Σε γενικές γραμμές προσεγγίζουμε τα *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου* από δύο σκοπιές. Η μια είναι αυτή του *Ατομικού* και η άλλη του *Κοινωνικού Ρίσκου*. Παρ' όλα αυτά και στις δύο προσεγγίσεις κεντρική ιδέα είναι η σύγκριση του ρίσκου που έχουμε να διαχειριστούμε, με το ρίσκο που προκύπτει από άλλες δραστηριότητες και θεωρείται γενικώς αποδεκτό. Το κατά πόσο τέτοιες συγκρίσεις έχουν επιστημονική βάση είναι ένα ζήτημα, ωστόσο, που χρίζει διερεύνησης και με το οποίο θα ασχοληθούμε εκτενώς παρακάτω.

Οι βασικές μέθοδοι για τον σχηματισμό κριτηρίων ρίσκου παρουσιάζονται αμέσως παρακάτω.

Σύγκριση με άλλους κινδύνους

Αφορά στη σύγκριση με το ρίσκο που προέρχεται από άλλες δραστηριότητες, για τις οποίες έχουμε λόγο να πιστεύουμε ότι ομοιάζουν με τη δραστηριότητα που μας ενδιαφέρει. Έτσι αναζητώντας κριτήρια για τις θαλάσσιες μεταφορές φαίνεται λογικό να ανατρέξουμε σε ανάλογες δραστηριότητες όπως οι χερσαίες ή αεροπορικές μεταφορές. Εξ'άλλου όπως θα διαπιστώσουμε, εξαιρετικά χρήσιμα είναι τα συμπεράσματα που προέρχονται από την πυρηνική και τη χημική βιομηχανία.

Είναι σημαντικό ωστόσο, να επιστήσουμε την προσοχή του αναγνώστη στο γεγονός ότι τέτοιες συγκρίσεις πρέπει να γίνονται με επιφυλακτικότητα καθώς διαφορετικές βιομηχανίες εμφανίζουν ιδιαιτερότητες που ίσως δεν γίνονται αντιλήπτες με την πρώτη ματιά. Για παράδειγμα μια σύγκριση των θαλασσίων μεταφορών με τις αεροπορικές θα αδικούσε τις πρώτες αν μετρούσαμε τις συχνότητες ως επιβάτες/χιλιόμετρο, ενώ θα ήταν υπερ τους σε μια κλίμακα τόνοι/χιλιόμετρο¹.

¹ Rolf Skjong, *Safety Assessment and Risk Acceptance Criteria*, Training Course on Risk Based Ship Design, June 2005

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου- Εισαγωγικά

Αποτέλεσμα τέτοιας σύγκρισης είναι η αρχή που βρίσκουμε στον Skjong :

«Οι θαλάσσιες μεταφορές οφείλουν να είναι τόσο ασφαλείς όσο οι οδικές.»

Σε αυτό το σημείο πρέπει να ξεκαθαρίσουμε ότι τέτοιες συγκρίσεις μπορούν να εφαρμοστούν κατ' αρχάς μόνο μεταξύ *Ατομικών Ρίσκων*. Η σύγκριση *Κοινωνικού Ρίσκου* (καμπυλών *F-N*) μεταξύ βιομηχανιών είναι μεν δελεαστική, η αποτελεσματικότητα της ωστόσο τείθει εν αμφιβόλω για λόγους που έχουν να κάνουν τόσο με την εφαρμογή της όσο, και κατά κύριο λόγο, με την ίδια τη φύση του *Κοινωνικού Ρίσκου*.

Έτσι προς το παρόν, και μέχρι να θέσουμε τις προϋποθέσεις εφαρμογής της σε κριτήρια Κοινωνικού Ρίσκου, μας ενδιαφέρει μόνο η σύγκριση μεταξύ επιπέδων *Ατομικού Ρίσκου* διαφορετικών βιομηχανιών. Ως παράδειγμα, το ρίσκο που υπολογίστηκε ότι αντιμετώπιζαν οι εργάτες σε ορυχεία στην Αγγλία κατά την περίοδο 1995/1996 ήταν $2,3 \cdot 10^{-4}$ ². Καθώς αυτό είναι και το μέγιστο εργασιακό ρίσκο για τα δεδομένα της Αγγλίας, θα μπορούσε να χρησιμεύσει ενδεχομένως ως οδηγός, για να κατασκευάσουμε ένα άνω όριο επιτρεπόμενου ρίσκου στον εργασιακό τομέα.

Σύγκριση με κινδύνους που προέρχονται από τη φύση

Συγκρίνουμε τους κινδύνους που προέρχονται από ανθρώπινη δραστηριότητα με αυτούς που μας επιβάλλει η φύση. Ζητούμενο είναι οι κίνδυνοι που έχουν ως αιτία τον άνθρωπο να αποτελούν μικρό κομμάτι αυτών που οφείλονται σε φυσικά αίτια. Το πρόβλημα βέβαια εδώ είναι ότι ο όρος «φυσικά αίτια» δεν είναι καθόλου ξεκάθαρος. Τα κτίρια που θα πέσουν κατά τη διάρκεια ενός σεισμού προφανώς δεν έπεσαν από ανθρώπινη δραστηριότητα, ωστόσο το αν οι προδιαγραφές τους είναι τέτοιες ώστε να μπορούν να επιβιώσουν ενός σεισμού, είναι απόφαση καθαρά του ανθρώπου.

Σύγκριση με τα ρίσκα που καθημερινά αναλαμβάνουμε

Καθημερινά κάθε άνθρωπος έρχεται αντιμέτωπος με μια πληθώρα κινδύνων όπως η οδήγηση, το να διασχίσει τον δρόμο ή να ανέβει σε μια σκάλα για να αλλάξει τη λάμπα που κάρηκε. Παρ'ότι σπάνια σκεφτόμαστε τέτοιες δραστηριότητες ως επικίνδυνες, αθροιστικά δημιουργούν πολύ υψηλότερο ρίσκο σε σχέση με τις περισσότερες επαγγελματικές δραστηριότητες.

« Ρίσκο μικρότερο από αυτό που αντιμετωπίζει κάποιος μένοντας μέσα στο σπίτι του είναι αποδεκτό. »³

² David J Ball, Peter J Floyd, *Societal Risks, Final Report*, HSE

³ βλ. παραπομπή 1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου- Εισαγωγικά

Σύγκριση με προηγούμενες αποφάσεις σχετικά με το μέγεθος του ρίσκου

Εξετάζοντας κανείς τους κανονισμούς που αφορούν την προτυποποίηση διαφόρων, κατασκευαστικών κυρίως, διαδικασιών μπορεί να καταλήξει έμμεσα στο ρίσκο που υπονοείται στη βάση τέτοιων κανονισμών. Για παράδειγμα στον τομέα των χερσαίων κατασκευών μια πρόταση του τύπου « το κτίριο είναι ασφαλές για σεισμό εως και X Richter », υπονοεί ότι αποδεχόμαστε το ρίσκο σεισμού μεγαλύτερου απο X Richter.

« Ρίσκο μικρότερο από αυτό που ενυπάρχει στους σύγχρονους κατασκευαστικούς κώδικες είναι ανεκτό. »⁴

⁴ βλ. παραπομπή 1

Κεφάλαιο 10. Κριτήρια Αποδοχής Ατομικού Ρίσκου

Τα κριτήρια αυτά βασίζονται κυρίως σε συγκρίσεις μεταξύ του ρίσκου που αντιμετωπίζουν οι εμπλεκόμενοι σε μια δραστηριότητα, σε σχέση με το ρίσκο που προκύπτει από παρεμφερείς δραστηριότητες ή και σε σχέση με το ρίσκο που θα αντιμετωπίζαν έτσι και αλλιώς στην καθημερινότητά τους εάν δεν αναμειγνύονταν στην εν λόγω δραστηριότητα.

Η σύγκριση αυτή γίνεται με βάση τις μεθόδους που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, ενώ το Ατομικό Ρίσκο της δραστηριότητας που μας ενδιαφέρει προκύπτει ως

$$IR = \sum_i^n IR_{i,j}$$

και σύμφωνα με τα όσα συζητήθηκαν στο Κεφάλαιο 3.

10.1 Η αρχή της ALARP

Τα κριτήρια ατομικού ρίσκου συνήθως δεν αποτυπώνονται σε έναν μοναδικό αριθμό (και στην απαίτηση το ρίσκο από κάποια δραστηριότητα να είναι μικρότερο από τον αριθμό αυτό) αλλά σε μια περιοχή τιμών στη λογική της ALARP⁵. Στη βιβλιογραφία το ρίσκο τοποθετείται σε τρεις περιοχές. Μπορεί να είναι *αποδεκτό*, *μη-αποδεκτό* ή τέλος να βρίσκεται μέσα στην κυρίως ALARP περιοχή.

Ρίσκα στην περιοχή του αποδεκτού θεωρούνται πολύ μικρά (σε κάθε περίπτωση μικρότερα από αυτά που αντιμετωπίζει ένας άνθρωπος στην καθημερινότητά του) για να προκαλέσουν τη λήψη μέτρων. Ρίσκα που θεωρούνται *μη-αποδεκτά* καλούν για άμεση λήψη μέτρων μείωσης του ρίσκου ή διαφορετικά για διακοπή της δραστηριότητας. Ενδιάμεσα έχουμε την περιοχή εφαρμογής της ALARP φιλοσοφίας. Είναι τα ρίσκα που μπορούν μεν να γίνουν αποδεκτά, με δεδομένο το όφελος που αποκομίζεται από τη δραστηριότητα, απαιτείται ωστόσο κατάλληλος έλεγχος τους ώστε να διατηρούνται σε όσο το δυνατόν χαμηλότερα επίπεδα και πάντοτε κάτω από το όριο του *μη-αποδεκτού*.

Τα όρια εκφράζονται στις ίδιες μονάδες με τις οποίες εκφράζεται το ατομικό ρίσκο, συνήθως σε «περιστατικά» ανά 10⁶ έτη. Στις εφαρμογές που ενδιαφέρουν εμάς τα «περιστατικά» θα αντιπροσωπεύουν πάντα θανάτους ως αποτέλεσμα κάποιας συγκεκριμένης δραστηριότητας. Μια τυπική διαφορά μεταξύ αποδεκτών και μη-αποδεκτών ρίσκων είναι 2 έως 3 τάξεις μεγέθους.

⁵ As Low As Reasonably Practible

10.2 Κριτήρια Αποδοχής Ατομικού Ρίσκου

Παρακάτω θα συζητήσουμε ορισμένες από τις βασικές εφαρμογές *Κριτηρίων Αποδοχής Ατομικού Ρίσκου* που συναντάμε σήμερα. Υπογραμμίζεται πως τα *Κριτήρια* που θα περιγραφούν στα επόμενα δεν έχουν ακόμα ενσωματωθεί σε καμία νομοθεσία⁶, αλλά έχουν συμβουλευτικό χαρακτήρα κυρίως μάλιστα στον τομέα του σχεδιασμού νέων *εγκαταστάσεων*, με τον όρο να συμπεριλαμβάνει νέες βιομηχανίες, τον σχεδιασμό καινούριων οικιστικών περιοχών και συγκροτήματα κατοικιών, έργα προστασίας από φυσικές καταστροφές κλπ.

Στα επόμενα κατατάξαμε τα *Κριτήρια* ανάλογα με τον οργανισμό που τα προτείνει ώστε να φαίνονται οι διαφορές και τα κοινά σημεία μεταξύ των διαφορετικών προσεγγίσεων.

10.2.1 Αγγλία (HSE)

Στη σημαντικότερη έκδοση του *'Reducing Risks, Protecting People (R2P2)'*, ο Αγγλικός Οργανισμός για την Υγιεινή και Ασφάλεια ακολουθεί τη λογική της *ALARP*.

Ως όρια για το *μη- αποδεκτό* ρίσκο, χρησιμοποιεί τους $1 \cdot 10^{-3}$ θανάτους ανά έτος για τους εργαζομένους σε κάποια δραστηριότητα και $1 \cdot 10^{-4}$ για το ευρύτερο κοινό.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα όρια αυτά δεν προέκυψαν μετά από κάποια συγκεκριμένη αναλυτική διαδικασία αλλά περισσότερο από την παρατήρηση ότι το ατομικό ρίσκο που συνοδεύει τις διάφορες δραστηριότητες δεν ξεπερνάει σε καμία περίπτωση τις τιμές αυτές για τους εργαζόμενους και το κοινό αντίστοιχα.

Ως παράδειγμα δίνεται ότι το ατομικό ρίσκο για τους εργαζόμενους στην γεωργία, το κυνήγι και τη δασοπονία στην Αγγλία και κατά τη διετία 1999-2000 ήταν $\frac{1}{12984}$. Για την ίδια περίοδο το ατομικό ρίσκο των εργαζομένων σε ορυχεία και λατομεία (συμπεριλαμβανομένων και όσων δουλεύουν στην εξόρυξη πετρελαίου) ήταν $\frac{1}{14564}$.

Τα παραπάνω βέβαια συνιστούν ότι τα όρια αυτά βασίζονται περισσότερο στην ανάγνωση ήδη υπάρχοντων στατιστικών στοιχείων και όχι τόσο στο ποιος πρέπει να είναι ο στόχος για το μέλλον. Ο ίδιος ο HSE σημειώνει ότι,

«...(τα παραπάνω κριτήρια) αποτελούν απλά κατευθυντήριες που πρέπει να αντιμετωπίζονται με τη χρήση της κοινής λογικής και όχι ως σταθερά όρια τα οποία πρέπει να τηρούνται κάτω από οποιεσδήποτε προϋποθέσεις. Για παράδειγμα

⁶ Με μοναδική γνωστή σε εμάς εξαίρεση την Ολλανδία για την οποία θα συζητήσουμε παρακάτω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. Κριτήρια Αποδοχής Ατομικού Ρίσκου

οφείλουμε ακόμα να λαμβάνουμε υπ' όψιν κοινωνικές ανησυχίες ή προτιμήσεις (που γεννά μια δραστηριότητα) ».

Η τελευταία πρόταση είναι ενδεικτική μιας διάχυτης τάσης σε όλη την έκθεση, για να συμπεριληφθούν στην παραγωγή *Κριτηρίων* και **υποκειμενικοί**⁷ παράγοντες, χωρίς ωστόσο να προτείνεται κάποιο συγκεκριμένο μοντέλο που θα πετυχαίνει κάτι τέτοιο.

Ως όριο για το ευρέως αποδεκτό (*broadly acceptable*) ρίσκο ο HSE προτείνει το 10^{-6} ανά έτος, θεωρώντας ότι είναι πολύ μικρό συγκρινόμενο με το αθροιστικό ρίσκο που αντιμετωπίζει κάποιος άνθρωπος από το σύνολο των δραστηριοτήτων στις οποίες εμπλέκεται καθημερινά. Η ενδιάμεση περιοχή μεταξύ ευρέως αποδεκτού και μη-αποδεκτού ρίσκου αποτελεί την περιοχή του ανεκτού (*tolerable*) ρίσκου στην οποία εφαρμόζεται η αρχή *ALARP*.

Τέλος σε μια προσπάθεια να συμπεριληφθεί η κοινωνική διάσταση μέσα στο *Ατομικό Ρίσκο* ο HSE, συμβουλεύει να μην χορηγείται άδεια για κατασκευή συγκροτημάτων κατοικιών σε περιοχές που συνεπάγονται (για παράδειγμα λόγω της ύπαρξης κάποιου εργοστασίου χημικών στην περιοχή) *Ατομικό Ρίσκο* μεγαλύτερο του 10^{-5} . Η κοινωνική διάσταση έχει να κάνει με το μέγεθος του πληθυσμού που θα εκτεθεί στον κίνδυνο από τη δραστηριότητα. Η σχετική αυστηρότητα δικαιολογείται από το γεγονός ότι είναι ουσιαστικά ανέξοδο να αποτραπεί εξ' αρχής η κατασκευή ενός οικισμού, ειδικά σε αντιδιαστολή με τα έξοδα προκειμένου να μειωθούν εκ των υστέρων τα επίπεδα του ρίσκου.

10.2.2 Ολλανδία

Στην Ολλανδία το υπουργείο Χωροταξίας και Περιβάλλοντος (*VROM*) έχει ενσωματώσει όρια αποδοχής τόσο για το *Κοινωνικό* όσο και για το *Ατομικό* ρίσκο στη νομοθεσία. Αυτό σημαίνει ότι, τουλάχιστον σε θεωρητικό επίπεδο, δραστηριότητες με μεγαλύτερο ρίσκο από αυτό που προδιαγράφουν τα όρια, βρίσκονται εκτός νόμου.

Το όριο για το Ατομικό Ρίσκο και για ήδη υπάρχουσες δραστηριότητες είναι 10^{-5} ενώ για μελλοντικές δραστηριότητες είναι 10^{-6} . Αυτά είναι τα όρια που υπαγορεύει ο νόμος, χωρίς να γίνεται νύξη για κάποια *ALARP* περιοχή και κατά συνέπεια μια δραστηριότητα οφείλει να λειτουργεί εντός αυτών των ορίων για να είναι νόμιμη.

Στην πράξη ωστόσο μια σειρά από δραστηριότητες συνεπάγονται ρίσκο μεγαλύτερο από το αποδεκτό και παρ' όλα αυτά συνεχίζουν να λειτουργούν⁸. Οι J.K. Vrijling et al δίνουν στοιχεία για τρεις δραστηριότητες, το αεροδρόμιο του Schiphol, τους σταθμούς ανεφοδιασμού LPG καθώς και τις οδικές μεταφορές όπου το *Ατομικό Ρίσκο* για συγκεκριμένους πληθυσμούς ατόμων είναι μεγαλύτερο από το όριο 10^{-5} , με το

⁷ Βλ. Κεφ. 5

⁸ J.K. Vrijling et al, 'Criteria for acceptable risk in the Netherlands'

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. Κριτήρια Αποδοχής Ατομικού Ρίσκου

ρίσκο για τις οδικές μεταφορές να είναι μάλιστα κατά πολύ υψηλότερο αγγίζοντας το $1,4 \cdot 10^{-4}$.

Ωστόσο η λειτουργία όλων των παραπάνω δραστηριοτήτων συνεχίζεται κανονικά. Οι προτάσεις της κυβέρνησης επί του θέματος αφορούν σε λήψη μέτρων για το μετριασμό του ρίσκου είτε με επεμβάσεις στη δραστηριότητα είτε με την αποτροπή της περαιτέρω οικιστικής ανάπτυξης γύρω από τη δραστηριότητα. Αξίζει να σημειωθεί ότι για τις οδικές μεταφορές, ακόμα και μετά τη λήψη μέτρων και την αναμενόμενη μείωση του ρίσκου, τα επίπεδα του θα εξακολουθούν να βρίσκονται σαφώς υψηλότερα από τα θεσπισμένα όρια.

Τα παραπάνω μας δίνουν το δικαίωμα για δύο παρατηρήσεις.

Πρώτον, παρά το γεγονός ότι η λογική της *ALARP* δεν κατοχυρώνεται νομικά, ωστόσο εφαρμόζεται στην πράξη υπό την έννοια ότι τελικά επιδιώκεται η μείωση του ρίσκου ως το σημείο που αυτό είναι εφικτό και όχι απλά η τήρηση ενός ορίου που δεν λαμβάνει υπ' όψιν τις επιμέρους ιδιομορφίες κάθε δραστηριότητας.

Δεύτερον, αν και αυτό δεν γίνεται με ξεκάθαρο τρόπο, διαφαίνεται ότι έμμεσα συνυπολογίζονται στην τελική απόφαση για την αποδοχή ή μη του ρίσκου και υποκειμενικοί παράγοντες που έχουν να κάνουν με το πώς το κοινό βλέπει κάποια δραστηριότητα. Έτσι η κοινωνία είναι διατεθειμένη να αποδεχτεί σχετικά υψηλό ρίσκο για δραστηριότητες όπως οι οδικές μεταφορές, από τις οποίες έχει υψηλά οφέλη και στις οποίες συμμετέχει σε μεγάλο βαθμό εθελοντικά.

10.2.3 Αυστραλία

Ακολουθεί τη λογική της *ALARP*. Υιοθετώντας κοινή μεθοδολογία με τα όσα περιγράψαμε για την Αγγλία οι αρχές της Αυστραλίας ποσοτικοποίησαν το ρίσκο που προκύπτει από διάφορες δραστηριότητες. Ενδεικτικές τιμές αναπαράγουμε στον παρακάτω πίνακα,

ΠΙΝΑΚΑΣ 41. Ατομικό ρίσκο για διάφορες δραστηριότητες (Αυστραλία)	
Δραστηριότητα	Ατομικό Ρίσκο (ανά 10^6 έτη)
Κάπνισμα (όλες οι αιτίες θανάτου)	5000
Οδικές μεταφορές	145
Ατυχήματα στο σπίτι	110
Αεροπορικές μεταφορές	10
Χτύπημα από κεραυνό	0,1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. Κριτήρια Αποδοχής Ατομικού Ρίσκου

Ιδιαίτερη βαρύτητα αποδίδεται στο ρίσκο από τις οδικές μεταφορές (της τάξης του 10^{-4}) και το ρίσκο θανάτου από κεραυνό (της τάξης του 10^{-7}). Με απλά λόγια, ρίσκο μεγαλύτερο από αυτό των οδικών μεταφορών θεωρείται απαράδεκτα υψηλό, ενώ ρίσκο μικρότερο από το ρίσκο θανάτου από κεραυνό θεωρείται πολύ μικρό και ως εκ τούτου αυτόματα αποδεκτό. Στην ενδιάμεση περιοχή εφαρμόζεται η φιλοσοφία *ALARP*.

Μια διαφοροποίηση σε σχέση με άλλες προσεγγίσεις είναι ότι η *ALARP* διαχωρίζεται με τη σειρά της σε υποπεριοχές. Έτσι *Ατομικό Ρίσκο*, $10^{-7} < IR < 10^{-6}$ θεωρείται αμελητέο και ευρέως αποδεκτό, $10^{-6} < IR < 10^{-5}$ θεωρείται ανεκτό στην περίπτωση που το κόστος για τη μείωση του είναι μεγαλύτερο από τα αντίστοιχα οφέλη, $10^{-5} < IR < 10^{-4}$ θεωρείται ανεπιθύμητο και ανεκτό μόνο στις περιπτώσεις που η μείωση του δεν είναι δυνατή ή το κόστος της είναι δυσανάλογα μεγαλύτερο από τα αντίστοιχα οφέλη. $IR > 10^{-4}$ θεωρείται μη ανεκτό εκτός από ακραίες περιπτώσεις.

Τέλος για την κατασκευή νέων εγκαταστάσεων τα όρια για το ρίσκο κυμαίνονται από $5 \cdot 10^{-5}$ για βιομηχανίες έως $5 \cdot 10^{-7}$ για σχολικά κτήρια, νοσοκομεία, βρεφονηπιακούς σταθμούς και οίκους ευγηρίας.

10.2.4 Ισλανδία

Η περίπτωση της Ισλανδίας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί συναντάμε την εφαρμογή *Κριτηρίων Ατομικού Ρίσκου* όχι απλά ως γενικό πλαίσιο αλλά ως μεθοδολογία αντιμετώπισης ενός πολύ συγκεκριμένου προβλήματος, των κατολισθήσεων (στον όρο περιλαμβάνονται τόσο ολισθήσεις γης όσο και χιονοστιβάδες).

Από το 1901, 193 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους σε τέτοιες κατολισθήσεις. Αν συνυπολογιστεί ότι οι περιοχές υψηλού κινδύνου είναι πολύ συγκεκριμένες και συνεπώς το μέγεθος του πληθυσμού που εκτίθεται στον κίνδυνο όχι πολύ μεγάλο, καταλαβαίνει κανείς ότι το προκύπτον ατομικό ρίσκο είναι αρκετά υψηλό. Για τις τελευταίες δεκαετίες το ρίσκο θανάτου από κατολίπηση ήταν $4 \cdot 10^{-4}$ κάτι που σημαίνει ότι με τα δεδομένα της Ισλανδίας βρίσκεται 5 φορές ψηλότερα από το αντίστοιχο ρίσκο τροχαίου ατυχήματος.

Αρχικά η Ισλανδία φαίνεται ότι κινείται σε μια *ALARP* λογική ακόμα και αν αυτό δεν διατυπώνεται ευθέως. Έτσι θεωρείται ότι *Ατομικό Ρίσκο* μικρότερο του 10^{-6} είναι εξαιρετικά μικρό για να προκαλέσει τη λήψη του οποιοδήποτε μέτρου. Από την άλλη μεριά, ρίσκο μεγαλύτερο του 10^{-4} δικαιολογεί την άμεση λήψη μέτρων ακόμα και αν το κόστος είναι ιδιαίτερα υψηλό. Στο ενδιάμεσο βρίσκονται εκείνα τα ρίσκα που θεωρούνται ανεκτά υπό την προϋπόθεση ότι λαμβάνονται μέτρα κατάλληλα για τον κατά το δυνατό μετριασμό τους⁹.

⁹ Porsteinn Arnalds, Kristjan Jonasson, Sven Siggurdsson ‘ *Avalanche hazard zoning in Iceland based on Individual Risk*’

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. Κριτήρια Αποδοχής Ατομικού Ρίσκου

Ωστόσο για τη δημιουργία Κριτηρίων για τις περιοχές εκείνες που κινδυνεύουν πιο πολύ από κατολισθήσεις επιστρατεύτηκε μια κάπως διαφορετική προσέγγιση.

Ο ρυθμός παιδικής θνησιμότητας (από οποιαδήποτε αίτια) είναι στην Ισλανδία $2 \cdot 10^{-4}$ ανά έτος. Με βάση αυτό κρίθηκε απαράδεκτο κάποια παιδιά να αντιμετωπίζουν ρίσκο μεγαλύτερο από αυτό (ξανά λόγω οποιασδήποτε αιτίας) επειδή είχαν την ατυχία να μένουν σε κάποια επικίνδυνη περιοχή. Μετά από επεξεργασία των διαθέσιμων στοιχείων¹⁰ βρέθηκε ότι προκειμένου το συνολικό ετήσιο ρίσκο να είναι μικρότερο από $2 \cdot 10^{-4}$ το ρίσκο από τις κατολισθήσεις θα πρέπει να είναι μικρότερο από $3 \cdot 10^{-5}$ για να είναι αποδεκτό.

Σύμφωνα με τα παραπάνω οι επικίνδυνες περιοχές χωρίστηκαν σε τρεις ζώνες όπως παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Ζώνη	Κατώτερο όριο ρίσκου (ανά 10^4 χρόνια)	Ανώτερο όριο ρίσκου (ανά 10^4 χρόνια)
A	0,3	1
B	1	3
C	3	-

Ο διαχωρισμός αυτός σε ζώνες θα καθορίσει και τον πολεοδομικό σχεδιασμό των περιοχών αυτών.

Αρχικά απαγορεύτηκε το χτίσιμο νέων οικισμών σε οποιαδήποτε από τις περιοχές υψηλής επικινδυνότητας (σε οποιαδήποτε δηλαδή από τις τρεις ζώνες).

Στη ζώνη A επιτρέπεται η ανέγερση καινούριων κτιρίων σε υπάρχοντες οικισμούς, ωστόσο για κτήρια όπως σχολεία, νοσοκομεία κλπ. επιβάλλεται να μπορούν να αντεπεξέρθουν σε χτύπημα από κατολίσθηση.

Στη ζώνη B, οφείλουν και οι κατοικίες να έχουν κατάλληλη ενίσχυση, αν και όχι τα διάφορα εμπορικά κτήρια (γραφεία κλπ.). Η ανέγερση σχολείων, νοσοκομείων κλπ. δεν επιτρέπεται.

Στη ζώνη Γ απαγορεύεται η ανέγερση οποιουδήποτε νέου κτηρίου το οποίο θα στεγάσει ανθρώπους (είτε είναι κατοικία είτε προορίζεται για εμπορική χρήση).

¹⁰ βλ. παραπομπή 9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. Κριτήρια Αποδοχής Ατομικού Ρίσκου

Συμπερασματικά μπορεί κανείς να δει ότι αν και η Ισλανδία δεν έχει προχωρήσει σε μια πλήρη ενσωμάτωση του ρίσκου στη νομοθεσία της, ωστόσο το χρησιμοποιεί για τον κανονιστικό έλεγχο συγκεκριμένων καταστάσεων υψηλής επικινδυνότητας και μάλιστα αρκετά αυστηρά. Ο διαχωρισμός του ρίσκου σε ζώνες δεν έχει απλά έναν συμβουλευτικό ρόλο, αλλά καθορίζει δυναμικά την οικιστική εξέλιξη ολόκληρων περιοχών.

10.2.5 IMO (International Maritime Organization)

Στη ναυτιλία η χρήση του ρίσκου ως παράγοντα στη λήψη αποφάσεων γνωρίζει αρκετά μεγάλη απήχηση κατά τα τελευταία χρόνια. Σε γενικές γραμμές όσον αφορά σε *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου* τα βήματα που έχουν γίνει μέχρι τώρα είναι μάλλον διστακτικά. Κύρια πρακτική είναι η προσπάθεια για εισαγωγή ορίων από άλλες βιομηχανίες ή από άλλους εθνικούς οργανισμούς.

Ο IMO σε εκθέσεις του σχετικές με το θέμα υιοθετεί την *ALARP* φιλοσοφία χρησιμοποιώντας τα όρια που προτείνει και ο αγγλικός Οργανισμός για την Υγιεινή και Ασφάλεια (HSE). Έτσι το 10^{-6} θεωρείται το όριο κάτω από το οποίο το ρίσκο είναι αμελητέο και κατά συνέπεια δεν χρήζει ιδιαίτερης αντιμετώπισης, ενώ το όριο πάνω από το οποίο θεωρείται μη- αποδεκτό είναι 10^{-3} για τους εργαζομένους και 10^{-4} για τους επιβάτες του πλοίου αντίστοιχα. Η ενδιάμεση περιοχή αποτελεί κατά τα γνωστά την *ALARP* περιοχή του ρίσκου.

Τονίζεται ωστόσο ότι οι παραπάνω τιμές χαρακτηρίζονται από τον IMO ως ενδεικτικές και ότι συγκεκριμένες τιμές- όρια οφείλουν να προκύπτουν ως αποτέλεσμα *FSA*.

Αξίζει να αναφερθούμε στο γεγονός ότι ο Οργανισμός αναγνωρίζει δύο υποκειμενικούς παράγοντες που επιδρούν στη θέσπιση ορίων. Αυτοί είναι,

- ο βαθμός εθελοντισμού με τον οποίο συμμετέχει κάποιος στη δραστηριότητα
- ο βαθμός κατά τον οποίο το άτομο μπορεί να έχει έλεγχο πάνω στο ρίσκο.

Οι δύο παραπάνω παράγοντες δικαιολογούν και τη διαφορά μεταξύ του ορίου για τους εργαζομένους και αυτού για τους επιβάτες.

10.2.6 Συνολική παρουσίαση των κριτηρίων Ατομικού Ρίσκου

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα όρια που εξετάσαμε νωρίτερα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. Κριτήρια Αποδοχής Ατομικού Ρίσκου

ΠΙΝΑΚΑΣ 43. Συγκεντρωτικός πίνακας ορίων ατομικού ρίσκου			
Χώρα/ Οργανισμός	Όριο Αποδεκτού Ρίσκου (ανά έτος)	Όριο Μη-Αποδεκτού Ρίσκου (ανά έτος)	Σχόλια
Αγγλία (HSE)	10^{-6}	10^{-3} *1 10^{-4} *2	
Ολλανδία		10^{-5} *3 10^{-6} *4	Θεωρητικά δεν γίνεται χρήση της <i>ALARP</i>
Αυστραλία	10^{-7}	10^{-4}	Πρακτικά ως και για ρίσκο 10^{-6} δεν απαιτείται η λήψη μέτρων
Ισλανδία	10^{-6}	10^{-4}	Ενδιαφέρον έχει η αντιμετώπιση του ρίσκου λόγω κατολισθήσεων
IMO	10^{-6}	10^{-3} *5 10^{-4} *6	Ακολουθεί τα όρια που προτείνει ο HSE

*1. για τους εργαζομένους σε κάποια δραστηριότητα

*2. για το ρίσκο που αντιμετωπίζει το κοινό από τη δραστηριότητα

*3. για ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις

*4. μελλοντικές εγκαταστάσεις

*5. για τους εργαζόμενους στο πλοίο

*6. για τους επιβάτες του πλοίου

Κεφάλαιο 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Τα *Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου* είναι και αυτά που συναντάμε περισσότερο στις εφαρμογές της Ανάλυσης Ρίσκου. Συνήθως παρουσιάζονται με τη μορφή καμπυλών *F-N*, ωστόσο αυτό μάλλον στερεί από το πραγματικό τους εύρος. Στο Κεφάλαιο 2 έχουμε ήδη αναφερθεί στις 4 υποκατηγορίες ρίσκου που θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως «κοινωνικό».

Τις υπενθυμίζουμε συνοπτικά.

- Αρχικά έχουμε το *συλλογικό ρίσκο*. Εδώ συμπεριλαμβάνονται τα ρίσκα που αντιμετωπίζει μια μεγάλη ομάδα του πληθυσμού εξ αιτίας της έκθεσής της σε κάποιον κίνδυνο (για παράδειγμα μια επικίνδυνη ουσία), ο οποίος βρίσκεται σταθερά παρών ως αποτέλεσμα κάποιας δραστηριότητας και δεν είναι προϊόν συγκυριών ή ενός ασυνήθιστου γεγονότος (πχ. ατύχημα). Ως παράδειγμα μπορούμε να δώσουμε το ρίσκο του να μένει κανείς στην πόλη, λόγω της μόλυνσης του περιβάλλοντος.
- Κατά δεύτερο έχουμε ακριβώς το ρίσκο που απορρέει από συγκεκριμένα γεγονότα (ατυχήματα), τα οποία μπορεί ως κατάληξη να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις σε ομάδες του πληθυσμού. Γι' αυτή την κατηγορία ρίσκου χρησιμοποιούμε συνήθως καταχρηστικά τον γενικότερο όρο Κοινωνικό Ρίσκο.
- Μια τρίτη υποκατηγορία του *Κοινωνικό Ρίσκου* είναι το *πολλαπλό*. Εδώ εξετάζονται οι συνέπειες ενός ατυχήματος τόσο από την άποψη άμεσων απωλειών σε ανθρώπινες ζωές, όσο και στις γενικότερες επιπτώσεις του ατυχήματος στο περιβάλλον, στο επίπεδο ζωής του ευρύτερου πληθυσμού κλπ.
- Τέλος, με τον όρο *κοινωνικός προβληματισμός*, υπονοείται η κατηγορία εκείνη του ρίσκου που ασχολείται με τα συνολικά και μακροχρόνια αποτελέσματα που έχει η εφαρμογή συγκεκριμένων τεχνολογιών, ή ευρύτερα πολιτικών, στον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Στο εξής θα εξεταστεί αποκλειστικά η δεύτερη κατηγορία στην οποία θα αναφερόμαστε με τον όρο «κοινωνικό ρίσκο».

11.1 Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου σε καμπύλες *F-N*- Γενικά

Μέχρι σήμερα ο πιο ευρέως αποδεκτός τρόπος θέσπισης *Κριτηρίων Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου* είναι η χάραξη *ορίων αποδοχής* πάνω στην καμπύλη *F-N*.

Η κοινή λογική επιβάλλει ότι ένα τέτοιο « σύνορο » που θα περιορίζει την καμπύλη μας σε κάποια όρια δεν μπορεί παρά να είναι και αυτό μια καμπύλη. Στη βιβλιογραφία και παρά τις επί μέρους διαφοροποιήσεις η καμπύλη αυτή είχε πάντοτε τη μορφή ευθείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Έστω λοιπόν τώρα ότι το ζητούμενο είναι να βρεθεί η ευθεία που οριοθετεί αντικειμενικά τα πλαίσια αποδοχής για την καμπύλη $F-N$ κάποιας δραστηριότητας.

Για να κατασκευαστεί μια ευθεία αρκεί,

- ✓ να οριστούν δύο σημεία από τα οποία διέρχεται, ή
- ✓ να οριστεί ένα σημείο από το οποίο διέρχεται και η κλίση της.

Η πρακτική στην *Ανάλυση Ρίσκου* είναι να ορίζεται αρχικά ένα σημείο και να κατασκευάζεται η ευθεία που διέρχεται από αυτό με κάποια προαποφασισμένη κλίση. Κατά συνέπεια κοινός τόπος όλων σχεδόν των προτάσεων είναι το όριο να είναι μια ευθεία της μορφής,

$$F(N) = c \cdot N^a$$

όπου c σταθερά

και το a καθορίζει την κλίση της ευθείας (παίρνει σχεδόν πάντα αρνητικές τιμές).

Παρατηρούμε ότι, για $a \neq 1$, η παραπάνω σχέση δεν αναπαριστά ευθεία αλλά καμπύλη. Το γεγονός ότι η απεικόνιση της πάνω σε ένα διάγραμμα $F-N$ είναι ευθεία σχετίζεται με το γεγονός ότι οι άξονες στα διαγράμματα $F-N$ βρίσκονται σε λογαριθμική κλίμακα.

Αυτό σημαίνει ότι (για $a < 0$),

$$\begin{aligned} F(N) &= \frac{c}{N^a} \Rightarrow \\ \log(F(N)) &= \log\left(\frac{c}{N^a}\right) \Rightarrow \log(F(N)) = \log c - \log N^a \Rightarrow \\ \log(F(N)) &= -a \cdot \log N + \log c \end{aligned}$$

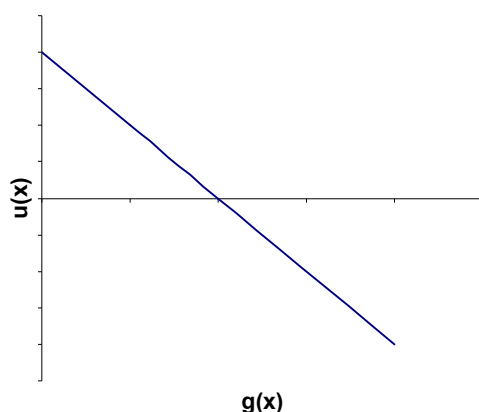
Καταλήξαμε δηλαδή σε μια συνάρτηση της μορφής,

$$g(y(x)) = -a \cdot g(x) + c$$

πραγματοποιούμε την αντικατάσταση $g(y(x)) = u(x)$ οπότε η παραπάνω γίνεται,

$$u(x) = -a \cdot g(x) + c$$

η οποία έχει γραφική παράσταση,



Σχήμα 60. Κατασκευή $F-N$ σε λογαριθμικούς άξονες (α)

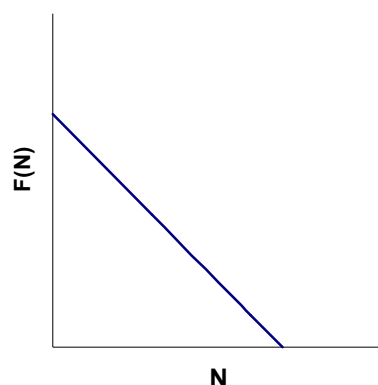
Ωστόσο η γραφική παράσταση $u(x) - g(x)$ δεν μας απασχολεί, ψάχνουμε την $y(x)-x$.

Αυτό επιτυγχάνεται καθώς κάθε υπολογιστικό πακέτο λογισμικού (πχ. Excel) έχει τη δυνατότητα να σχεδιάζει τις τιμές $y(x)$ πάνω σε λογαριθμική κλίμακα.

Αυτό σημαίνει ότι στην πραγματικότητα σχεδιάζεται η $\log(y(x)) - \log(x)$ με τους άξονες όμως βαθμονομημένους κατά τέτοιο τρόπο ώστε να παρουσιάζουν την $y(x)-x$. Στην αντίθετη περίπτωση, αν σχεδιάζαμε την $\log(y(x)) - \log(x)$ σε γραμμική κλίμακα (όπως κάναμε στην προηγούμενη γραφική παράσταση) η μετάφραση των τιμών δεν θα ήταν προφανής, και θα έπρεπε κάθε φορά να υπολογίζουμε τις $\log^{-1}(y(x))$ και $\log^{-1}(x)$.

Σε λογαριθμική κλίμακα όπως είπαμε, λαμβάνουμε απευθείας τους άξονες βαθμονομημένους ώστε να παρουσιάζουν την $y(x)$. Για τις καμπύλες $F-N$ το πεδίο ορισμού είναι συνήθως το $[1, N_{\max}]$. Μαθηματικά δεν θα ήταν λάθος να θεωρήσουμε ως πεδίο ορισμού το $(0, \infty)$, ωστόσο εξ' αιτίας της φύσης των καμπυλών $F-N$ μας ενδιαφέρουν οι αθροιστικές συχνότητες ατυχημάτων με αποτέλεσμα **έναν** ή περισσότερους νεκρούς. Από την άλλη ο αριθμός των νεκρών ανά ατύχημα δεν πλησιάζει ποτέ στο άπειρο. Γι αυτούς τους λόγους το πεδίο ορισμού λαμβάνεται στο $[1, N_{\max}]$. Το πεδίο τιμών των $F-N$ είναι το \mathbb{R}^+ .

Τελικά η καμπύλη λαμβάνει τη γνωστή μας μορφή,



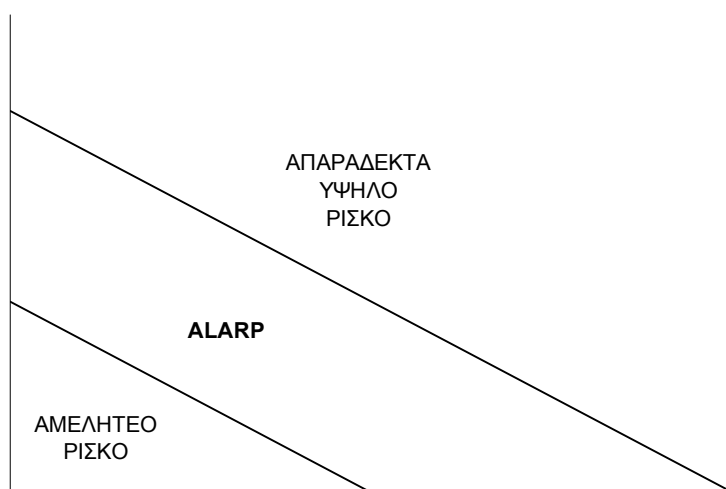
Σχήμα 61. Κατασκευή $F-N$ σε λογαριθμικούς άξονες (β)

Η παραπάνω ευθεία είναι όπως είδαμε ένα **άνω αποδεκτό όριο Κοινωνικού Ρίσκου**. Αυτό σημαίνει ότι αν θέλουμε να εξετάσουμε το κατά πόσο μια δραστηριότητα είναι ασφαλής αρκεί να συγκρίνουμε τη σχετική θέση της καμπύλης $F-N$ της δραστηριότητας ως προς την ευθεία-όριο.

- ✓ Αν η $F-N$ βρίσκεται πάνω από το όριο πρέπει να εφαρμόσουμε άμεσα μέτρα για μετριασμό του ρίσκου.
- ✓ Αν βρίσκεται κάτω από αυτό η δραστηριότητα θεωρείται ασφαλής.

Ωστόσο στις εφαρμογές συνήθως συναντάμε την απαίτηση η $F-N$ να βρίσκεται **μέσα σε μια περιοχή** και όχι απλώς κάτω από κάποιο σύνορο.

Η περιοχή αυτή ονομάζεται **ALARP** και οριοθετείται προς τα πάνω, από την ευθεία-όριο και προς τα κάτω από μια ευθεία παράλληλη προς αυτήν και 2 έως 3 τάξεις μεγέθους χαμηλότερα.



Σχήμα 62. Χάραξη της $ALARP$ περιοχής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Η απαίτηση είναι ότι για δραστηριότητες που βρίσκονται μέσα στα όρια της *ALARP* οφείλουν να λαμβάνονται μέτρα ελέγχου του ρίσκου (*Risk Control Options*) μέχρι του σημείου που κάτι τέτοιο είναι δυνατό. Η έννοια του τι είναι «δυνατόν» καθορίζεται με βάση οικονομοτεχνικά κριτήρια. Τέτοια κριτήρια είναι τα ακόλουθα,

- *Ακαθάριστο κόστος για την αποφυγή ενός θανάτου (Gross Cost of Averting a Fatality, GCAF)*

$$GCAF = \frac{\Delta Cost}{\Delta Risk}$$

όπου $\Delta Cost$ το οριακό πρόσθετο κόστος ενός *RCO*
και $\Delta Risk$ η μείωση του ρίσκου εκφρασμένη σε θανάτους που αποφεύχθηκαν χάρη στο *RCO*

- *Καθαρό κόστος για την αποφυγή ενός θανάτου (Net Cost of Averting a Fatality)*

$$NCAF = \frac{\Delta Cost - \Delta Economic Benefits}{\Delta Risk} = GCAF - \frac{\Delta Economic Benefits}{\Delta Risk}$$

όπου το μέγεθος $\Delta Economic Benefits$ εκφράζει το όφελος που αποκομίστηκε από την εφαρμογή του *RCO* σε χρηματικές μονάδες

- ✓ Στην περίπτωση που κάποια δραστηριότητα βρίσκεται πάνω από την *ALARP* θα πρέπει άμεσα να ληφθούν μέτρα που θα μειώνουν το ρίσκο **ανεξαρτήτως κόστους** ή αν κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατό να διακοπεί η λειτουργία της δραστηριότητας.
- ✓ Στην περίπτωση που η *F-N* της δραστηριότητας βρίσκεται κάτω από την *ALARP* το ρίσκο θεωρείται πολύ μικρό ώστε δεν έχει νόημα η εφαρμογή κανενός απολύτως μέτρου.

11.2 Κατασκευή άνω ορίου

Στα επόμενα θα μας απασχολήσει η διαδικασία κατασκευής του άνω ορίου (όπως αναφέρθηκε το κάτω όριο αποτελεί ευθέως συνάρτηση του άνω). Από αυτήν εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η αξιοπιστία ενός *Κριτηρίου Αποδοχής Ρίσκου* καθώς,

- ✓ Υπερβολικά υψηλά άνω όρια θα έχουν σαν επίπτωση μια αδικαιολόγητη ανοχή σε υψηλές συχνότητες θανατηφόρων ατυχημάτων καθώς και μειωμένη ροή χρημάτων προς τον τομέα της ασφάλειας (ως άμεση συνέπεια της *ALARP* λογικής).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

- ✓ Αντίθετα αδικαιολόγητα χαμηλά άνω όρια υπάρχει ο κίνδυνος να αντιμετωπιστούν απαξιωτικά από την αγορά και να θεωρηθούν ανεφάρμοστα. Ένα τέτοιο παράδειγμα θα μπορούσε να είναι οι πινακίδες ανώτατου ορίου ταχύτητας στις εθνικές οδούς. Οι οδηγοί δημιουργούν μια συνείδηση ότι τα όρια ταχύτητας είναι υπερβολικά χαμηλά με αποτέλεσμα να τα απορρίπτουν συνολικά.

Για τους παραπάνω λόγους κρίνουμε ότι είναι πολύ σημαντικό να είμαστε σαφέστατοι όσον αφορά,

- στους τρόπους κατασκευής των ορίων
- στην «καταγωγή» των ορίων (είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε την ταυτότητα ενός ορίου, για ποια δηλαδή δραστηριότητα έχει δημιουργηθεί, πώς κατασκευάστηκε, σε ποια χρονική περίοδο κλπ.)
- στις προϋποθέσεις για την εφαρμογή ορίων από μία δραστηριότητα σε κάποια άλλη.

11.2.1 Κλίση της ευθείας-ορίου

Η κλίση της ευθείας είναι ζήτημα κεφαλαιώδους σημασίας και πεδίο αντιπαραθέσεων μεταξύ των διαφόρων επιστημόνων και οργανισμών που ασχολούνται με την *Διαχείριση Ρίσκου*. Στην πράξη έχουν επικρατήσει δύο τάσεις,

όρια με κλίση -1

$$F(N) = \frac{c}{N}$$

και όρια με κλίση -2

$$F(N) = \frac{c}{N^2} \quad (\text{εφαρμόζεται κυρίως από την Ολλανδία}).$$

Η διαφοροποίηση μεταξύ των δύο προσεγγίσεων έχει να κάνει κυρίως με την στάση του νομοθέτη απέναντι στην ποιότητα των ατυχημάτων και αντανάκλα την αυστηρότητα που διατίθεται να επιδείξει απέναντι σε ατυχήματα με μεγάλους αριθμούς νεκρών. Την στάση αυτή χαρακτηρίζουμε ως *αποστροφή προς το ρίσκο* (*risk aversion*), ή ορθότερα *αποστροφή προς πολύνεκρα ατυχήματα* (*disaster aversion*).

Όρια με κλίση -2 θεωρείται ότι εκφράζουν αποστροφή προς ατυχήματα με μεγάλους αριθμούς νεκρών (*risk averse*), ενώ όρια με κλίση -1 θεωρούνται ουδέτερα (*risk neutral*) απέναντι στον αριθμό των νεκρών ανά ατύχημα λαμβάνοντας υπ' όψιν μόνο το συνολικό αριθμό των νεκρών ανεξάρτητα από την κατανομή του ανά ατύχημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Πρακτικά η έννοια της αποστροφής προς πολύνεκρα ατυχήματα, σημαίνει ότι ο νομοθέτης αξιολογεί ως πιο σημαντικό το να αποτρέψει 1 ατύχημα που περιλαμβάνει 100 νεκρούς από ότι 100 ατυχήματα κάθε ένα από τα οποία περιλαμβάνει 1 νεκρό.

Το τελευταίο μπορεί να γενικευτεί κι έτσι μπορούμε να πούμε ότι γενικά όρια της μορφής,

$$F(N) = \frac{c}{N^a}, \text{ με } a > 1$$

εκφράζουν αποστροφή προς καταστάσεις με «μεγάλες» συνέπειες (εδώ πολύνεκρα ατυχήματα).

Στον Skjong συναντήσαμε την άποψη ότι αποστροφή προς πολύνεκρα ατυχήματα εκφράζουν και τα όρια κλίσης -1 . Αμέσως παρακάτω θα διερευνήσουμε τα επιχειρήματα πίσω από κάθε άποψη.

11.2.1.1 Σύνδεση κλίσης ορίου με την έννοια του ρίσκου

Ορίζεται για κάθε σημείο (x, y) του επιπέδου XY η συνάρτηση,

$$u(x) = x \cdot y(x)$$

Από τη στιγμή που η ευθεία όριο στην πραγματικότητα βρίσκεται πάνω στο επίπεδο FN γράφουμε,

$$u(N) = F_N \cdot N$$

Εφ' όσον όμως, εξ ορισμού κάθε σημείο της ευθείας ορίου βρίσκεται πάνω στο όριο της αποδοχής μας για την αθροιστική συχνότητα F , ισοδύναμα μπορούμε να πούμε ότι κάθε σημείο ορίζει και τη **μέγιστη αποδεκτή τιμή της u** γύρω από το σημείο αυτό.

Εξετάζουμε τις εξής περιπτώσεις.

$a=-1$:

Έστω λοιπόν ότι για τη δραστηριότητα A ο νομοθέτης A θέτει το όριο αποδοχής κοινωνικού ρίσκου στη μορφή,

$$F(N) = c \cdot N^a = \frac{c}{N^1}$$

Υπολογίζουμε έτσι τη μέγιστη αποδεκτή συχνότητα θανατηφόρου ατυχήματος ως,

$$F_1 = \frac{c}{1^1} = c$$

Η αντίστοιχη (μέγιστη αποδεκτή) τιμή της u θα είναι,

$$u_1 = F_1 \times 1 = c$$

Κατά τον ίδιο τρόπο η μέγιστη αποδεκτή συχνότητα ατυχήματος 10 ή παραπάνω νεκρών θα είναι,

$$F_{10} = \frac{c}{10^1} = \frac{c}{10}$$

και η αντίστοιχη τιμή της u

$$u_{10} = F_{10} \times 10 = \frac{c}{10} \cdot 10 = c$$

Παρατηρούμε δηλαδή ότι για κλίση -1 η συνάρτηση $u(N)$ έχει σταθερή τιμή.

$\alpha=-2$:

Για την ίδια δραστηριότητα A, ο νομοθέτης B λαμβάνει όριο της μορφής,

$$F(N) = \frac{c}{N^2}$$

Εντελώς ανάλογα με προηγουμένως έχουμε,

$$F_1 = \frac{c}{1^2} = c$$

και

$$u_1 = F_1 \times 1 = c$$

Ακόμα,

$$F_{10} = \frac{c}{10^2} = \frac{c}{100}$$

και

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

$$u_{10} = F_{10} \times 10 = \frac{c}{100} \cdot 10 = \frac{c}{10}$$

Τελικά προκύπτει,

$$u_1 > u_{10}$$

Για όριο με κλίση -2 η u είναι φθίνουσα.

Τα παραπάνω προφανώς επεκτείνονται για οποιοδήποτε $\alpha < -1$. Η επιλογή των συγκεκριμένων κλίσεων έγινε λόγω της ουσιαστικά καθολικής αποδοχής τους ως *Κριτήρια Αποδοχής*.

Ενδιαφέρον θα είχε να διερευνήσουμε και την περίπτωση όπου $\alpha > -1$.

$\alpha > -1$:

Το όριο της δραστηριότητας A είναι,

$$F(N) = c \cdot N^\alpha$$

Κατά συνέπεια η ανώτατη αποδεκτή συχνότητα θανατηφόρου ατυχήματος είναι,

$$F_1 = c \cdot 1^\alpha = c$$

και το αντίστοιχο αποδεκτό ρίσκο,

$$u_1 = F_1 \times 1 = c$$

Για ατύχημα μεγέθους 10 ή περισσότερων νεκρών είναι,

$$F_{10} = c \cdot 10^\alpha$$

και

$$u_{10} = F_{10} \times 10 = 10^{\alpha+1} \cdot c$$

Όμως για $\alpha > -1$,

$$10^{\alpha+1} \cdot c > c$$

και τελικά,

$$u_{10} > u_1$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Η συνάρτηση $u(N)$ είναι αύξουσα για όρια με κλίση μεγαλύτερη από -1.

Εδώ ο νομοθέτης ακολουθεί μια πρακτική που ευνοεί την αύξηση της τιμής της u , όσο κινούμαστε προς μεγαλύτερο μέγεθος ατυχημάτων.

Συμπεράσματα:

Όμως μας πληροφορούν τα παραπάνω τίποτα σχετικά με τη συμπεριφορά του ορίου προς ατυχήματα με αύξων μέγεθος;

Αν και δεν καταγράφεται κάπου ξεκάθαρα, φαίνεται ότι πολλές φορές στη βιβλιογραφία ταυτίζεται η συνάρτηση u με το ρίσκο (R).

Η λογική είναι η εξής. Από τον παραδοσιακό ορισμό του ρίσκου έχουμε,

$$\text{Ρίσκο} = \text{Πιθανότητα γεγονότος } i \times \text{Συνέπειες γεγονότος } i$$

Με βάση αυτό φαίνεται να έχει κάποια λογική μια σχέση της μορφής,

$$u(N) = F_N \cdot N = R_N$$

όπου R_N το ρίσκο ατυχήματος με N ή παραπάνω νεκρούς.

Ωστόσο με μια πιο προσεκτική ματιά η ταύτιση της u με το ρίσκο είναι μάλλον εσφαλμένη.

Αυτό γιατί είναι,

$$u(N) = \text{Πιθανότητα ατυχήματος με } N \text{ ή παραπάνω νεκρούς} \times (\text{Αριθμός των νεκρών } N)$$

Έστω,

$$\text{Ατύχημα με αποτέλεσμα } N \text{ ή παραπάνω νεκρούς} = \text{Γεγονός } i$$

Και

$$P_i = \text{Πιθανότητα ατυχήματος με } >N \text{ νεκρούς} = \text{Πιθανότητα να συμβεί το γεγονός } i$$

Όμως,

$$N \neq \text{Συνέπειες γεγονότος } i$$

Υπενθυμίζεται ότι ως γεγονός i ορίστηκε το ατύχημα με $> N$ νεκρούς κι έτσι οι πιθανές συνέπειες δεν είναι N αλλά $N, N+1, N+2 \dots$

Τελικά,

$$u(N) \neq R_N$$

Εάν ίσχυε η ισότητα $u(N) = R(N)$ τότε εύκολα θα οδηγούμασταν στα εξής συμπεράσματα.

$\alpha < -1$:

Όπως είδαμε με κλίση μικρότερη του -1 θα είναι,

$$R_{N+1} < R_N$$

Το οποίο σημαίνει ότι για ατυχήματα συνεχώς μεγαλύτερου μεγέθους το αντίστοιχο μέγιστο αποδεκτό ρίσκο είναι συνεχώς μικρότερο.

$\alpha = -1$

Για κλίση ορίου ίση με -1 η τιμή του μέγιστου αποδεκτού ρίσκου θα παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από το μέγεθος του ατυχήματος.

$$R_{N+1} = R_N$$

$\alpha > -1$

Για κλίση μεγαλύτερη από -1 η τιμή του μέγιστου αποδεκτού ρίσκου αυξάνει για αύξων μέγεθος ατυχήματος.

$$R_{N+1} > R_N$$

Ωστόσο όπως δείξαμε, η τιμή της u δεν ταυτίζεται με το ρίσκο R για κάποιο σημείο της $F-N$ με αποτέλεσμα οι παραπάνω ανισοτικές σχέσεις να είναι εσφαλμένες. Τις αναφέραμε μόνο για λόγους πληρότητας σε σχέση με τις απόψεις που απαντώνται ή καλύτερα υπονοούνται στη βιβλιογραφία.

➤ Αυτό που μπορεί να ειπωθεί ωστόσο, είναι ότι η μέγιστη αποδεκτή συχνότητα ατυχήματος με N ή παραπάνω νεκρούς μειώνεται γρηγορότερα όσο μειώνεται η τιμή του α . Έχουμε πιο απότομη μείωση των F_N για όρια με κλίση -2 απ' ό,τι για όρια με κλίση -1.

11.2.1.2 Σχέση αθροιστικών F_N με απόλυτες f_N

Η άποψη που θέλει τα Κριτήρια της μορφής,

$$F_N = \frac{c}{N} \quad (\mathbf{I})$$

να εμπερικλείουν κάποια αποστροφή προς αύξοντα μεγέθη ατυχημάτων, στηρίζεται στη σχέση που υπάρχει μεταξύ των αθροιστικών συχνοτήτων F_N και των απόλυτων συχνοτήτων f_N ¹¹.

Χάριν γενικότητας θεωρούμε ότι ο αριθμός των νεκρών N είναι διακριτή μεταβλητή μεν, όχι όμως και ακέραιος (κάτι που έχει βάση για τις περιπτώσεις που λαμβάνουμε μια σχέση ισοδυναμίας μεταξύ τραυματιών και νεκρών, της μορφής « 1 σοβαρός τραυματισμός = 0,1 νεκρός »).

Ακολουθούμε την εξής διαδικασία..

Έστω οι συχνότητες,

$$f_{N_1}, f_{N_2}, \dots, f_{N_v}, \dots$$

που ορίζονται συναρτήσει της ακολουθίας,

$$N_1, N_2, \dots, N_v$$

του αριθμού των νεκρών για $v=1, 2, \dots, v$

Η αθροιστική συχνότητα F_{N_v} (για $N > N_v$) θα είναι τώρα,

$$F_{N_v} = f_{N_v} + f_{N_{v+1}} + f_{N_{v+2}} + \dots$$

Η f_N προκύπτει και ως εξής,

$$f_{N_v} = F_{N_v} - F_{N_{v+1}}$$

Έστω ότι τώρα ο νομοθέτης ορίζει για τη δραστηριότητα Α Κριτήριο της μορφής (\mathbf{I}) .

Η συχνότητα f_N θα είναι,

¹¹ Ball, Floyd, ' *Societal Risks* '

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

$$\begin{aligned} f_{N_v} &= F_{N_v} - F_{N_{v+1}} = \frac{c}{N_v} - \frac{c}{N_{v+1}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow f_{N_v} = \frac{c \cdot (N_{v+1} - N_v)}{N_{v+1} \cdot N_v} \end{aligned}$$

Η παραπάνω, αποτελεί τη σχέση που ορίζει τη μέγιστη αποδεκτή συχνότητα f_{N_v} , για ατυχήματα με αριθμό νεκρών ίσο με N_v .

Παρατηρούμε ότι για τις απόλυτες συχνότητες f_N ισχύει η ισότητα $u(N) = R_N$ εφόσον οι συνέπειες του γεγονότος i «ατύχημα με αποτέλεσμα N νεκρούς» είναι ο αριθμός των νεκρών N .

Υπολογίζοντας λοιπόν το προκύπτον μέγιστο αποδεκτό ρίσκο ατυχήματος με N_v και N_{v+1} νεκρούς έχουμε,

για $N = N_v$:

$$\begin{aligned} R_{N_v} &= f_{N_v} \cdot N_v = \frac{c \cdot (N_{v+1} - N_v)}{N_{v+1} \cdot N_v} \cdot N_v \Rightarrow \\ &\Rightarrow R_{N_v} = \frac{c \cdot (N_{v+1} - N_v)}{N_{v+1}} \end{aligned}$$

για $N = N_{v+1}$:

$$\begin{aligned} R_{N_{v+1}} &= f_{N_{v+1}} \cdot N_{v+1} = \frac{c \cdot (N_{v+2} - N_{v+1})}{N_{v+2} \cdot N_{v+1}} \cdot N_{v+1} \Rightarrow \\ &\Rightarrow R_{N_{v+1}} = \frac{c \cdot (N_{v+2} - N_{v+1})}{N_{v+2}} \end{aligned}$$

Θα είναι ,

$$R_N > R_{N_{v+1}}$$

αφού

$$\frac{c \cdot (N_{v+1} - N_v)}{N_{v+1} \cdot N_v} > \frac{c \cdot (N_{v+2} - N_{v+1})}{N_{v+2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_{\nu+2} \cdot (N_{\nu+1} - N_{\nu}) > N_{\nu+1} \cdot (N_{\nu+2} - N_{\nu+1})$$

Όμως καθώς η διαφορά διαδοχικών όρων παραμένει σταθερή,

$$(N_{\nu+1} - N_{\nu}) = (N_{\nu+2} - N_{\nu+1})$$

Τελικά,

$$N_{\nu+2} > N_{\nu+1} \text{ που ισχύει.}$$

Καταλήξαμε δηλαδή ότι το μέγιστο αποδεκτό ρίσκο αν χρησιμοποιήσουμε τις f που προκύπτουν από το *Κριτήριο*,

$$F_N = \frac{c}{N}$$

μειώνεται με αύξηση του αριθμού των νεκρών N . Δηλαδή, το μέγιστο αποδεκτό ρίσκο ατυχήματος με ακριβώς N νεκρούς μειώνεται όσο αυξάνεται ο N .

Με άλλα λόγια η «ουδέτερη» κλίση -1 φαίνεται πως συμπεριλαμβάνει μια κάποια μορφή αποστροφή προς το μέγεθος των ατυχημάτων¹².

11.2.1.3 Μια άλλη προσέγγιση

Έστω τώρα ότι ψάχνουμε το μέγιστο αποδεκτό ρίσκο ατυχήματος N ή περισσότερων νεκρών. Για να το υπολογίσουμε θα αθροίσουμε το μέγιστο αποδεκτό ρίσκο ατυχήματος με ακριβώς N_{ν} νεκρούς, με το μέγιστο αποδεκτό ρίσκο ατυχήματος με $N_{\nu+1}$, $N_{\nu+2}$, ... νεκρούς.

Γενικεύοντας ακόμα περισσότερο, έστω ότι τώρα ότι η μεταβλητή N είναι συνεχής. Η υπόθεση αυτή ίσως φαίνεται παράλογη (δεν μπορεί να προκύψει ατύχημα με 0,004 νεκρούς!) ωστόσο στηρίζεται σε δύο παρατηρήσεις.

- Αρχικά κατά τον πιθανοθεωρητικό υπολογισμό των F_N είναι δυνατόν να προκύπτουν ως πιθανότητες, καταστάσεις με αριθμό νεκρών N που θα λαμβάνει τιμές στο σύνολο των (θετικών) πραγματικών.

¹² Να σημειωθεί ότι αν εφαρμόσουμε την ίδια διαδικασία για κλίση κριτηρίου -2 οι αντίστοιχες f_N θα εκφράζουν αποστροφή προς ατυχήματα μεγάλου μεγέθους σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

- Κατά δεύτερον η ίδια η μορφή των $F-N$ είναι συνεχής. Στο σύνολο της βιβλιογραφίας οι $F-N$ παρουσιάζονται ως συνεχείς γραμμές¹³ κάτι που υπονοεί ότι το N μπορεί να πάρει οποιαδήποτε θετική τιμή (συνήθως μεγαλύτερη του 1).

Με δεδομένα τα παραπάνω για να υπολογιστεί το ρίσκο ατυχήματος N ή περισσότερων νεκρών αρκεί να υπολογιστεί το ολοκλήρωμα,

$$\int_N^{N_{max}} f_N \cdot N dN$$

όπου N_{max} ο μέγιστος αριθμός νεκρών που θεωρητικά μπορούν να προκύψουν ως αποτέλεσμα ενός ατυχήματος.

Για κλίση Κριτηρίου $\alpha = -1$:

Το (μέγιστο αποδεκτό) ρίσκο ατυχήματος N ή περισσότερων νεκρών, είναι,

$$R_{>N} = \int_N^{N_{max}} f_N \cdot N dN$$

το οποίο όπως έχουμε ήδη αποδείξει¹⁴ γίνεται,

$$R_{>N} = \int_N^{N_{max}} F_N dN$$

Εκτελώντας τις πράξεις,

$$R_{>N} = \int_N^{N_{max}} \frac{c}{N} = c \cdot \ln N \Big|_N^{N_{max}}$$

$$R_{>N} = \ln N_{max}^c - \ln N^c$$

το οποίο παρατηρούμε¹⁵ ότι ταυτίζεται με το **μέγιστο αποδεκτό PLL** για ατυχήματα με αποτέλεσμα N ή περισσότερους νεκρούς. (ισούται δηλαδή με τον μέγιστο αποδεκτό συνολικό αριθμό των νεκρών που προκύπτουν ως αποτέλεσμα ατυχημάτων με N ή περισσότερους νεκρούς).

¹³ Κάτι που ωστόσο πολλές φορές παραβλέπεται και ενώ η καμπύλη είναι συνεχής χρησιμοποιούνται αθροιστικές σχέσεις για N φυσικό αριθμό, πχ. Skjong.

¹⁴ Βλ. κεφάλαιο 4 και τα σχετικά με το PLL

¹⁵ Αφού από τον ορισμό του PLL, είναι $PLL = \int_N^{N_{max}} f_N \cdot N dN$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Το μέγιστο αποδεκτό ρίσκο ατυχήματος $N+dN$ ή περισσότερων νεκρών θα είναι αντίστοιχα,

$$R_{>(N+dN)} = \ln N_{max}^c - \ln (N + dN)^c$$

το οποίο ισούται με το μέγιστο αποδεκτό PLL για ατυχήματα με N_{v+1} νεκρούς.

Συγκρίνοντας τα $R_{>N}$ και $R_{>(N+dN)}$ είναι,

$$R_{>N} > R_{>(N+dN)}$$

Γιατί αν,

$$R_{>N} > R_{>(N+dN)}$$

Αυτό συνεπάγεται,

$$\ln N_{max}^c - \ln N^c > \ln N_{max}^c - \ln (N + dN)^c$$

$$\ln N^c < \ln (N + dN)^c$$

και επειδή τόσο η $\ln x$ όσο και η x^α είναι αύξουσες για θετικά x και α , για να είναι αληθής η ανισότητα θα πρέπει,

$$N < (N + dN)$$

το οποίο ισχύει.

Καταλήγουμε δηλαδή ότι για κλίση ορίου $\alpha = -1$ το μέγιστο αποδεκτό ρίσκο ατυχήματος N ή περισσότερων νεκρών μειώνεται καθώς αυξάνεται το N

Για $\alpha = -2$

Το συνολικό μέγιστο αποδεκτό ρίσκο ατυχήματος N ή περισσότερων νεκρών προκύπτει ξανά με ολοκλήρωση στο διάστημα από N έως N_{max} , όπου N_{max} όπως ορίστηκε προηγουμένως.

Έτσι για το ρίσκο ατυχήματος N ή περισσότερων νεκρών θα είναι,

$$R_{>N} = \int_N^{N_{max}} f_N \cdot NdN = \int_N^{N_{max}} F_N dN = \int_N^{N_{max}} \frac{c}{N^2} = -\frac{c}{N} \Big|_N^{N_{max}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{>N} = c \cdot \frac{N_{max} - N}{N_{max} \cdot N}$$

Εντελώς ανάλογα για το ρίσκο ατυχήματος $N + dN$ ή περισσότερων νεκρών έχουμε,

$$R_{>(N+dN)} = c \cdot \frac{N_{max} - (N + dN)}{N_{max} \cdot (N + dN)}$$

Συγκρίνοντας το ρίσκο που λαμβάνουμε για κάθε περίπτωση βλέπουμε ότι το μέγιστο αποδεκτό μειώνεται καθώς αυξάνεται το N .

$$R_{>N} > R_{>(N+dN)}$$

$$c \cdot \frac{N_{max} - N}{N_{max} \cdot N} > c \cdot \frac{N_{max} - (N + dN)}{N_{max} \cdot (N + dN)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{N_{max} - N}{N} > \frac{N_{max} - (N + dN)}{(N + dN)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{(N_{max} - N) \cdot (N + dN) - (N_{max} - (N + dN)) \cdot N}{N \cdot (N + dN)} > 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{N_{max} \cdot ((N + dN) - N)}{N \cdot (N + dN)} > 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (N + dN) > N \text{ , που ισχύει}$$

11.2.1.4 Συνολικά για την σχέση της κλίσης της ευθείας- ορίου με τη στάση του νομοθέτη απέναντι στο μέγεθος των ατυχημάτων

Στα αμέσως προηγούμενα συζητήσαμε για το πώς αντικατοπτρίζει η κλίση της ευθείας ορίου την στάση του νομοθέτη απέναντι στο ρίσκο ατυχήματος με μέγεθος ίσο ή μεγαλύτερο από κάποια τιμή. Η γενικά αποδεκτή θεώρηση είναι ότι όρια με κλίση -1 υπονοούν ουδέτερη στάση απέναντι στο ρίσκο καθώς αυξάνεται το μέγεθος του ατυχήματος, το οποίο εδώ ισούται με τον αριθμό των νεκρών N . Από την άλλη, όρια με κλίση -2 δηλώνουν τη διάθεση του νομοθέτη να αποδέχεται όλο και μικρότερες τιμές ρίσκου, όσο το μέγεθος των ατυχημάτων αυξάνεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Επιλέξαμε να παρουσιάσουμε αναλυτικά τις απόψεις που συναντήσαμε στη βιβλιογραφία, ακόμα και αν τις θεωρούμε εσφαλμένες, για έναν βασικό λόγο.

Δυστυχώς στο πεδίο της *Ανάλυσης Ρίσκου* (και μάλιστα σε ότι έχει να κάνει με *Κριτήρια Αποδοχής*) είναι πολύ έντονο να παρουσιάζονται συμπεράσματα ως αυταπόδεικτες αλήθειες χωρίς την παραμικρή ένδειξη ως προς το πώς προέκυψαν. Η κλίση των ορίων στα διαγράμματα $F-N$ είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα. Η πλειονότητα των συγγραφέων θεωρεί την κλίση -1 ουδέτερη απέναντι στο ρίσκο, ο Skjong αντιτείνει ότι εκφράζει αποστροφή προς το ρίσκο, ενώ οι Ball και Floyd παρατηρούν ότι η καμπύλη f_N που προκύπτει από την ευθεία όριο με κλίση -1 εμπεριέχει μια κάποια αποστροφή προς ατυχήματα με αυξανόμενο αριθμό νεκρών.

Πουθενά ωστόσο δεν βρήκαμε τις πράξεις ή έστω τα μοντέλα που υποστηρίζουν αυτές τις απόψεις, παρά μόνο ίσως υπαινικτικά. Θεωρούμε συνεπώς ότι έχει σημασία το γεγονός ότι εδώ αναπτύξαμε τα επιχειρήματα που αφορούν στην «στάση» του ορίου απέναντι στο ρίσκο (ή πιο σωστά απέναντι στο μέγεθος των ατυχημάτων). Αν μη τι άλλο, φωτίζονται βασικές διαδικασίες και έννοιες της *Ανάλυσης Ρίσκου* οι οποίες συχνά θεωρούνται δεδομένες και χρησιμοποιούνται με τρόπο λανθασμένο (για παράδειγμα ο τρόπος υπολογισμού του ρίσκου ατυχήματος N ή περισσότερων νεκρών ως γινόμενο $R_N = F_N \cdot N$).

Παράλληλα παρουσιάσαμε τη δική μας προσέγγιση στο ζήτημα καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι **τόσο τα όρια με κλίση -1 όσο και αυτά με κλίση -2 συνεπάγονται αποστροφή απέναντι σε αυξανόμενα μεγέθη ατυχημάτων** αν και η κλίση -2 έχει σαν συνέπεια οι μέγιστες επιτρεπτές αθροιστικές συχνότητες να μειώνονται με πιο γρήγορο ρυθμό.

Στα επόμενα θα διατηρήσουμε τον χαρακτηρισμό «ουδέτερο» για το όριο με κλίση -1 μόνο και μόνο επειδή έτσι αναφέρεται στη βιβλιογραφία..

Τέλος σημειώνουμε ότι η εναλλάξ αντιμετώπιση του N ως συνεχούς και ως διακριτής μεταβλητής δεν συνέβη εκ παραδρομής. Παρακάτω θα δούμε ότι διαφορετικοί συγγραφείς θεωρούν τον αριθμό των νεκρών είτε διακριτή (πχ. Skjong) είτε συνεχή (Vrijling) μεταβλητή. Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι ακόμα και στα πλαίσια του ίδιου συγγράμματος ο N θεωρείται άλλες φορές πραγματικός και άλλες φυσικός αριθμός.

Στους Ball και Floyd διαβάζουμε,

« ... οι θάνατοι δεν είναι ακέραιοι. Αυτό γιατί έχουν υπολογιστεί σε πιθανοθεωρητική βάση και μπορεί να συμβαίνει ο αριθμός των θανάτων να εξαρτάται από την κατεύθυνση του ανέμου. »

Για να συνεχίσουν δύο σελίδες πιο κάτω ως εξής,

« οι προκύπτουσες μαθηματικές εκφράσεις (σ.σ. αναφέρεται στα όρια), βασίζονται στον υπολογισμό κάθε τιμής των f και F για κάθε ακέραια τιμή του N . »

Εδώ αποφασίσαμε να περιγράψουμε τη διαδικασία κατασκευής της ευθείας-ορίου για N διακριτή ακέραια μεταβλητή, για N διακριτή μη ακέραια μεταβλητή και για N συνεχή μεταβλητή θέλοντας να παράσχουμε μια εποπτική άποψη επί των χρησιμοποιούμενων διαδικασιών. **Πρέπει να τονίσουμε ωστόσο ότι τα αποτελέσματα δεν είναι ανεξάρτητα της φύσης του N . Κατά τον υπολογισμό του PLL για παράδειγμα θα λάβουμε διαφορετικές τιμές ανάλογα με το αν θεωρήσουμε το N συνεχή ή διακριτή μεταβλητή.**

Κλείνοντας προς το παρόν τη συζήτηση για την κλίση σημειώνουμε ότι μεταξύ των κλίσεων -1 και -2 υπάρχει μια ακόμα εξαιρετικά ενδιαφέρουσα διαφορά που έχει να κάνει με τη συμπεριφορά των ευθειών για $N \rightarrow \infty$. Η διαφορά αυτή επηρεάζει τον υπολογισμό του ανώτατου αποδεκτού αριθμού νεκρών για κάποια δραστηριότητα, του οριακού PLL δηλαδή που προκύπτει από την ευθεία-όριο. Αναλυτικά θα μελετήσουμε το ζήτημα αργότερα, όταν πλέον θα έχουν αναφερθεί όλα τα στοιχεία που αφορούν στην κατασκευή των ορίων.

11.2.1.5 Κριτική για την επιλογή της κλίσης

Επιστρέφοντας στο θέμα της στάσης των ορίων απέναντι σε ατυχήματα με μεγάλο μέγεθος, συζητήσαμε ήδη ότι αντιμετωπίζουν με μεγαλύτερη αυστηρότητα τα ατυχήματα όσο αυξάνεται ο αριθμός των εμπλεκόμενων νεκρών. Ωστόσο τόσο η ηθική όσο και η επιστημονική ορθότητα μιας τέτοιας στάσης αμφισβητούνται.

Ηθικά η στάση, « 100 νεκροί σε 100 ατυχήματα είναι προτιμότεροι από 100 νεκρούς σε ένα ατύχημα » φαίνεται εντελώς αδικαιολόγητη. Και στις δύο περιπτώσεις ο αριθμός των νεκρών ο ίδιος, πώς προκύπτει το συμπέρασμα ότι η δεύτερη κατάσταση είναι δυσμενέστερη;

Για να απαντηθεί το ερώτημα πρέπει να τεθούν τα *Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου* σε νέα βάση. Κατά τους Ball και Floyd τέτοια *Κριτήρια* δεν μπορούν να αντιμετωπίζονται ως «παγκόσμιες σταθερές», είναι πολύ περισσότερο η αντανάκλαση της στάσης του συγκεκριμένου νομοθέτη απέναντι σε θέματα ασφάλειας, κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Καθοριστική σημασία στην υιοθέτηση μιας στάσης αποτρεπτικής προς πολύνεκρα ατυχήματα, έπαιξε η αντίληψη ότι,

το κοινό τείνει να αντιδρά εντονότερα στην περίπτωση ενός μεγάλου ατυχήματος απ' ό τι σε μια σειρά από μικρότερα.

Η αντίληψη αυτή υποστηρίζεται τόσο διαισθητικά όσο και από μια σειρά μελετών του κλάδου της κοινωνικής ψυχολογίας ήδη από το 1980¹⁶.

¹⁶ Slovic P. et al, *Facts and Fears: Understanding Perceived Risk in Societal Risk Assessment, How safe is safe enough?*, 1980

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Οι Ball και Floyd ωστόσο αμφισβητούν αυτή την άποψη. Αντιπροτείνουν ότι στην πραγματικότητα το πώς θα αντιδράσει το κοινό σε ένα ατύχημα εξαρτάται από ένα περίπλοκο δίκτυο πολλών παραγόντων, με το μέγεθος του ατυχήματος να αποτελεί μόνο μια συνιστώσα στο πρόβλημα.

Για παράδειγμα πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η επικοινωνία του γεγονότος στο κοινό. Είναι δεδομένο ότι το κοινό αντιδρά πολύ πιο έντονα σε εικόνες και η οπτικοποίηση μιας τραγωδίας αποκτά αυτόματα τη δικιά της υπόσταση ανεξάρτητα από την ίδια την τραγωδία (ως παράδειγμα αναφέρουν την επίδραση που είχε στο αντιπολεμικό κίνημα, η φωτογραφία ενός μικρού παιδιού να εγκαταλείπει το χωριό του, κατά τον πόλεμο του Βιετνάμ, σε αντίθεση με τα στατιστικά στοιχεία που μιλούσαν για χιλιάδες νεκρούς αλλά δεν μπορούσαν να κινητοποιήσουν το ευρύτερο κοινό).

Στον Dittlevsen¹⁷ διαβάζουμε ότι η πολιτική της αποστροφής προς ατυχήματα με μεγάλο αριθμό νεκρών είναι ένα «*παράλογο φαινόμενο*» και ότι το ερώτημα είναι «*εάν μπορεί αυτό το παράλογο, να αντιμετωπιστεί με έναν ορθολογιστικό τρόπο*»

Οι Slovic et al¹⁸ αναφέρουν επίσης τα εξής ενδιαφέροντα,

«η σχετική έρευνα δείχνει ότι οι κοινωνικές συνέπειες ενός ατυχήματος δεν μπορούν να αναπαρασταθούν ως απλή συνάρτηση του αριθμού των νεκρών, N. »

«ένα πολύνεκρο ατύχημα μπορεί να μην έχει σοβαρό κοινωνικό αντίκτυπο αν προκύψει ως αποτέλεσμα κάποιας δραστηριότητας με την οποία το κοινό αισθάνεται εξοικειωμένο (για παράδειγμα ένα σιδηροδρομικό ατύχημα). Αντίθετα ένα μικρότερο ατύχημα σε ένα σύστημα άγνωστο στην πλειοψηφία, για το οποίο το εμπλεκόμενο ρίσκο δεν θεωρείται γνωστό και έτσι κρίνεται ως πιθανά πολύ επικίνδυνο, θεωρείται ότι μπορεί μελλοντικά να οδηγήσει σε πολύ σοβαρότερες καταστάσεις (εδώ εντάσσονται τα πυρηνικά ατυχήματα).»

Τα παραπάνω άμεσα δηλώνουν ότι όρια της μορφής $F(N) = c \cdot N^a$ (η πλειοψηφία δηλαδή των χρησιμοποιούμενων ορίων) δεν μπορούν να είναι ρεαλιστικά.

Επιπροσθέτως μια σειρά πρόσφατων μελετών αμφισβητεί την αντίληψη ότι το μέγεθος του ατυχήματος επηρεάζει τη στάση του κοινού.

Αναφέρεται χαρακτηριστικά μια έρευνα μεταξύ μεταπτυχιακών φοιτητών¹⁹, όπου το τελικό συμπέρασμα είναι ότι μόνο ο συνολικός αριθμός των νεκρών επηρεάζει την κρίση τους και όχι το πώς αυτός διανέμεται ανά ατύχημα. Με άλλα λόγια, η κατάσταση « 100 νεκροί σε 100 ατυχήματα », είναι ισοδύναμη της κατάστασης « 100 νεκροί σε 1 ατύχημα ».

¹⁷ Ove Dittlevsen, *Risk Acceptance Criteria and/or Decision Optimization*, 1996

¹⁸ Slovic P. et al, *Risk Aversion, Social Values and Nuclear Safety Goals*, J. Trans American Nuclear Safety, Vol. 41, pp 448-449, 1980

¹⁹ Για την ταυτότητα της έρευνας παραπέμπουμε στους Ball και Floyd (1998)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Αντίθετα σε αντίστοιχη έρευνα που διενεργήθηκε στη βιομηχανική ζώνη της Λυών, αυτή τη φορά μεταξύ εκπροσώπων πετρελαϊκών, χημικών και μεταφορικών εταιριών τα αποτελέσματα ήταν σαφώς υπέρ μιας τακτικής αποφυγής μεγάλων ατυχημάτων.

Τέτοια στοιχεία συντείνουν στο ότι η λογική της αποστροφής προς πολύνεκρα ατυχήματα (*disaster aversion*) έχει πιο πολύ να κάνει με τον τρόπο σκέψης των ιθυνόντων παρά με τη στάση του ευρύτερου κοινού.

11.2.1.6 Κλίσεις λιγότερο διαδεδομένες

Αν και δεν έχει συναντήσει ευρεία αποδοχή, έχει προταθεί επίσης η κλίση του ορίου να είναι -3 . Η πρόταση έγινε το 1976 από τους Ferreira και Slesin και βασίστηκε στην συμπεριφορά πραγματικών καμπυλών $F-N$ που προέκυψαν από στατιστικά στοιχεία.

Ωστόσο γενικότερα η λογική του σχηματισμού κριτηρίων που στηρίζονται σε στοιχεία από τη δραστηριότητα υπόκειται σε κριτική. Για να το θέσουμε απλά, γιατί θα πρέπει το τι είναι αποδεκτό να έχει κάποια σχέση με το τι συμβαίνει στην πραγματικότητα;

Πέρα πάντως από την όποια κριτική μπορούμε να ασκήσουμε στην πρόταση των Ferreira και Slesin, πρακτικά δεν συναντήσαμε πουθενά όρια με αυτή την κλίση αλλά ούτε και κάποια ένδειξη που να δικαιολογεί την εφαρμογή της. Αυτός είναι και ο λόγος που δεν θα ασχοληθούμε περαιτέρω με αυτήν.

Μια ακόμα πρόταση που δεν έγινε ποτέ ευρύτερα αποδεκτή, έχει όμως αξία να αναφέρουμε, είναι ότι μετά από κάποιο σημείο τόσο η αποστροφή που εκφράζει η κλίση -2 όσο και η « ουδέτερη » στάση που αντικατοπτρίζεται από την κλίση -1 χάνουν το νόημα τους. Αντίθετα πιο ορθολογική θα ήταν μια αντιμετώπιση ευνοϊκή (risk prone) προς μεγάλα ατυχήματα.

Ο Keeney παρατηρεί ότι το κοινό θεωρεί δύο ατυχήματα, εκ των οποίων το ένα είχε ως αποτέλεσμα 50000 νεκρούς και το άλλο 100000, ως το ίδιο σοβαρά. Αυτό μάλλον έχει να κάνει με την αδυναμία του ανθρώπου να κατανοήσει τις διαφορές μεταξύ δύο είτε πολύ μεγάλων είτε πολύ μικρών αριθμών οι οποίοι βρίσκονται έξω από την καθημερινή του εμπειρία. Ωστόσο αφενός η ηθική αυτής της λογικής είναι το λιγότερο αμφισβητήσιμη, αφετέρου πολύ λίγες δραστηριότητες είναι ικανές να έχουν συνέπειες τόσο μεγάλης κλίμακας. Ειδικότερα στον τομέα των μεταφορών η παραπάνω οπτική δεν θα μας απασχολήσει.

11.2.1.7 Οριακό *PLL*

Είδαμε ότι το όριο μας λοιπόν θα είναι μια ευθεία σχεδιασμένη πάνω στο διάγραμμα $F-N$ με κλίση η οποία συνήθως είναι είτε -1 είτε -2 . Γνωρίζουμε επίσης ότι το εμβαδόν που περικλείεται από κάποια καμπύλη $F-N$ μας πληροφορεί τον αναμενόμενο αριθμό νεκρών εξαιτίας της δραστηριότητας σε κάποιο χρονικό διάστημα. Τον αριθμό αυτό ονομάσαμε *PLL*.

Θεωρώντας τώρα το όριο μας ως την οριακή $F-N$ της δραστηριότητας για την οποία η δραστηριότητα είναι αποδεκτή, το εμβαδόν που περικλείεται από την ευθεία-όριο θα είναι ο μέγιστος αποδεκτός αριθμός νεκρών ως αποτέλεσμα της δραστηριότητας, δηλαδή το μέγιστο *PLL*. Στο εξής για να μην συγχέεται με τον πραγματικό αναμενόμενο αριθμό θα το γράφουμε *PLL*.

Αν $F(N)$ η συνάρτηση του ορίου το οριακό *PLL* θα είναι κατά συνέπεια,

$$PLL = \int_1^{N_{max}} F(N) \text{ για } N \text{ συνεχή μεταβλητή}$$

και

$$PLL = \sum_{N_1}^{N_{max}} F(N_v) \text{ για } N \text{ διακριτή}$$

11.2.2 Επιλογή σημείου

Έστω λοιπόν ότι καταλήξαμε στην κλίση του ορίου. Για να το σχεδιάσουμε πάνω σε ένα διάγραμμα $F-N$ αρκεί να ορίσουμε ένα σημείο (F_N, N) από το οποίο θα διέρχεται η ευθεία. Από τη στιγμή που οι άξονες μας είναι F_N , δηλαδή συχνότητα, προς N , δηλαδή αριθμό νεκρών, πρέπει να δοθεί προσοχή στις μονάδες που θα έχει το σημείο που θα επιλεγεί.

Δύο κυρίαρχες τάσεις υπάρχουν.

Η πρώτη περιλαμβάνει τη χρήση σημείων (F_N, N) τα οποία προέκυψαν ως όρια κατά τη μελέτη κάποιας άλλης δραστηριότητας και στα οποία θα αναφερόμαστε με τον όρο *κομβικά σημεία*²⁰.

Η δεύτερη, επιχειρεί τον προσδιορισμό της μέγιστης αποδεκτής συχνότητας ατυχήματος με 1 ή παραπάνω νεκρούς, για τη συγκεκριμένη δραστηριότητα. Προσδιορίζεται έτσι το σημείο $(F_1, 1)$ με βάση το οποίο χαράσσεται το όριο. Βασική διαφοροποίηση σε σχέση με τα *κομβικά σημεία* αποτελεί το γεγονός ότι το $(F_1, 1)$ υπολογίζεται πάνω στη συγκεκριμένη δραστηριότητα με αναλυτικές μεθόδους.

²⁰ Μεταφέραμε έτσι τον όρο *Anchor Points* ο οποίος χρησιμοποιείται στη διεθνή βιβλιογραφία.

Στα επόμενα θα εξετάσουμε τις δύο αυτές τάσεις σε μεγαλύτερο βάθος.

11.2.2.1 Κομβικά Σημεία

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ένα κομβικό σημείο σχεδιάζεται πάνω σε ένα διάγραμμα $F-N$ και αποτελεί άμεση απεικόνιση του μεγέθους του αποδεκτού ρίσκου κάποιας δραστηριότητας.

Τα κομβικά σημεία είναι της μορφής $X(N, F)$, αντιστοιχίζουν δηλαδή την αθροιστική συχνότητα ατυχήματος με N ή περισσότερους νεκρούς, F , με τον αριθμό των νεκρών, N . Για παράδειγμα το κομβικό σημείο $A(10, 10^{-4})$ μας πληροφορεί ότι η συχνότητα ατυχήματος με 10 ή περισσότερους νεκρούς, είναι 10^{-4} ατυχήματα ανά έτος (εναλλακτικά ότι η συχνότητα ατυχήματος με 10 ή παραπάνω νεκρούς είναι 1 ατύχημα σε 10000 έτη).

Συνήθως τέτοια σημεία χρησιμοποιούνται ως άνω όρια του αποδεκτού, από κάποια δραστηριότητα, ρίσκου. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι η καμπύλη μας πρέπει να διέρχεται κάτω από το σημείο. Σε αντίθετη περίπτωση το ρίσκο είναι μη αποδεκτό.

Δελεαστικό φαίνεται ακόμα να σχεδιάσουμε μια γραμμή που θα διέρχεται από το κομβικό σημείο μας, ώστε να έχουμε πλέον μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα του άνω ορίου της δραστηριότητας. Έτσι θα μπορούμε να ελέγξουμε τα επίπεδα ρίσκου σε οποιοδήποτε σημείο της καμπύλης και όχι μόνο στο κομμάτι της που βρίσκεται κοντά στην περιοχή του κομβικού σημείου.

Είδαμε ότι ο τρόπος χάραξης της ευθείας αυτής (ουσιαστικά η κλίση της, αφού ένα σημείο της είναι ήδη γνωστό), δεν είναι μονοσήμαντα ορισμένος και πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις υπάρχουν ως προς το ποιά ευθεία εκφράζει καλύτερα τις ανάγκες μας. Οι συνήθεις πρακτικές αφορούν σε ευθείες με κλίση -1 και -2 κάτι που σε γενικές γραμμές αντανακλά μια πιο ήπια (-1) ή πιο αυστηρή (-2) αποστροφή προς ατυχήματα με μεγάλο αριθμό νεκρών.

Το κάτω όριο που απεικονίζει το Ευρέως Αποδεκτό Ρίσκο, δεν είναι παρά μια ευθεία παράλληλη προς αυτή του άνω ορίου με τη διαφορά ότι βρίσκεται μετατοπισμένη προς τα κάτω (συνήθως 2 έως 3 τάξεις μεγέθους).

Τα τελευταία 30 χρόνια έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα κομβικά σημεία για τη διαμόρφωση Κριτηρίων Αποδοχής Ρίσκου. Αυτά παρήχθησαν κυρίως σε τρεις χώρες, στην Ολλανδία, το Ηνωμένο Βασίλειο και το Hong Kong. Αποτέλεσαν δε πολλές φορές απαντήσεις σε συγκεκριμένα ατυχήματα ή γενικότερα δραστηριότητες (κυρίως της πυρηνικής και χημικής βιομηχανίας) που απαιτούσαν άμεση επανεξέταση των αποδεκτών επιπέδων ρίσκου.

Παρακάτω παρουσιάζεται η εξέλιξη των σημείων αυτών μέσα στο χρόνο και από χώρα σε χώρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Ηνωμένο Βασίλειο

Παρά το γεγονός ότι οι πρώτες προσπάθειες για συστηματική Αποτίμηση Ρίσκου χρονολογούνται ήδη από τη δεκαετία του 1960²¹ η πρώτη αναφορά σε ένα σαφώς ορισμένο σημείο που θα παίζει το ρόλο του άνω ορίου για το ρίσκο εντοπίζεται στα 1976. Ορμώμενη από το ατύχημα του Flixborough²², η Συμβουλευτική Επιτροπή για Μείζονες Κινδύνους (*Advisory Committee on Major Hazards, ACMH*), πρότεινε το ακόλουθο κριτήριο Αποδοχής Ρίσκου,

«...σε συγκεκριμένο εργοστάσιο ένα σοβαρό ατύχημα είχε ελάχιστες πιθανότητες να συμβεί συχνότερα από μια φορά σε 10000 χρόνια. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως ακριβώς στο όριο του αποδεκτού »

Αν και ο όρος « *σοβαρό ατύχημα* » είναι μάλλον ασαφής πολλοί επιστήμονες το όρισαν ως το ατύχημα εκείνο « *που οδηγεί σε 10 ή περισσότερους νεκρούς* ». Έτσι το παραπάνω κριτήριο μπορεί να παρασταθεί ως το σημείο $(10, 10^{-4})$ σε μια καμπύλη *F-N* και πρακτικά σημαίνει ότι η συχνότητα ατυχήματος με περισσότερους από 10 νεκρούς δεν μπορεί να είναι πάνω από 10^{-4} ανά έτος.

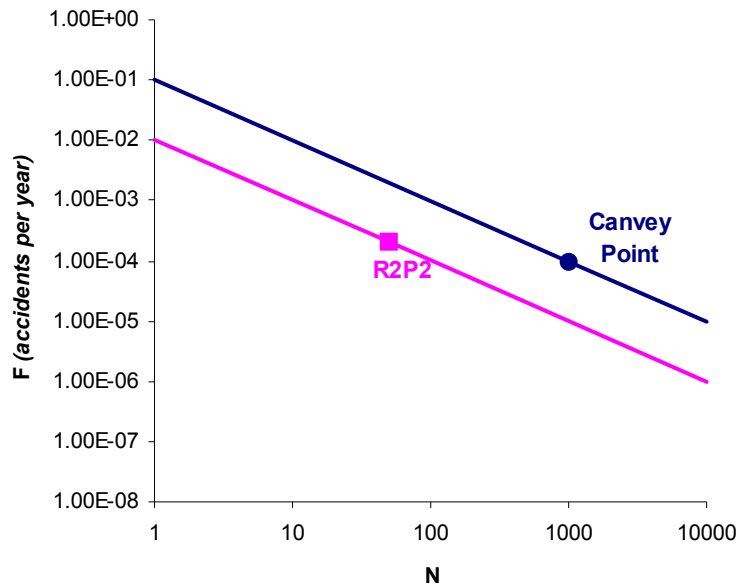
Τα παραπάνω βασίστηκαν κυρίως στην άποψη έμπειρων επιστημόνων για το ρίσκο.

Μια άλλη προσέγγιση βρίσκεται στη σύγκριση του ρίσκου μιας δραστηριότητας με αυτό που προέρχεται από κάποια άλλη δραστηριότητα και το οποίο έχει ήδη κριθεί αποδεκτό μέσα από δημόσιο διάλογο και επίσημες έρευνες. Αυτή η αντίληψη οδήγησε στο *σημείο Canvey* (*Canvey Point*), που αποτελεί το μέτρο του εκ των πραγμάτων αποδεκτού ρίσκου στη Νήσο Canvey και είναι το $(1000, 10^{-4})$.

Στη βιβλιογραφία συναντήσαμε επίσης την «*ευθεία Canvey*» ως την ευθεία που τέμνει τον κατακόρυφο άξονα στο σημείο 0,1 και έχει κλίση -1 . Εύκολα μπορεί να αποδειχθεί ότι η ευθεία αυτή διέρχεται από το σημείο $(1000, 10^{-4})$ συνεπώς οι δύο ορισμοί ταυτίζονται. Το σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζει γραφικά τόσο το *σημείο* όσο και την *ευθεία Canvey* πάνω σε ένα διάγραμμα *F-N*.

²¹ Αναφερόμαστε στην καμπύλη Farmer που αναπτύχθηκε για την πυρηνική βιομηχανία και καθόριζε την αποδεκτή συχνότητα διαρροής ραδιενέργειας από πυρηνικό σταθμό.

²² Σοβαρότατο ατύχημα σε εργοστάσιο χημικών στο χωριό Flixborough στην Αγγλία (1974), που είχε ως αποτέλεσμα τον θάνατο 28 εργατών και τον τραυματισμό άλλων 50.



Σχήμα 63. Χάραξη ορίων *Canvey* και *R2P2*

Ένα ακόμα κομβικό σημείο $(100, 10^{-4})$ το οποίο έχει προταθεί με εφαρμογή στην πυρηνική βιομηχανία προέκυψε λαμβάνοντας υπ' όψιν τόσο το σημείο *Canvey* όσο και την συγκριτικά μεγαλύτερη αποστροφή του κοινού αισθήματος προς πυρηνικά ατυχήματα σε σχέση με πιο συμβατικά ατυχήματα.

Το τραγικό ατύχημα του Piper Alpha²³ υπήρξε η αφορμή για τη θέσπιση ενός ακόμα ορίου των 10^{-3} ατυχημάτων με $N > 1$ θανάτους ανά έτος $(1, 10^{-3})$. Παρατηρούμε ότι αν το συγκρίνουμε με το σημείο $(1, 0,1)$ της ευθείας *Canvey* βρίσκεται δύο τάξεις μεγέθους πιο χαμηλά.

Τέλος το 2001 ο HSE εισηγήθηκε ότι ατυχήματα άνω των 50 νεκρών δεν πρέπει να συμβαίνουν πιο συχνά από μια φορά ανά 5000 χρόνια. Το σημείο αυτό πήρε το όνομα του γενικότερου προγράμματος « Reducing Risks, Protecting People », ή αλλιώς *R2P2* και προφανώς είναι το $(50, 2 \cdot 10^{-4})$. Παρατηρούμε και από το διάγραμμα ότι το *R2P2* οδηγεί σε *Κριτήριο* μιας τάξης μεγέθους πιο αυστηρό σε σχέση με το σημείο *Canvey*.

Hong Kong

Το 1981 η κυβέρνηση του Hong Kong αποφάσισε τη διενέργεια Μελέτης Ρίσκου με αντικείμενο την εγγύτητα πυκνοκατοικημένων περιοχών προς επικίνδυνες

²³ Ατύχημα σε εξέδρα εξόρυξης πετρελαίου το 1988 που προκλήθηκε από έκρηξη και είχε ως συνέπεια το θάνατο των 167 από τους 228 εργαζομένους πάνω σε αυτήν. Η έρευνα που ακολούθησε (Cullen Inquiry) οδήγησε στη μεγαλύτερη αναθεώρηση των κανονισμών ασφαλείας σε ολόκληρη την ιστορία της offshore βιομηχανίας άντλησης πετρελαίου.

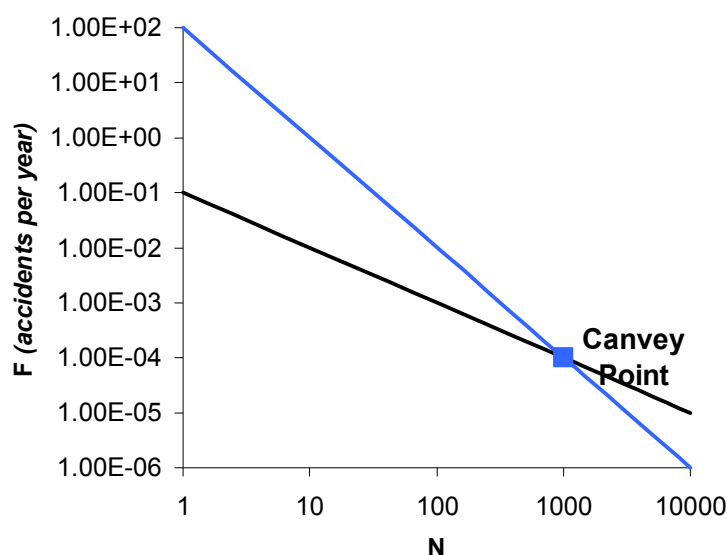
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

εγκαταστάσεις στο νησί Tsing Yi. Το αξιοσημείωτο εδώ είναι ότι συνδέθηκε το ρίσκο με το σχεδιασμό χρήσης της γής (η επιτρεπόμενη πυκνότητα δόμησης κοντά σε επικίνδυνες ζώνες, προκύπτει ως αποτέλεσμα *Μελέτης Ρίσκου*). Το Hong Kong χρησιμοποίησε αρχικά ως *κομβικό σημείο* αυτό της *ACMH*, ενώ αργότερα προχώρησε στη θέσπιση πιο αυστηρών ορίων με κομβικό σημείο το $(10, 10^{-4})$. Η διερχόμενη απ' αυτό ευθεία εκλέγεται να έχει κλίση -1 .

Ολλανδία

Για πρώτη φορά η Ολλανδία εξέδωσε *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου* το 1978 απαντώντας σε μια σειρά ατυχημάτων σχετιζομένων με επικίνδυνα υλικά. Το κομβικό σημείο στο οποίο κατέληξαν οι Ολλανδικές Αρχές ήταν το $(10, 10^{-4})$ ενώ ρίσκο για περισσότερους από 1000 θανάτους σε 1 ατύχημα χαρακτηρίζεται απαράδεκτο ανεξαρτήτως συχνότητας. Αργότερα το κομβικό σημείο μετατέθηκε μία τάξη μεγέθους χαμηλότερα, στο $(10, 10^{-5})$. Σημαντική διαφοροποίηση της Ολλανδίας σε σχέση με Ηνωμένο Βασίλειο και Kong Kong είναι το γεγονός ότι η κλίση της ευθείας εκλέγεται να είναι -2 αντί για -1 .

Αξίζει να δείξουμε τι σημαίνει η διαφορετική αυτή προσέγγιση της κλίσης της ευθείας. Για το σκοπό αυτό θα υπερθέσουμε στο προηγούμενο παράδειγμα της γραμμής Canvey μια ευθεία η οποία και πάλι θα διέρχεται από το *σημείο Canvey* $(1000, 10^{-4})$ θα έχει όμως κλίση -2 (η μπλε ευθεία στο διάγραμμα που ακολουθεί)



Σχήμα 64. Χάραξη ορίου Canvey για κλίσεις -1 και -2

Αποτέλεσμα της αλλαγής κλίσης είναι ότι ενώ η κλίση -2 θεωρητικά εκφράζει μεγαλύτερη αποστροφή προς πολύνεκρα ατυχήματα, στην πράξη φαίνεται ότι για ατυχήματα με συνέπεια ως και 1000 (!) νεκρούς, εμφανίζεται πιο ανεκτική σε σχέση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

με την ευθεία με κλίση -1 . Αντίθετα για ατυχήματα με πάνω από 1000 νεκρούς θέτει ένα σαφώς χαμηλότερο όριο.

Μάλιστα, εαν δούμε το σημείο τομής της μπλε ευθείας με τον κατακόρυφο άξονα, « θεωρεί » ότι 100 ατύχηματα με έναν ή παραπάνω νεκρούς το έτος είναι αριθμός αποδεκτός. Με εξαίρεση τις οδικές μεταφορές, δυσκολευόμαστε να σκεφτούμε δραστηριότητες, έστω σε εθνικό επίπεδο, για τις οποίες ένα τέτοιο ρίσκο θα θεωρούταν αποδεκτό.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι το παράδειγμα μας, «αδικεί» κάπως την χρήση της κλίσης -2 . Εν πολλοίς, το γεγονός ότι η F_I είναι τόσο εμφανώς εκτός λογικής οφείλεται στο σημείο *Canvey*. Το *Canvey* αποτελεί κομβικό σημείο που χρησιμοποιήθηκε στην Αγγλία και όπως είδαμε η αγγλική σχολή παραδοσιακά επέλεξε τη χρήση ευθειών με κλίση -1 . Αυτός είναι πιθανότατα και ο λόγος για τον οποίο δεν θα « δούλευε » στην πράξη μια ευθεία *Canvey* με κλίση -2 .

Ωστόσο, αν και η αριθμητική του παραδείγματος δεν στέκει, η εικόνα που παρουσιάζουν οι δυο προσεγγίσεις είναι πράγματι αυτή που βλέπουμε στο σχήμα. Έτσι μια προσέγγιση με έντονη αποστροφή εναντίων πολύνεκρων ατυχημάτων θα μας δώσει ένα άνω όριο με πολύ πιο « απότομη » κλίση σε σχέση με μια πιο ήπια προσέγγιση, αφού η συχνότητα F_N είναι συνάρτηση του τετραγώνου του αριθμού των νεκρών N .

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει συγκεντρωτικά την εξέλιξη των κομβικών σημείων απο τη δεκαετία του 70 μέχρι τις μέρες μας.

Έτος	Χώρα	Κομβικό Σημείο		Κλίση Ευθείας	Σχόλια
		N	F_N		
1976	Αγγλία	10	10^{-4}	-	κριτήριο ACMH
1978	Ολλανδία	10	10^{-4}	-2	κριτήριο Groningen βασισμένο και στο ACMH
1982	Αγγλία	10	10^{-4}	-1	κριτήριο Kinchin (από την ομώνυμη ευθεία)
1988	Hong Kong	10	10^{-4}	-1	από ACMH και ευθεία Kinchin
1989	Ολλανδία	10	10^{-5}	-2	κομβικό Σημείο βασισμένο στο Ατομικό Ρίσκο ²⁴ .
1991	Αγγλία	500	$2 \cdot 10^{-4}$	-1	βασισμένο στην ευθεία Canvey ²⁵
1993	Αγγλία			-1 και -1,3	για εξέδρες εξόρυξης πετρελαίου
1993	Hong Kong	10	10^{-4}	-1	όπως το 1988, όμως

²⁴ Η ευθεία που ορίζει το όριο του *Ευρέως Αποδεκτού Ρίσκου* τίθεται 100 φορές χαμηλότερα

²⁵ Η ευθεία που ορίζει το όριο του *Ευρέως Αποδεκτού Ρίσκου* τίθεται 1000 φορές χαμηλότερα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

					εισάγεται η έννοια της ALARP ²⁶
1995/6	Ολλανδία	10	10^{-5}	-2	όπως το 1989, χωρίς την περιοχή του Ευρέως Αποδεκτού Ρίσκου
1995/6	Ολλανδία			-2	για μεταφορές, όπως από πάνω αλλά σε μονάδες νεκροί/χιλιόμετρο
1997	Hong Kong			-1	όπως το 1993 λαμβάνει όμως υπ' όψιν και τον αριθμό των εγκατάστασεων που εμπλέκονται

11.2.2.2 Υπολογισμός F_1

Εναλλακτικά προς τη χρήση *Κομβικών Σημείων* προτείνεται ο υπολογισμός της μέγιστης επιτρεπτής συχνότητας ατυχήματος με 1 ή παραπάνω νεκρούς, F_1 . Η κύρια διαφοροποίηση σε σχέση με τα προηγούμενα είναι ότι η F_1 υπολογίζεται με αναλυτικό τρόπο ώστε να απεικονίζει την συγκεκριμένη δραστηριότητα. Χρησιμοποιούνται παραμετρικές σχέσεις από τις οποίες μπορεί κανείς, μεταβάλλοντας τις επί μέρους παραμέτρους, να καταλήξει σε όρια για κάθε δραστηριότητα ξεχωριστά.

Σε αυτή τη μεθοδολογία εντοπίζουμε τα εξής πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα,

- ✓ Διαφάνεια όσον αφορά στον τρόπο υπολογισμού των ορίων. Ένα πολύ σημαντικό μειονέκτημα των *Κομβικών Σημείων* πηγάζει από το γεγονός ότι δεν υπάρχει πληροφόρηση για τη μεθοδολογία με την οποία παράχθηκε το σημείο. Εδώ η διαδικασία παραγωγής του ορίου βρίσκεται στη διάθεση μας για κριτική.
- ✓ Κοινή μέθοδος κατασκευής του ορίου μεταξύ διαφόρων δραστηριοτήτων. Για να επιχειρήσουμε ξανά μια σύγκριση με τα *Κομβικά Σημεία*, ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα αυτών, έχει να κάνει με το γεγονός ότι οι μεθοδολογίες με τις οποίες δημιουργήθηκαν, γενικά δεν είναι συγκρίσιμες. Έτσι έχουμε σημεία που προέκυψαν από στατιστικά στοιχεία, από αναλυτικές μεθόδους ή και από την εμπειρία κάποιας ομάδας ειδικών. Η προσέγγιση που εξετάζουμε εδώ θέτει ένα κοινό μέτρο για όλες τις δραστηριότητες. Το γενικό αυτό μέτρο, μπορούμε να εξειδικεύσουμε μεταβάλλοντας κάθε φορά τις παραμέτρους που το χαρακτηρίζουν, ώστε να ανταποκρίνονται στη συγκεκριμένη περίπτωση. Αναμένεται έτσι πολύ μεγαλύτερη ομοιογένεια στα *Κριτήρια Ρίσκου*.

²⁶ Με την ευθεία που ορίζει το όριο του *Ευρέως Αποδεκτού Ρίσκου* να τείθεται 100 φορές χαμηλότερα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

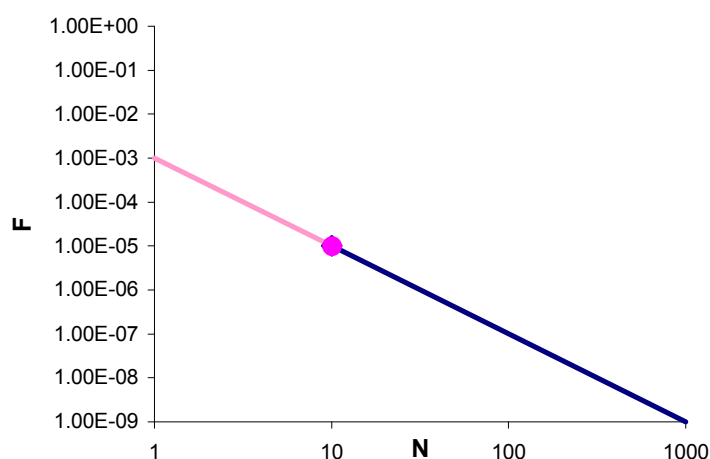
Στα επόμενα θα εξετάσουμε δύο πορείες με τις οποίες μπορεί να υπολογιστεί το F_I . Χωρίς να σημαίνει ότι είναι και οι μοναδικές, υπογραμμίζουμε πως σε μια αρκετά προσεκτική ανάγνωση της βιβλιογραφίας ήταν οι μόνες που καταφέραμε να ανακαλύψουμε. Η παρουσίαση τους αποκτά συνεπώς ακόμα μεγαλύτερη σημασία ενώ αρχίζει να διαφαίνεται ότι το οπλοστάσιο που έχουμε στη διάθεση μας για την κατασκευή ορίων ρίσκου είναι τελικά μικρότερο απ' ό τι ελπίζαμε.

11.2.2.3 Το Ολλανδικό Κριτήριο

Το 1988 η Ολλανδία εισηγήθηκε το ακόλουθο Κριτήριο (VROM, 1988).

$$F_N(x) \leq \frac{10^{-3}}{x^2}, \text{ για } x \geq 10$$

Η παραπάνω σχέση (ως ισότητα), όταν σχεδιαστεί σε ένα διάγραμμα $F-N$ και καθώς για το πεδίο ορισμού απαιτείται $x \geq 10$, θα έχει την ακόλουθη μορφή.



Σχήμα 65. Κριτήριο VROM

όπου με μοβ χρώμα απεικονίζεται η ευθεία του Κριτηρίου και με ροζ χρώμα η προέκταση ώστε να τμήσει τον κατακόρυφο άξονα αν δεν λάβουμε υπ' όψιν την απαίτηση για $N \geq 10$.

Το 1995 ο Vrijling ως *K.A.P.* πρότεινε το εξής όριο,

$$E_N + k \cdot \sigma(N) \leq \beta_i \cdot 100$$

όπου,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

k δείκτης αποστροφής ρίσκου

β_i δείκτης η τιμή του οποίου μεταβάλλεται ανάλογα με το αν το υποκείμενο στον κίνδυνο άτομο βρίσκεται σε αυτή τη θέση με ή παρά τη θέληση του. Οι τιμές που παίρνει ξεκινούν από 100 για δραστηριότητες όπως η ορειβασία, όπου το άτομο αναλαμβάνει το ρίσκο εντελώς εθελοντικά και με ζητούμενο την ψυχαγωγία, και φτάνουν ως και 0,01 όταν το άτομο υπόκειται στον κίνδυνο χωρίς κανένα άμεσο κέρδος.

Επίσης πρόταση των Vrijling et al αποτελεί μια σχέση της μορφής,

$$F(N) \leq \frac{C_i}{N^\gamma}, \text{ για } N \geq 10$$

$$\text{όπου, } C_i = \left[\frac{\beta_i \cdot 100}{k \cdot \sqrt{N_A}} \right]^2$$

γ είναι κλίση της ευθείας που θέτουμε ως *Κριτήριο Αποδοχής Ρίσκου*

k όπως ορίστηκε πιο πάνω

N_A ο αριθμός των ανεξάρτητων τοποθεσιών όπου μπορεί να συμβεί ατύχημα.

Έστω τώρα ότι έχουμε,

$$\beta_i = 0,03$$

$$k = 3$$

$$N_A = 1000$$

και $\gamma = 2$ (σύμφωνα με την Ολλανδική απαίτηση).

Θα είναι,

$$C_i = \left[\frac{\beta_i \cdot 100}{k \cdot \sqrt{N_A}} \right]^2 = \left[\frac{0,03 \cdot 100}{3 \cdot \sqrt{1000}} \right]^2 \Rightarrow C_i = 10^{-3}$$

και αντικαθιστώντας στο κριτήριο των Vrijling et al έχουμε,

$$F_N(x) \leq \frac{C_i}{N^\gamma} \Rightarrow F(N) \leq \frac{10^{-3}}{N^2}, \text{ για } N \geq 10$$

καταλήξαμε δηλαδή ξανά στο *Κριτήριο* του VROM, το οποίο αποτελεί ειδική περίπτωση της εξίσωσης των Vrijling et al.

Μια παρατήρηση πάνω στη σχέση, $F_N(x) \leq \frac{C_i}{N^\gamma}$ είναι ότι στην περίπτωση που

ισχύει η ισότητα, αποτελεί την ευθεία η οποία ορίζει το Ανώτατο Αποδεκτό Ρίσκο σε ένα διάγραμμα $F-N$. Όπως θα δείξουμε αμέσως παρακάτω, η σταθερά C_i , δεν είναι παρά η πιθανότητα να έχουμε ατύχημα με 1 ή περισσότερους νεκρούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Από τη στιγμή που στις καμπύλες $F-N$ εΐθισται ο κατακόρυφος να τέμνει τον οριζόντιο άξονα στο σημείο $x=1$, για οποιαδήποτε καμπύλη της μορφής $y = \frac{a}{x^z}$, το a θα είναι η τομή της με τον κατακόρυφο άξονα.

Η ισότητα $F_I=C_i$ αποτελεί μια αρκετά ενδιαφέρουσα παρατήρηση καθώς πλέον το C_i , παύει να είναι μια αφηρημένη μαθηματική σταθερά και αποκτά φυσική υπόσταση. Είναι το μέγιστο αποδεκτό όριο, για τη συχνότητα ατυχημάτων με 1 τουλάχιστον νεκρό, ανά έτος και για κάποια συγκεκριμένη δραστηριότητα.

Πρέπει ωστόσο να είμαστε προσεκτικοί. Ο ορισμός για το C_i , καθιστά ξεκάθαρο ότι πρόκειται για φανταστικό μέγεθος. Είναι προϊόν της δικιάς μας επιθυμίας να ορίσουμε αποδεκτά όρια για το ρίσκο και της αποστροφής μας προς ατυχήματα με μεγάλο αριθμό νεκρών. Καθώς δεν αφορά την στατιστική πραγματικότητα, δεν έχουμε το δικαίωμα να το ταυτίσουμε με το F_I , που προκύπτει από την ανάλυση στατιστικών στοιχείων.

Με άλλα λόγια το F_I στη σχέση του Vrijling είναι η τομή της ευθείας που ορίζει το *Αποδεκτό Ρίσκο* με τον κατακόρυφο άξονα, ενώ το F_I που λαμβάνουμε από στατιστικά στοιχεία είναι η τομή της πραγματικής $F-N$ που χαρακτηρίζει τη δραστηριότητα που μας ενδιαφέρει.

Και τα δύο αντιπροσωπεύουν τη συχνότητα ατυχήματος με έναν ή παραπάνω νεκρούς ανά έτος. Όμως,

- το $F_I=C_i$ του *ορίου αποδοχής ρίσκου* αποτελεί την **ανώτατη αποδεκτή** συχνότητα ατυχήματος με έναν ή παραπάνω νεκρούς σε διάστημα ενός χρόνου.
- ενώ το F_I της $F-N$ που χαρακτηρίζει την δραστηριότητα, αντιπροσωπεύει την **πραγματική** συχνότητα εμφάνισης ατυχήματος με 1 ή παραπάνω νεκρούς ανά έτος.

Για να βρίσκεται η δραστηριότητα εντός των αποδεκτών ορίων θα πρέπει μάλιστα να ισχύει,

$$F_I > F_I$$

Σημειώνεται ότι η παραπάνω συνθήκη είναι αναγκαία αλλά όχι και ικανή για να εξασφαλίζεται η αποδοχή της δραστηριότητας, καθώς δεν διασφαλίζει ότι η $F-N$ παραμένει κάτω από την ευθεία- όριο σε όλο το μήκος της.

➤ Στο εξής η συχνότητα του *Κριτηρίου* θα γράφεται πάντα με *italics* σε αντιδιαστολή προς τη συχνότητα της δραστηριότητας που θα γράφεται με *italics*.

Πραγματοποιώντας τη σύνδεση με τα προηγούμενα, η σημασία της σχέσης,

$$F_1 = \left[\frac{\beta_i \cdot 100}{k \cdot N_A} \right]^2$$

είναι πολύ μεγάλη. Για πρώτη φορά το «κομβικό σημείο» της ευθείας- ορίου υπολογίζεται αναλυτικά και μάλιστα περιλαμβάνοντας παραμέτρους που έχουν να κάνουν τόσο με τη συγκεκριμένη δραστηριότητα όσο και με τα υποκείμενα στον κίνδυνο πρόσωπα (β_i) αλλά και με τη στάση του νομοθέτη απέναντι στο ρίσκο (κ). Επιπλέον το γεγονός ότι έχουμε πρόσβαση στον τρόπο υπολογισμού του F_1 μας δίνει τη δυνατότητα να ασκήσουμε κριτική ως προς την ορθότητα της μεθόδου κάτι που δεν επέτρεπαν τα « μεταφυσικά » Κομβικά Σημεία.

11.2.2.4 Κριτική πάνω στο Κριτήριο του Vrijling

Είδαμε νωρίτερα ότι, ως Κριτήριο Αποδοχής Ρίσκου, ο Vrijling προτείνει τη σχέση,

$$E_N + k \cdot \sigma(N) \leq \beta_i \cdot 100$$

Για τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζονται τα E_N , $\sigma(N)$ δεν αναφέρει κάτι ξεκάθαρο ωστόσο από μια σειρά παραδειγμάτων που παραθέτει φαίνεται πως χρησιμοποιεί τις ακόλουθες σχέσεις:

Για το E_N :

$$E_N = f_i \cdot P_f \cdot \Pi$$

με f_i η πιθανότητα του να συμβεί το ατύχημα i
 P_f η πιθανότητα το γεγονός i να οδηγήσει σε τουλάχιστον 1 θάνατο
και Π ο πληθυσμός που εκτίθεται στον κίνδυνο

όπου όπως έχουμε δείξει για το δεύτερο μέλος της είναι,

$$f_i \cdot P_f \cdot \Pi = IR_i \cdot \Pi$$

και τελικά το $E(N)$ ταυτίζεται με το PLL όπως περιμέναμε.

Για το $\sigma(N)$ καταλήγει τελικά στη σχέση :

$$\sigma^2(N) = (1 - IR_i) \cdot IR_i \cdot \Pi$$

Παρατηρώντας τις δυο τελευταίες σχέσεις φαίνεται να υπάρχει μια κάποια συνάφεια με την διωνυμική κατανομή. Θυμίζουμε ότι μια σ.π.π. ακολουθεί διωνυμική κατανομή όταν το πείραμα μας έχει δύο μόνο δυνατά αποτελέσματα, έστω Α και Β,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

με συμπληρωματικές πιθανότητες εμφάνισης, έστω P και $1-P$ αντίστοιχα. Τότε η πιθανότητα να εμφανιστεί το γεγονός A k φορές σε v δειγματοληψίες θα είναι,

$$P_k = \binom{v}{k} \cdot P^k \cdot (1-P)^{v-k}$$

Ακόμα η μέση τιμή της τυχαίας μεταβλητής x που ακολουθεί τη διωνυμική κατανομή είναι,

$$E(x) = v \cdot P$$

ενώ η διασπορά της,

$$\sigma(x) = v \cdot P \cdot (1-P)$$

Οι ομοιότητες είναι προφανείς, αν και η επιστημονική τους ορθότητα θα μπορούσε να αμφισβητηθεί, αφού κατά πρώτο και κύριο λόγο η διωνυμική κατανομή αφορά σε μεταβλητές που λαμβάνουν διακριτές τιμές ενώ ο Vrijling φαίνεται εξ' αρχής να ολοκληρώνει πάνω σε συνεχή σ.π.π..

Κρατάμε το παραπάνω πρόβλημα στα υπ' όψιν για να εξετάσουμε, κατά πόσο το κριτήριο που προτείνει ο Vrijling είναι σε θέση τελικά να επιτελέσει τους στόχους του. Έστω λοιπόν ότι για μια συγκεκριμένη δραστηριότητα εκτελούμε όλες τις πράξεις και καταλήγουμε σε μια μέση τιμή για τους αναμενόμενους θανάτους ανά έτος $E(N)$, και σε μια τυπική απόκλιση γύρω από αυτή την τιμή $\sigma(N)$.

Σύμφωνα με τον Vrijling θα πρέπει να ισχύει,

$$E_N + k \cdot \sigma(N) \leq \beta_i \cdot 100$$

και αυτό είναι επαρκές ως κριτήριο για το κοινωνικό ρίσκο και μάλιστα με αποστροφή προς ατυχήματα που οδηγούν σε μεγάλους αριθμούς νεκρών. Αυτό ωστόσο δεν προκύπτει με ξεκάθαρο τρόπο.

Αρχικά η σχέση αυτή λαμβάνει υπ' όψιν το συνολικό αριθμό των νεκρών αποτυγχάνει ωστόσο να απεικονίσει το πώς προέκυψαν. Θα μπορούσαμε να έχουμε $E(N)=1000$ νεκρού/έτος είτε ως αποτέλεσμα ενός ατυχήματος είτε χιλίων.

Επιπλέον, η διασπορά μας δίνει μια εκτίμηση του πόσο κοντά βρίσκονται οι τιμές του μεγέθους « νεκροί ανά έτος », στη μέση τιμή του που υπολογίσαμε. Ο Vrijling θεωρεί ότι αυτό αντανακλά με κάποιο τρόπο το μέγεθος των ατυχημάτων που έδωσαν αυτούς τους νεκρούς, ωστόσο το πώς συμβαίνει αυτό δεν γίνεται αντιληπτό και πέρα από το ότι το επικαλείται δεν το εξηγεί.

Ας διερευνήσουμε όμως τη συμπεριφορά της σχέσης που προτείνει ο Vrijling με ένα παράδειγμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Έστω λοιπόν ότι έχουμε τρία ισοπίθανα σενάρια ατυχήματος, που θα έδιναν για παράδειγμα 99, 100, 101 νεκρούς το καθένα. Η μέση τιμή $E(N)$ του αριθμού των νεκρών θα είναι,

$$E(N) = \sum P_k N_k = P_1 N_1 + P_2 N_2 + P_3 N_3$$

και επειδή,

$$P_1(x=99) = P_2(x=100) = P_3(x=101) = P = 0,3333$$

θα είναι,

$$E(N) = \sum P_k N_k = P_1 N_1 + P_2 N_2 + P_3 N_3 = 0,333 \cdot (99 + 100 + 101) \approx 100$$

Ακόμα για τη διασπορά θα έχουμε,

$$\begin{aligned} Var(N) &= E(N^2) - E^2(N) = P(N_1^2 + N_2^2 + N_3^2) - E^2(N) = \\ &0,333 \cdot (99^2 + 100^2 + 101^2) - 100^2 = 0,6667 \Rightarrow \\ &\Rightarrow \sigma(N) = \sqrt{Var(N)} = 0,8165 \end{aligned}$$

Συνολικά,

$$E(N) + k \cdot \sigma(N) = 100 + k \cdot 0,8165$$

και για $k=3$,

$$E(N) + k \cdot \sigma(N) = 100 + 3 \cdot 0,8165 = 102,45$$

Έστω τώρα ξανά τρία σενάρια ατυχήματος με,

$$P_1(N=1) = 0,3, P_2(N=2) = 0,3 \text{ και } P_3(N=60) = 0,4$$

οι πιθανότητες να έχουμε ατύχημα με 1,2 και 60 νεκρούς αντίστοιχα.

Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με πριν,

$$E(N) = 24,9 \text{ και } \sigma(N) = 28,66$$

Συνολικά,

$$E(N) + k \cdot \sigma(N) = 24,9 + 3 \cdot 28,66 = 110,88$$

Το συμπέρασμα μοιάζει παράδοξο. Μόλις προέκυψε ότι αν έχουμε να επιλέξουμε μεταξύ της κατάστασης Α, « ίση πιθανότητα (33,3%) για ατύχημα με 99 ή 100 ή 101 νεκρούς », και της κατάστασης Β « πιθανότητα 30% για ατύχημα με 1 νεκρό, πιθανότητα 30% για ατύχημα με 2 νεκρούς και πιθανότητα 40% για ατύχημα με 60 νεκρούς », η προτιμότερη κατάσταση είναι η Α.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Ας προσπαθήσουμε ωστόσο να αιτιολογήσουμε το παραπάνω αποτέλεσμα. Αρχικά τίθεται το ερώτημα αν ο Vrijling έχει άδικο και η σχέση του δεν εκφράζει αποστροφή προς το ρίσκο. Η απάντηση είναι πως η σχέση του Vrijling με την εμπλοκή της τυπικής απόκλισης πράγματι είναι εναντίον καταστάσεων με μεγαλύτερο ρίσκο, από την άποψη ότι δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στην αβεβαιότητα του ατυχηματικού μοντέλου.

Η κατάσταση Α του παραδείγματος μας, εμπεριέχει σαφώς μικρότερο βαθμό αβεβαιότητας από τη Β. Στην Α είμαστε σίγουροι ότι πάνω κάτω, μέσα στον επόμενο χρόνο θα συμβεί ένα ατύχημα 100 νεκρών. Στη κατάσταση Β, η πληροφόρηση μας για την δραστηριότητα λέει, πως θα έχουμε ένα ατύχημα είτε με 1 νεκρό, είτε με 2 είτε με 60. Από μαθηματική σκοπιά, η κατάσταση Β είναι πολύ πιο αβέβαιη και από αυτή την οπτική γωνία, ενέχει μεγαλύτερο ρίσκο.

Την διάκριση αυτή (αν και όχι ως κριτική στα *Κριτήρια* της Ολλανδίας) συναντάμε και στον Bedford²⁷. Συγκεκριμένα, αυτό που ως τώρα ονομάσαμε « αποστροφή » προς το ρίσκο το διαχωρίζει σε αποστροφή του ρίσκου (*risk aversion*) και αποστροφή προς πολύνεκρα ατυχήματα (*disaster aversion*).

Κατά τον Bedford ο όρος «αποστροφή του ρίσκου», οφείλει να εκφράζει την αρνητική προδιάθεση που έχουμε απέναντι στην αβεβαιότητα των υπολογισμών μας. Αυτό αντικατοπτρίζεται στην κατάσταση Β. Είναι λογικό για έναν κανονιστικό οργανισμό (πχ. μια επιτροπή, ή μια κυβέρνηση) να αντιμετωπίζει με ιδιαίτερη επιφύλαξη δραστηριότητες που εμφανίζουν μια τόσο «απρόβλεπτη» ατυχηματική συμπεριφορά. Οπότε απ' αυτή την άποψη η τυπική απόκλιση πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν ως ένδειξη του βαθμού αβεβαιότητας των υπολογισμών μας.

Η αποστροφή προς μεγάλα ατυχήματα είναι ωστόσο ένα εντελώς διαφορετικό ζήτημα. Η κατάσταση Α φαίνεται πως ενέχει μικρό βαθμό αβεβαιότητας. Κι αυτό, από μια άποψη, δεν μπορεί παρά να είναι καλό, καθώς τουλάχιστον ξέρουμε τι να περιμένουμε. Από την άλλη μεριά το μέγεθος των ατυχημάτων είναι απαγορευτικά μεγάλο. Προκύπτει δε ότι το κριτήριο που παρέχει ο Vrijling δεν μπορεί να το συμπεριλάβει ικανοποιητικά.

Πρέπει να πούμε εδώ πως στην πραγματικότητα, με κάποιες εξαιρέσεις²⁸, η πιθανότητα εμφάνισης ενός ατυχήματος είναι αντιστρόφως ανάλογη με το μέγεθος του (συναντάμε ατυχήματα μικρής έκτασης πολύ συχνότερα απ' ότι ατυχήματα μεγάλης έκτασης). Αυτό μπορεί να δημιουργεί την εντύπωση ότι η σχέση του Vrijling γενικά «δουλεύει». Ωστόσο, αφενός δεν υπάρχει κανένας λόγος να δεχτούμε μια τέτοια θεώρηση ως επιστημονικά αληθή, αφετέρου ακόμα και αν τα αποτελέσματα δεν είναι εμφανώς λάθος όπως στο παράδειγμα που δώσαμε, παραμένει το γεγονός ότι αποτυγχάνουν να λάβουν υπ' όψιν το μέγεθος των ατυχημάτων.

²⁷ Tim Bedford, *Decision making for risk reduction using multicriteria analysis*

²⁸ Ball και Floyd, σελ. 20

11.2.2.5 Σχέση του PLL με τη μέση τιμή της σ.π.π.

Ωστόσο, η κριτική στη σχέση του Vrijling οδηγεί σε ένα ακόμα πιο θεμελιώδες επίπεδο. Τίθεται το ερώτημα, «ποία είναι η φυσική σημασία, της μέσης τιμής της σ.π.π., $E(N)$;».

Από τη στιγμή που η f_N είναι «η πιθανότητα να έχουμε ατύχημα με ακριβώς N νεκρούς», η μέση τιμή της $E(N)$, δεν μπορεί παρά να είναι η μέση τιμή των νεκρών σε ένα ατύχημα. Η κοινή λογική, σε συμφωνία με τη στατιστική, λέει ότι ο αναμενόμενος αριθμός των νεκρών θα δίνεται από τη σχέση,

$$PLL = \nu \cdot E(N),$$

όπου ν ο αριθμός των ατυχημάτων.

Ο Vrijling ωστόσο, ταυτίζει τη μέση τιμή, με τον αναμενόμενο αριθμό των νεκρών ανά έτος, κάτι που γενικά δεν ισχύει.

Η εντύπωση ότι ισχύει το παραπάνω δημιουργείται από μια σύγχυση μεταξύ πιθανότητας και στατιστικής. Ουσιαστικά στην ανάλυση που κάνει αναφέρεται πάντοτε σε πιθανότητες (μοντέλα πρόβλεψης) και όχι σε συχνότητες (στατιστικά στοιχεία). Έτσι στην πραγματικότητα θεωρεί για κάποια δραστηριότητα μια σ.π.π., την f_N , και πραγματοποιεί το πείραμα « **πιθανότητα να συμβεί ατύχημα με ακριβώς N νεκρούς** ». Ο λόγος που αυτή, η μέση τιμή $E(N)$, ταυτίζεται με τον αναμενόμενο αριθμό των νεκρών PLL , είναι ότι το μοντέλο υπονοεί (από την ίδια του τη φύση), ότι κάθε φορά εξετάζεται ένα ακριβώς ατύχημα. Στην ανάλυση του Vrijling, ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων είναι 1. Έτσι η μέση τιμή νεκρών ανά ατύχημα και η μέση τιμή νεκρών ανά έτος ταυτίζονται.

Αυτή η παρατήρηση αποκτά ιδιαίτερη σημασία κατά την εφαρμογή του *Κριτηρίου* του Vrijling, σε δραστηριότητες για τις οποίες υπάρχουν στατιστικά στοιχεία για τις συχνότητες και τον αριθμό των νεκρών.

Ο αναμενόμενος ανά έτος αριθμός των νεκρών, PLL , στον πραγματικό κόσμο των πολλαπλών ατυχημάτων, δεν είναι ίσος με τη μέση τιμή, $E(N)$, αλλά ισχύει από την στατιστική,

$$\begin{aligned} E(N) &= \sum_{N=1}^{\max} \frac{f_N \cdot N}{\nu} \Rightarrow \\ \Rightarrow PLL &= \nu \cdot E(N) = \nu \cdot \sum_{N=1}^{\max} \frac{f_N \cdot N}{\nu} = \sum_{N=1}^{\max} f_N \cdot N \end{aligned}$$

Εδώ αξίζει να σημειωθεί το εξής. Η ισότητα $PLL = E(N)$, μπορεί να ισχύει και σε μία ακόμη περίπτωση. Εάν ως σ.π.π. f_N οριστεί, η « **πιθανότητα να έχουμε ακριβώς N νεκρούς ανά έτος** », τότε η μέση τιμή της θα ισούται με την αναμενόμενη τιμή του αριθμού των νεκρών ανά έτος, δηλαδή με το PLL . Θα είναι,

$$E(N) = \sum_{N=1}^{\max} \frac{f_N \cdot N}{v} \Rightarrow E(N) = \sum_{N=1}^{\max} \frac{f_N \cdot N}{1} = \sum_{N=1}^{\max} f_N \cdot N \text{ και,}$$
$$PLL = v \cdot E(N) = 1 \cdot \sum_{N=1}^{\max} f_N \cdot N = \sum_{N=1}^{\max} f_N \cdot N$$

Δηλαδή,

$$PLL = \sum_{N=1}^{\max} f_N \cdot N = E(N)$$

όπου το v αντιπροσωπεύει πλέον έτη και εφ' όσον όλα τα μεγέθη είναι ανηγμένα ανά έτος θα είναι $v=1$.

Ωστόσο, η συνήθης πρακτική είναι ως σ.π.π. να χρησιμοποιείται η « πιθανότητα ατυχήματος με N νεκρούς ανά έτος » και όχι απλώς η « πιθανότητα να προκύψουν N νεκροί ανά έτος ». Περιπλέκοντας τα πράγματα περισσότερο οι Vrijling et al, φαίνεται πως κάνουν χρήση διαγραμμάτων $F-N$, όπου η F υπολογίζεται σε άλλες περιπτώσεις ως « ατυχήματα ανά έτος » και σε άλλες ως « νεκροί ανά έτος ». Ενώ και την σ.π.π. την ορίζουν αλλού ως συνάρτηση του αριθμού των ατυχημάτων και αλλού ως συνάρτηση του αριθμού των νεκρών.

Σε απόλυτη αντιστοιχία με τα όσα ειπώθηκαν για την $E(N)$ και το PLL , η τυπική απόκλιση $\sigma(N)$, μπορεί να ληφθεί είτε ως προς τον αναμενόμενο αριθμό νεκρών, N , ανά έτος, είτε ως προς τον αναμενόμενο αριθμό ατυχημάτων με N νεκρούς, επίσης ανά έτος. Το μαθηματικά ορθό (από τη στιγμή που η σ.π.π. ορίζεται ως, « η πιθανότητα να έχουμε ατύχημα με ακριβώς N νεκρούς »), είναι η $\sigma(N)$ να αφορά στην απόκλιση από τη μέση τιμή του αριθμού των νεκρών ανά ατύχημα.

Ξανά, για μια καθαρά πιθανοτική αντιμετώπιση του προβλήματος οι δύο τιμές της $\sigma(N)$ θα ταυτίζονται. Ωστόσο στην πράξη χρησιμοποιείται ο στατιστικός τύπος,

$$Var(N) = \frac{1}{v} \sum_{N=1}^{\max} f_N \cdot (N - \mu)^2$$

και,

$$\sigma(N) = \sqrt{Var(N)}$$

όπου, v ο αριθμός των ατυχημάτων
και μ ονομάσαμε την μέση τιμή $E(N)$ του αριθμού νεκρών ανά ατύχημα ώστε να μην δημιουργείται η εντύπωση ότι συμμετέχει στην άθροιση του N .

Ιδιαίτερη προσοχή στο γεγονός ότι κατά τον υπολογισμό της τυπικής απόκλισης πρέπει να χρησιμοποιείται η κατάλληλη αντίστοιχη μέση τιμή για να είναι το εξαγόμενο αποτέλεσμα σωστό. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να είναι σαφές το ποια

είναι η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας που χρησιμοποιείται, ενώ η μέση τιμή $E(N)$ και η τυπική απόκλιση $\sigma(N)$ να υπολογίζονται αυστηρά με βάση την σ.π.π. που επιλέχτηκε. Σε αντίθετη περίπτωση τα αποτελέσματα στερούνται οποιασδήποτε « φυσικής » έννοιας, ενώ ανοίγει ο δρόμος για παρερμηνείες και λάθος εφαρμογή των Κριτηρίων Αποδοχής Ρίσκου.

11.2.2.6 Σύνδεση του F_I με την οικονομική αξία της δραστηριότητας

Στην προσπάθεια θέσπισης *Κριτηρίων* έχει προταθεί και μια εντελώς διαφορετική οπτική. Στον Skjong συναντάμε την ακόλουθη προσέγγιση, η οποία προκειμένου να υπολογίσει το *PLL* λαμβάνει υπ' όψιν την οικονομική σπουδαιότητα της δραστηριότητας που έδωσε το ατύχημα.

Τονίζεται εξ αρχής πως τα ακόλουθα δεν αποτελούν εναλλακτικό τρόπο υπολογισμού του *PLL* της δραστηριότητας αλλά του **μέγιστου αποδεκτού *PLL*** αυτής. Με λίγα λόγια το προκύπτων *PLL* στόχο δεν έχει την περιγραφή, αλλά την οριοθέτηση του *ρίσκου* της δραστηριότητας. Η κεντρική ιδέα πίσω από το όριο είναι ότι με κάποιο τρόπο πρέπει να συνδέεται η οικονομική σημασία της δραστηριότητας με το ρίσκο που η κοινωνία είναι έτοιμη να αποδεχθεί.

Κατ' αρχάς ορίζονται τα ακόλουθα μεγέθη.

$$q = \frac{\text{Αριθμός Θανάτων εν ώρα εργασίας}}{\text{ΑΕΠ}}$$

$$r = \frac{\text{Αριθμός Θανάτων λόγω κάποιου τύπου δραστηριότητας}}{\text{Συμμετοχή του τύπου αυτού στο ΑΕΠ}}$$

EV = χρηματική αξία της δραστηριότητας

Προκύπτουν έτσι δύο ανώτατα αποδεκτά *PLL*. Το ένα αφορά στους εργαζόμενους σε μια δραστηριότητα και το άλλο στο ευρύτερο κοινό που μπορεί να κινδυνέψει εξαιτίας της δραστηριότητας αυτής.

$$PLL_A = q \cdot EV, \text{ για τους εργαζόμενους}$$

$$PLL_A = r \cdot EV, \text{ για το κοινό}$$

Για παράδειγμα αν η δραστηριότητα που εξετάζουμε είναι, η ακτοπλοΐα στο Αιγαίο, ορίζεται ως τύπος της δραστηριότητας ο τομέας των μεταφορών και ως δραστηριότητα η ακτοπλοΐα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Έτσι,

$$PLL_A = \frac{\text{Αριθμός Θανάτων εν ώρα εργασίας}}{ΑΕΠ} \cdot EV_{\text{ακτοπλοΐας}}$$

για τον ανώτατο αποδεκτό αριθμό θανάτων για τα πληρώματα στο χώρο της ακτοπλοΐας.

$$PLL_A = \frac{\text{Αριθμός Θανάτων στον κλάδο των μεταφορών}}{\text{Συμμετοχή των μεταφορών στο ΑΕΠ}} \cdot EV_{\text{ακτοπλοΐας}}$$

για τον ανώτατο αποδεκτό αριθμό θανάτων για τους επιβάτες στην ακτοπλοΐα.

Υπολογισμένο έτσι το *PLL*, αποτελεί απευθείας **Κριτήριο Αποδοχής Ρίσκου**. Συγκεκριμένα, για δύο δραστηριότητες με κοινά *q* και *r*, η δραστηριότητα με τη μεγαλύτερη χρηματική αξία (*EV*), θα έχει υψηλότερο *PLL*.

Αυτό κατά τον Skjong αντανακλά την διάθεση της κοινωνίας να αποδέχεται δραστηριότητες ανάλογα με την προσφορά τους στην οικονομία ή και τη σημασία τους για το κοινωνικό σύνολο. Έτσι τα σχετικά υψηλά ρίσκα, πχ. στις εξέδρες εξόρυξης πετρελαίου, θα αντιμετωπίζονται διαφορετικά από ρίσκα ενδεχομένως μικρότερα τα οποία όμως αφορούν σε δραστηριότητες μικρής οικονομικής ή και κοινωνικής σημασίας.

Ωστόσο τα παραπάνω εγείρουν σημαντικά ερωτήματα τα οποία ο Skjong δεν φαίνεται να αντιμετωπίζει.

Αρχικά η σύνδεση μεταξύ κοινωνικής σημασίας και οικονομικής αξίας κάποιας δραστηριότητας για εμάς δεν είναι καθόλου προφανής. Το ότι κάποια επιχείρηση έχει υψηλή οικονομική αξία δεν μπορεί να σημαίνει κάτι για την ασφάλεια των πελατών της και των εργαζομένων σε αυτήν. Μια τέτοια λογική θα μπορούσε να μας οδηγήσει σε παράδοξα συμπεράσματα, όπως ότι οι εργαζόμενοι σε κάποιον τύπο πλοίου είναι περισσότερο αναλώσιμοι σε σχέση με αυτούς κάποιου άλλου τύπου.

Ίσως κάποιος αντέτεινε ότι η οικονομική αξία κάποιας επιχειρηματικής δραστηριότητας αντικατοπτρίζει την προσφορά της στην κοινωνία καθώς αντανακλά το πόσους εργαζομένους απασχολεί, τι επιστρέφει με τη μορφή φόρων κλπ. Όμως και αυτός ο ισχυρισμός αν δεν υποστηρίζεται από συγκεκριμένα στοιχεία φαίνεται μάλλον αυθαίρετος.

Ας εξετάσουμε τώρα την περίπτωση που ως δραστηριότητα θεωρούμε γενικά τον κλάδο μεταφορές. Θα είναι για τους επιβάτες,

$$PLL_A = \frac{\text{Αριθμός Θανάτων στον κλάδο των μεταφορών}}{\text{Συμμετοχή των μεταφορών στο ΑΕΠ}} \cdot EV_{\text{μεταφορών}}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Όμως καθώς η συμμετοχή των μεταφορών στο ΑΕΠ ισούται με την *Οικονομική Αξία* του κλάδου ($EV_{\text{μεταφορών}}$) θα είναι,

$$PLL_A = \text{Αριθμός θανάτων στον κλάδο των μεταφορών}$$

Αυτό σημαίνει ότι με τον τρόπο που υπολογίζει ο Skjong το οριακό PLL έμμεσα θεωρεί a priori αποδεκτό το παρόν επίπεδο ασφαλείας, ταυτίζοντας το οριακό (PLL) με το πραγματικό PLL . Ο «αριθμός θανάτων στον κλάδο των μεταφορών» στην παραπάνω σχέση θα μπορούσε να είναι 1, 10 ή $3 \cdot 10^6$ χωρίς η σχέση που έχουμε στη διάθεση μας να του επιβάλλει κανέναν περιορισμό.

Η ταύτιση των δύο μεγεθών θα μπορούσε υπό προϋποθέσεις (πχ. ελλείψει στοιχείων) να γίνει αποδεκτή ως λύση ανάγκης, ωστόσο θεωρούμε ότι δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να αποτελεί το θεμέλιο στο οποίο θα βασιστεί όλη η περαιτέρω μοντελοποίηση των *Κριτηρίων Αποδοχής Ρίσκου*.

Κρατώντας αυτές τις παρατηρήσεις στα υπ' όψιν έχει ενδιαφέρον να δούμε και τη συνέχεια της διαδικασίας κατασκευής ορίων που ακολουθεί ο Skjong.

Θέλοντας να παραστήσει το *Κριτήριο* αυτό πάνω σε μια καμπύλη $F-N$ δημιουργεί με βάση το PLL_A - όριο που είδαμε παραπάνω μια ευθεία- όριο.

Είναι,

$$PLL = \sum_{N=1}^{N_u} N \cdot f_N$$

όπου,

N_u ο μέγιστος αριθμός νεκρών που μπορούν να προέλθουν από ένα ατύχημα (πχ. για κάποιο μεταφορικό μέσο ισούται με το μέγιστο αριθμό επιβατών και πληρώματος)

f_N η συχνότητα να συμβεί ατύχημα με ακριβώς N νεκρούς

Όμως,

$$f_N = F_N - F_{N+1}$$

και για ευθεία- όριο της μορφής,

$$F_N(x) = \frac{c}{x^\gamma} = c \cdot x^{-\gamma} = F_1 \cdot x^{-\gamma}$$

Θα είναι,

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

$$F_N = F_1 \cdot N^{-\gamma}$$

$$F_{N+1} = F_1 \cdot (N+1)^{-\gamma}$$

$$\Rightarrow f_N = F_N - F_{N+1} = F_1 N^{-\gamma} - F_1 \cdot (N+1)^{-\gamma}$$

Ακόμα για το μέγιστο αριθμό νεκρών N_u ισχύει

$$f_{N_u} = F_{N_u}$$

(γιατί αφού δεν υπάρχουν ατυχήματα με $N > N_u$, νεκρούς η συχνότητα ατυχήματος με N_u ή περισσότερους νεκρούς θα ισούται με την συχνότητα ατυχήματος με ακριβώς N_u νεκρούς.)

Έτσι,

$$\begin{aligned} \sum_{N=1}^{N_u} N \cdot f_N &= N_u \cdot f_{N_u} + \sum_{N=1}^{N_u-1} N \cdot [F_1 N^{-\gamma} - F_1 \cdot (N+1)^{-\gamma}] \\ \xrightarrow{f_{N_u}=F_{N_u}} \sum_{N=1}^{N_u} N \cdot f_N &= N_u \cdot F_1 \cdot N_u^{-\gamma} + \sum_{N=1}^{N_u-1} N \cdot [F_1 N^{-\gamma} - F_1 \cdot (N+1)^{-\gamma}] = \\ &= F_1 \cdot \left(\frac{1}{N_u^{\gamma-1}} + \sum_{N=1}^{N_u-1} \frac{1}{N^{\gamma-1}} - \frac{N}{(N+1)^{\gamma}} \right) \end{aligned}$$

Και τελικά,

$$PLL = \sum_{N=1}^{N_u} N \cdot f_N = F_1 \cdot \left(\frac{1}{N_u^{\gamma-1}} + \sum_{N=1}^{N_u-1} \frac{(N+1)^{\gamma} - N^{\gamma}}{N^{\gamma-1} \cdot (N+1)^{\gamma}} \right)$$

Εκλέγοντας $\gamma=1$ (ουδέτερη κλίση της ευθείας-ορίου):

$$PLL = F_1 \cdot \left(\frac{1}{N_u^{1-1}} + \sum_{N=1}^{N_u-1} \frac{(N+1)^1 - N^1}{N^{1-1} \cdot (N+1)^1} \right) = F_1 \cdot \left(1 + \sum_{N=1}^{N_u-1} \frac{1}{N+1} \right) = F_1 \cdot \left(1 + \sum_{N=2}^{N_u} \frac{1}{N} \right)$$

$$PLL = F_1 \cdot \left(\sum_{N=1}^{N_u} \frac{1}{N} \right)$$

Θέτουμε $PLL = PLL_A$ το οποίο αντανακλά την οικονομική αξία της δραστηριότητας όπως δείξαμε παραπάνω :

$$PLL_A = F_1 \cdot \sum_{N=1}^{N_u} \frac{1}{N}$$

Λύνοντας ως προς F_1 ,

$$F_1 = \frac{PLL_A}{\sum_{N=1}^{N_u} \frac{1}{N}}$$

Με αυτόν τον τρόπο υπολογίζεται το σημείο τομής της *ευθείας- ορίου* με τον κατακόρυφο άξονα συναρτήσει του PLL_A και, κατά συνέπεια, της οικονομικής αξίας της δραστηριότητας. Έχοντας σταθερό σημείο το $(F_1, 1)$ χαράσσουμε την ευθεία όριο που προτείνει ο Skjongs ως,

$$F_N = \frac{F_1}{N} \quad (\text{υπενθυμίζουμε ότι ήδη υποτέθηκε } \gamma=1)$$

Παρατηρούμε ότι ξανά για προαποφασισμένη κλίση του ορίου, που αντανακλά τη γενικότερη στάση του νομοθέτη απέναντι στα ατυχήματα, καταλήγουμε στον υπολογισμό ενός « *κομβικού σημείου* », του F_1 συναρτήσει της οικονομικής σημασίας της δραστηριότητας. Είναι φανερό ότι η μεθοδολογία υπολογισμού του F_1 που προτείνει ο Vrijling απέχει κατά πολύ από αυτήν του Skjongs.

Έτσι το όριο του Vrijling λαμβάνει υπ' όψιν,

- ✓ την ποιοτική σχέση του εκτιθέμενου στον κίνδυνο με την πηγή του κινδύνου (βαθμός εθελοντισμού, β_i).
- ✓ την ζώνη επιρροής του κινδύνου (αριθμός εγκαταστάσεων N_A)

Ενώ με το μοντέλο που προτείνει ο Skjongs κυρίαρχη σημασία στη διαμόρφωση του *Αποδεκτού Ορίου* παίζει η οικονομική αξία της δραστηριότητας.

11.2.2.7 Μια ενδιαφέρουσα επίπτωση της επιλογής κλίσης –1

Στην παράγραφο 11.2.1.4 αναφερθήκαμε στην επίδραση που έχει η επιλογή της κλίσης στον υπολογισμό του οριακού PLL χωρίς ωστόσο να επεκταθούμε περαιτέρω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Μια όχι και τόσο προφανής συνέπεια από τη χρήση ορίου με κλίση -1 είναι ότι δεν περιορίζεται ο ανώτερος αποδεκτός αριθμός νεκρών από ατυχήματα ανά έτος. Με άλλα λόγια το PLL τείνει στο άπειρο καθώς το N τείνει στο άπειρο. Την παρατήρηση αυτή συναντήσαμε τόσο στον Bedford όσο και στον Ditlevsen. Ας διερευνήσουμε τον λόγο για τον οποίο συμβαίνει αυτό.

Εάν το N είναι διακριτή μεταβλητή

Συζητήσαμε ήδη ότι θεωρώντας τον αριθμό των νεκρών ως διακριτή μεταβλητή η σχέση που τον συνδέει με το οριακό PLL είναι η,

$$PLL = \sum_{N=1}^{N_u} N \cdot f_N = F_1 \cdot \left(\frac{1}{N_u^{\gamma-1}} + \sum_{N=1}^{N_u-1} \frac{(N+1)^\gamma - N^\gamma}{N^{\gamma-1} \cdot (N+1)^\gamma} \right)$$

η οποία για $\gamma=1$ εκπίπτει στην,

$$PLL = F_1 \cdot \sum_{N=1}^{N_u} \frac{1}{N}$$

Αν θεωρήσουμε το F_1 σταθερό η μόνη μεταβλητή στη σχέση είναι ο αριθμός N που εμπεριέχεται στη σειρά, $\sum_{N=1}^{N_u} \frac{1}{N}$. Όμως από τη Μαθηματική Ανάλυση²⁹ είναι γνωστό ότι η εν λόγω σειρά τείνει στο άπειρο ή αλλιώς δεν συγκλίνει σε κάποιο συγκεκριμένο αριθμό. Αυτό μας οδηγεί στο άκομφο συμπέρασμα ότι το Κριτήριο μας για $N_u \rightarrow \infty$, επιτρέπει άπειρα μεγάλο αριθμό νεκρών ως αποτέλεσμα κάποιας δραστηριότητας.

Αυτό αφορά βέβαια γενικά τα κριτήρια με κλίση -1 και δεν αποτελεί πρόβλημα αποκλειστικά της σχέσης του Skjong.

Μάλιστα καθώς ο Skjong αγκυρώνει το PLL στην τιμή $PLL = PLL_A$, προκειμένου να διατηρείται αυτό σταθερό θα μεταβάλλεται για κάθε αύξηση του N_u το F_1 .

Αντίθετα αν στη γενική σχέση για το PLL θέσουμε όπου $\gamma=2$, θα είναι,

$$PLL = F_1 \left(\frac{1}{N_u} + \sum_{N=1}^{N_u-1} \frac{(N+1)^2 - N^2}{N \cdot (N+1)^2} \right) \Rightarrow$$
$$PLL = F_1 \left(\frac{1}{N_u} + \sum_{N=1}^{N_u-1} \frac{1}{N} - \sum_{N=1}^{N_u-1} \frac{N}{(N+1)^2} \right) \Rightarrow$$

²⁹ Γ.Ν. Παντελίδης, *ΑΝΑΛΥΣΗ*, Τόμος I

$$PLL = F_1 \left(\sum_1^{Nu} \frac{1}{N} - \sum_2^{Nu} \frac{N-1}{N^2} \right) \Rightarrow$$

$$PLL = F_1 \left(\sum_1^{Nu} \frac{N}{N^2} - \sum_2^{Nu} \frac{N-1}{N^2} \right) \Rightarrow$$

$$PLL = F_1 \left(1 + \sum_2^{Nu} \frac{N-N+1}{N^2} \right)$$

Τελικά,

$$PLL = F_1 \sum_1^{Nu} \frac{1}{N^2}$$

Όμως αποδεικνύεται³⁰ ότι η $\sum_1^{N_{max}} \frac{1}{N^2}$ για $N_u \rightarrow \infty$ συγκλίνει (περίπου στο 1,6449)

Αυτό σημαίνει ότι για όριο με κλίση -2 το PLL έχει φραγμένο πεδίο τιμών, δηλαδή δεν μεγαλώνει συνεχώς μαζί με το N_u αλλά τείνει προς μια συγκεκριμένη σταθερή τιμή.

Στην ειδική περίπτωση του ορίου όπως ορίζεται από τον Skjong τα παραπάνω σημαίνουν ότι για κλίση -2 σε κάθε PLL_A για $N_u \rightarrow \infty$, αντιστοιχεί μία και μοναδική τιμή για την ανώτατη αποδεκτή συχνότητα θανατηφόρου ατυχήματος.

Προς υπεράσπιση της κλίσης -1 ο Ditlevsen αντιτείνει πως σε ρεαλιστικές εφαρμογές το N_u ποτέ δεν θα τείνει στο άπειρο αλλά θα λαμβάνει μια συγκεκριμένη τιμή. Συνεπώς το πρόβλημα του απειρισμού του μέγιστου αποδεκτού PLL είναι πρακτικά ανύπαρκτο.

Παρ' όλα αυτά ακόμα και για σχετικά μικρές τιμές του N παρατηρούμε τα εξής. Αρχικά υπολογίζουμε τα αθροίσματα κάθε σειράς για κλίση -1 και -2 αντίστοιχα. Στη συνέχεια χαράσσουμε τις προκύπτουσες καμπύλες λαμβάνοντας σταθερό PLL_A ίσο με 0.0003 νεκροί ανά έτος και πλοίο (η επιλογή της τιμής είναι εντελώς τυχαία).

Για κλίση -1 :

$$N_u = 30: \quad \sum_1^{30} \frac{1}{N} = 3,99487, \quad F_I = 7,50941 \cdot 10^{-5}$$

³⁰ Γιάννης Γκαρούτσος, *Μαθηματική Ανάλυση, Τεύχος II*, σελ. 24, Άσκηση 5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

$$N_u=100: \sum_1^{100} \frac{1}{N} = 5,18738, \quad F_I = 5,78 \cdot 10^{-5}$$

$$N_u=300: \sum_1^{300} \frac{1}{N} = 6,282664, \quad F_I = 4,77504 \cdot 10^{-5}$$

$$N_u=3000: \sum_1^{3000} \frac{1}{N} = 8,58375, \quad F_I = 3,49498 \cdot 10^{-5}$$

Αντίστοιχα για κλίση -2 :

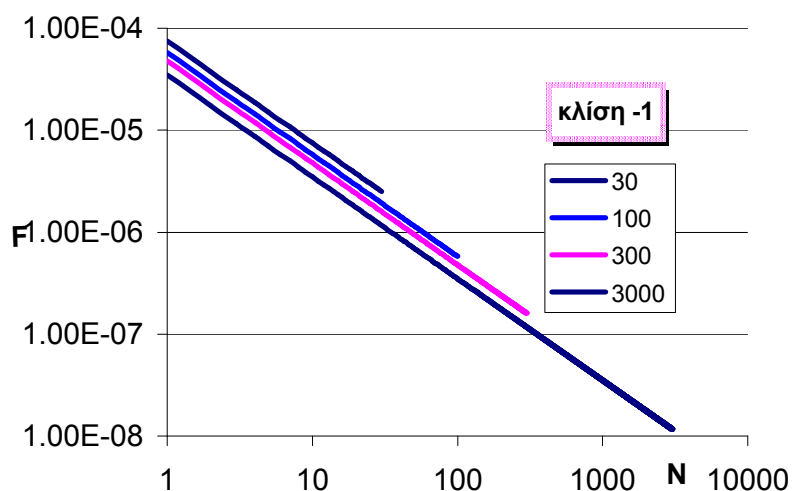
$$N_u=30: \sum_1^{30} \frac{1}{N^2} = 1,61215, \quad F_I = 1,86087 \cdot 10^{-4}$$

$$N_u=100: \sum_1^{100} \frac{1}{N^2} = 1,634984, \quad F_I = 1,83488 \cdot 10^{-4}$$

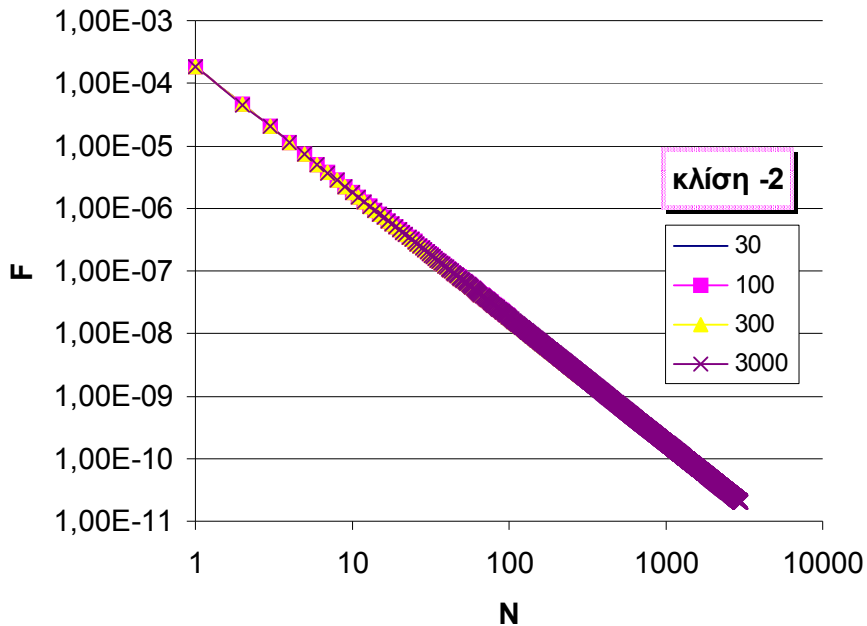
$$N_u=300: \sum_1^{300} \frac{1}{N^2} = 1,641606, \quad F_I = 1,82748 \cdot 10^{-4}$$

$$N_u=3000: \sum_1^{3000} \frac{1}{N^2} = 1,646, \quad F_I = 1,82415 \cdot 10^{-4}$$

Παρατηρούμε ότι η μεταβολή της F_I καθώς αυξάνεται το N_u για κλίση του ορίου -2 είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με την αντίστοιχη για κλίση -1 . Αυτό παρουσιάζεται εποπτικά με τα παρακάτω διαγράμματα.



Σχήμα 66. Μεταβολή F_I συναρτήσει του N_{max} για κλίση -1



Σχήμα 67. Μεταβολή F_I συναρτήσει του N_{max} για κλίση -2

Είναι εμφανές ότι, για κλίση -1 καθώς αυξάνεται το N_u αλλάζει η σχετική θέση της ευθείας-ορίου (αφού αλλάζει η τιμή της F_I), ενώ για κλίση -2 η ευθεία παραμένει πρακτικά σταθερή ανεξάρτητα από την τιμή που παίρνει το N_u . Παρατηρούμε επίσης ότι τα N_u που χρησιμοποιήσαμε δεν τείνουν στο άπειρο (δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλοι αριθμοί) και μάλιστα δεν βρίσκονται και πολύ έξω από τα μεγέθη των θαλάσσιων μεταφορών. Με αυτό θέλουμε να κάνουμε σαφές ότι η προβληματική συμπεριφορά της κλίσης -1 δεν ξεκινάει σε κάποια δυσθεώρητα μεγάλα N_u αλλά αντίθετα για N_u που θα μπορούσαμε να συναντήσουμε σε πολλές πρακτικές εφαρμογές.

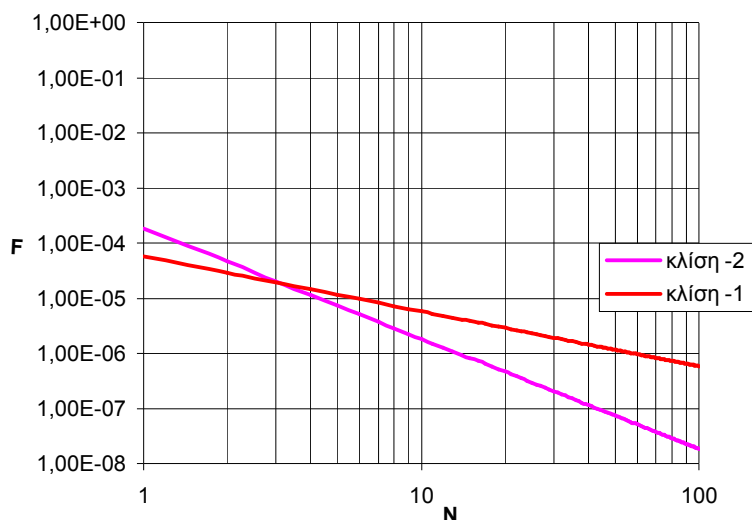
Καθώς ο Skjong ορίζει ως N_u τον μέγιστο αριθμό επιβατών (ή πληρώματος) ενός πλοίου τα παραπάνω σημαίνουν ότι για κάθε νέο πλοίο που θα προστίθεται στο στόλο με χωρητικότητα μεγαλύτερη από N_u τα όρια (εφ' όσον επιλεγεί κλίση -1) θα πρέπει κανονικά να αλλάζουν. Βέβαια κάποιος θα αντέτεινε ότι ανά κατηγορία πλοίων δύσκολα θα προέκυπταν δραματικές αλλαγές στον αριθμό των επιβαινόντων που έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει κάποιο πλοίο. Για παράδειγμα αν το N_u για bulk carrier είναι 40, δύσκολα θα γίνει 100. Ωστόσο το γεγονός ότι ο μαθηματικός ορισμός του ορίου έχει κενά, θα παραμένει.

Μια «παράπλευρη» παρατήρηση πάνω στην κλίση των ορίων από τις παραπάνω καμπύλες είναι ότι για τα ίδια PLL και N_u η κλίση -1 δίνει μικρότερες F_I , επιτρέπει δηλαδή μικρότερο αριθμό θανατηφόρων ατυχημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Ο Skjong το αναφέρει αυτό ως απόδειξη ότι τα όρια με κλίση -1 δεν αποτυπώνουν μεν αποστροφή προς μεγάλα ατυχήματα (*disaster aversion*) εκφράζουν ωστόσο αποστροφή προς το ρίσκο ατυχήματος γενικά (κάνοντας την πρόσθετη παρατήρηση ότι η πλειονότητα των ατυχημάτων είναι μικρά σχετικά και συνεπώς μεγάλη συνεισφορά στο συνολικό PLL προέρχεται από αυτά τα μικρά ατυχήματα).

Στο διάγραμμα που ακολουθεί σχεδιάσαμε τα όρια για κλίσεις -1 και -2 αντίστοιχα για $PLL = 0,0003$ όπως και προηγουμένως και $N_u = 100$.



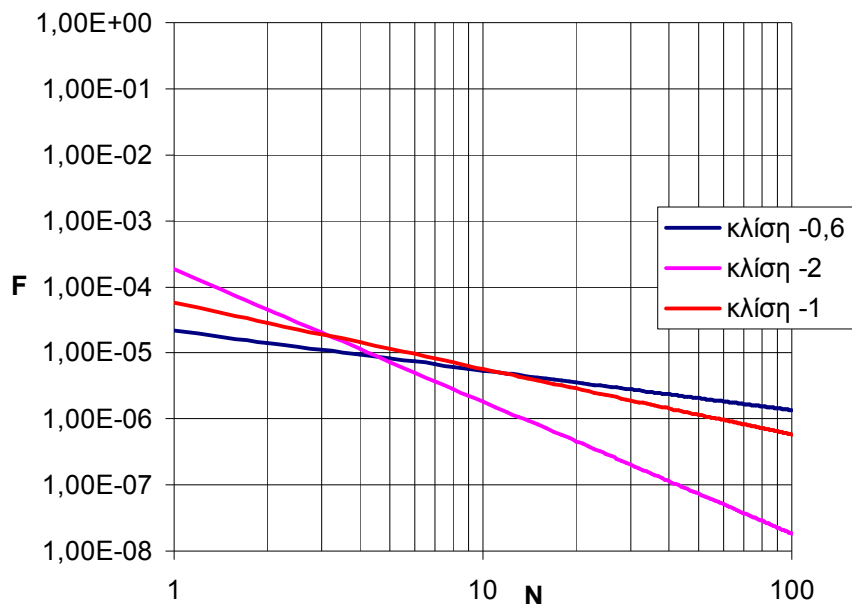
Σχήμα 68. Χάραξη ορίων με κλίσεις -1 και -2 για κοινό οριακό PLL

Εμείς επί των παραπάνω σημειώνουμε τα εξής:

- Αρχικά στην παράγραφο 11.2.1.3 συζητήσαμε ότι η κλίση -1 εκφράζει αποστροφή προς αυξανόμενο αριθμό νεκρών ανά ατύχημα, ακριβώς όπως και η κλίση -2 . Μεροληπτεί δηλαδή υπέρ ατυχημάτων με μικρό μέγεθος έναντι ατυχημάτων με μεγάλο μέγεθος.
- Το επιχείρημα ότι στην πράξη, τα μικρά σχετικά ατυχήματα έχουν μεγαλύτερη συνεισφορά στο PLL σε σχέση με μεγαλύτερα ατυχήματα, αν και έχει κάποια βάση δεν μπορεί να γίνει καθολικά αποδεκτό. Για παράδειγμα δύσκολα θα ίσχυε στις αεροπορικές μεταφορές, όπου εάν συμβεί ατύχημα ο αριθμός των νεκρών συνήθως θα είναι μεγάλος. Σε κάθε περίπτωση όμως, βλέπουμε και από το παραπάνω διάγραμμα ότι το όριο με κλίση -2 βρίσκεται πάνω από το αντίστοιχο με κλίση -1 μέχρι περίπου $N = 3,5$, δηλαδή για ατυχήματα με 3,5 ή περισσότερους νεκρούς η κλίση -2 είναι πιο αυστηρή. Όμως το 3,5 σε καμία περίπτωση δεν αποτελεί ένα σπάνια μεγάλο μέγεθος ατυχήματος, ώστε να αποτελεί επαρκή λόγο για να προτιμήσουμε την κλίση -1 .
- Έστω, ότι δεχόμαστε το επιχείρημα ότι η κλίση -1 δίνει μικρότερες F_I ως επαρκές για να την προτιμήσουμε σε σχέση με την -2 . Όμως αν αυτό είναι το

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

κριτήριο μας για την επιλογή της κλίσης, γιατί να μη διαλέξουμε κλίση ίση με $-0,6$ για παράδειγμα; Θα έδινε ακόμα μικρότερο F_1 όπως δείχνει και το ακόλουθο διάγραμμα



Σχήμα 69. Χάραξη ορίων με κλίσεις $-0,6$, -1 και -2 για κοινό οριακό PLL

Εάν N συνεχής μεταβλητή

Στα προηγούμενα μελετήσαμε τη συμπεριφορά του Κριτηρίου που προτείνει ο Skjong (αλλά και γενικότερα των Κριτηρίων με κλίσεις -1 και -2) θεωρώντας ότι η μεταβλητή N είναι διακριτή.

Για λόγους πληρότητας αλλά και ουσίας (έχουμε ήδη αναφερθεί στο γεγονός ότι είναι ορθότερο να θεωρούμε την N συνεχή) θα εξετάσουμε τώρα την περίπτωση όπου η N είναι συνεχής.

Για κλίση -1 :

Θα είναι,

$$PLL = \int_1^{N_{max}} \frac{F_1}{N} \cdot dN$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου

Το οποίο εκτελώντας τις πράξεις θα δώσει,

$$PLL = F_1 (\ln N_{max} - \ln 1) = F_1 \cdot \ln N_{max}$$

Προφανώς για $N_{max} \rightarrow \infty$ το PLL τείνει και αυτό στο άπειρο. Κατά συνέπεια, όπως ήταν εξάλλου αναμενόμενο, η κλίση -1 δεν περιορίζει το PLL ούτε στην περίπτωση που η N είναι συνεχής.

Για κλίση -2 :

$$PLL = \int_1^{N_{max}} \frac{F_1}{N^2} \cdot dN$$

Μετά τις πράξεις,

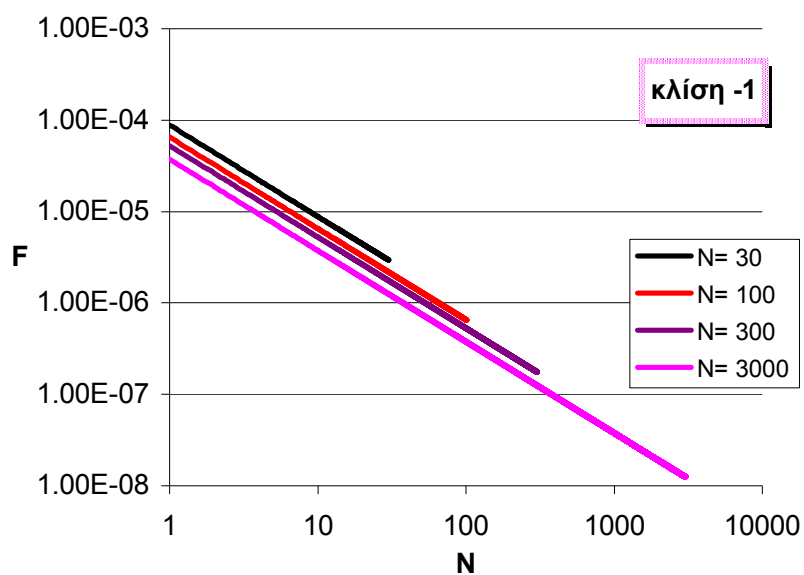
$$PLL = F_1 \cdot \left(1 - \frac{1}{N_{max}} \right)$$

Όμως για $N_{max} \rightarrow \infty$, το $\frac{1}{N_{max}} \rightarrow 0$ οπότε ισχύει ότι,

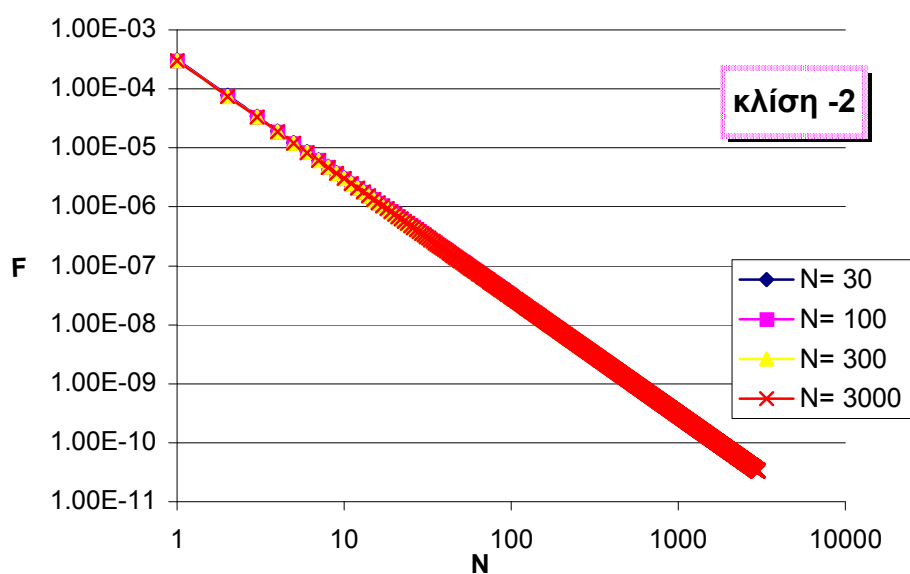
$$N_{max} \rightarrow \infty \Rightarrow PLL = F_1$$

Το οριακό PLL δηλαδή καθώς το N τείνει στο άπειρο λαμβάνει σταθερή τιμή και μάλιστα ίση με την F_1 !!!

Με τα ίδια δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε και πριν λαμβάνουμε τα ακόλουθα διαγράμματα.



Σχήμα 70. Μεταβολή F_1 συναρτήσει του N_{max} για κλίση -1 (N συνεχής μεταβλητή)



Σχήμα 71. Μεταβολή F_1 συναρτήσει του N_{max} για κλίση -2 (N συνεχής μεταβλητή)

Κεφάλαιο 12. Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου - Ένα παράδειγμα για το Κοινωνικό Ρίσκο

Στα επόμενα θα εξετάσουμε στην πράξη την παραγωγή *Κριτηρίων Ρίσκου* από τη μηχανική της σκοπιά, χωρίς να ασχοληθούμε δηλαδή με την οικονομική πλευρά του ζητήματος (αν και τα όποια συμπεράσματα μπορούν να χρησιμεύσουν και στον προσδιορισμό της ALARP, και κατά συνέπεια έμμεσα θα συνδέονται και με την οικονομοτεχνική αντιμετώπιση του προβλήματος). Η τάση σε γενικές γραμμές είναι τα κριτήρια αυτά να αφορούν στην κοινωνική διάσταση του ρίσκου και κατά συνέπεια η μεθοδολογία που θα αναπτύξουμε αφορά ειδικότερα σε *Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου*.

Από όσα έχουμε αναφέρει μέχρι στιγμής είναι φανερό ότι το κύριο (αν και σίγουρα όχι το μόνο) εργαλείο για την παραγωγή τέτοιων κριτηρίων είναι οι καμπύλες *F-N*. Έχουμε ήδη συζητήσει τόσο για τη φύση τους όσο και για τον τρόπο κατασκευής τους, ωστόσο τώρα θα δοκιμάσουμε να εφαρμόσουμε τα όσα είπαμε και να δημιουργήσουμε *Κριτήρια Ρίσκου* βασισμένα σε μια καμπύλη *F-N*. Με αυτό τον τρόπο φιλοδοξούμε να αναδείξουμε και ορισμένες « σκοτεινές » περιοχές στην κατασκευή καμπυλών *F-N*, οι οποίες πολύ συχνά περνούν απαρατήρητες στη σχετική βιβλιογραφία. Για το λόγο αυτό θεωρήσαμε σκόπιμο να χρησιμοποιήσουμε ένα παράδειγμα με πραγματικά δεδομένα σχετικά με τα σιδηροδρομικά ατυχήματα στην Αγγλία από το 1967 έως το 2001 (πηγή HSE)³¹.

12.1 Ορισμός του προβλήματος

Έστω λοιπόν μας δίνεται το εξής πρόβλημα, « παρουσιάστε σε καμπύλες *F-N* το ρίσκο στις σιδηροδρομικές μεταφορές στην Αγγλία κατά τα έτη 1967-2001 και αξιολογήστε το κατά πόσο βρίσκεται εντός των αποδεκτών ορίων για το ρίσκο ».

Αυτό σημαίνει ότι το μοναδικό εργαλείο για την αποτύπωση των στατιστικών στοιχείων αλλά και την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την αποδοχή ή μη της δραστηριότητας, θα είναι οι καμπύλες *F-N*. Παραδοχή καθόλα ρεαλιστική αν σκεφτούμε ότι η πλειοψηφία αναλύσεων ρίσκου στηρίζεται ακριβώς σε αυτές.

12.2 Στατιστικά στοιχεία

Καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε ένα υπαρκτό πρόβλημα και όχι κάποιο θεωρητικό μοντέλο. Κατά συνέπεια υπάρχουν καταγεγραμμένα πραγματικά ατυχήματα, από τα οποία θα αντλήσουμε πραγματικά στατιστικά στοιχεία για την περίοδο 1967-2001.

³¹ Andrew W. Evans, *Transport fatal accidents and F-N curves: 1967-2001, Research Report 073*, HSE BOOKS 2003

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12. Ένα παράδειγμα εφαρμογής Κριτηρίων Κοινωνικού Ρίσκου

Θα αντιπαρέρθουμε την διαδικασία συλλογής των στοιχείων, την ποιότητα τους κλπ., εμπιστευόμενοι τον H.S.E. και καθώς στο παράδειγμα μας δεν μας απασχολεί να καταλήξουμε σε αποτελέσματα αλλά να ρίξουμε φως σε διαδικασίες.

Από τον Evans αντλούμε τα ακόλουθα στοιχεία για τα σιδηροδρομικά ατυχήματα στην Αγγλία από το 1967 έως το 2001.

ΠΙΝΑΚΑΣ 45. Στατιστικά ατυχημάτων για τις σιδηροδρομικές μεταφορές στην Αγγλία (1967- 2001) Πηγή: HSE		
Αριθμός Νεκρών, N	Αριθμός Ατυχημάτων που είχαν ως αποτέλεσμα ακριβώς N νεκρούς.	Αριθμός Ατυχημάτων που είχαν ως αποτέλεσμα N ή παραπάνω νεκρούς.
1	2284	2411
2	78	127
3	16	49
4	9	33
5	6	24
6	3	18
7	3	15
9	2	12
10	2	10
11	1	8
12	1	7
13	1	6
31	2	5
35	1	3
43	1	2
49	1	1
Σύνολο	2411	

12.3 Επεξεργασία στοιχείων

Ο παραπάνω πίνακας είναι ενδεικτικός του υλικού που θα έχουμε στα χέρια μας αν θέλουμε να αξιολογήσουμε το ρίσκο μιας δραστηριότητας στην πράξη. Βέβαια, με τα στοιχεία σε αυτή τη μορφή, δεν μπορούμε να προχωρήσουμε στην κατασκευή καμπυλών $F-N$. Μας ενδιαφέρουν οι συχνότητες F_N και όχι απλά ο αριθμός των ατυχημάτων με N νεκρούς.

Ωστόσο η συχνότητα είναι μέγεθος που στην ανάλυση ρίσκου είναι μάλλον προβληματικό. Αυτό γιατί το μονάδες που θα χρησιμοποιήσουμε ως μέτρο για την αναγωγή μας δεν είναι προκαθορισμένες, ενώ η επιλογή τους καθορίζεται βάσει, όχι μόνο του τι είναι βέλτιστο αλλά και των στοιχείων που έχουμε στη διάθεση μας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12. Ένα παράδειγμα εφαρμογής Κριτηρίων Κοινωνικού Ρίσκου

Σε πρώτη φάση θα ακολουθήσουμε την πρακτική που εφαρμόζει και ο ΗΣΕ, λαμβάνοντας τις συχνότητες ως τον αριθμό ατυχημάτων με N ή παραπάνω νεκρούς *ανά έτος*.

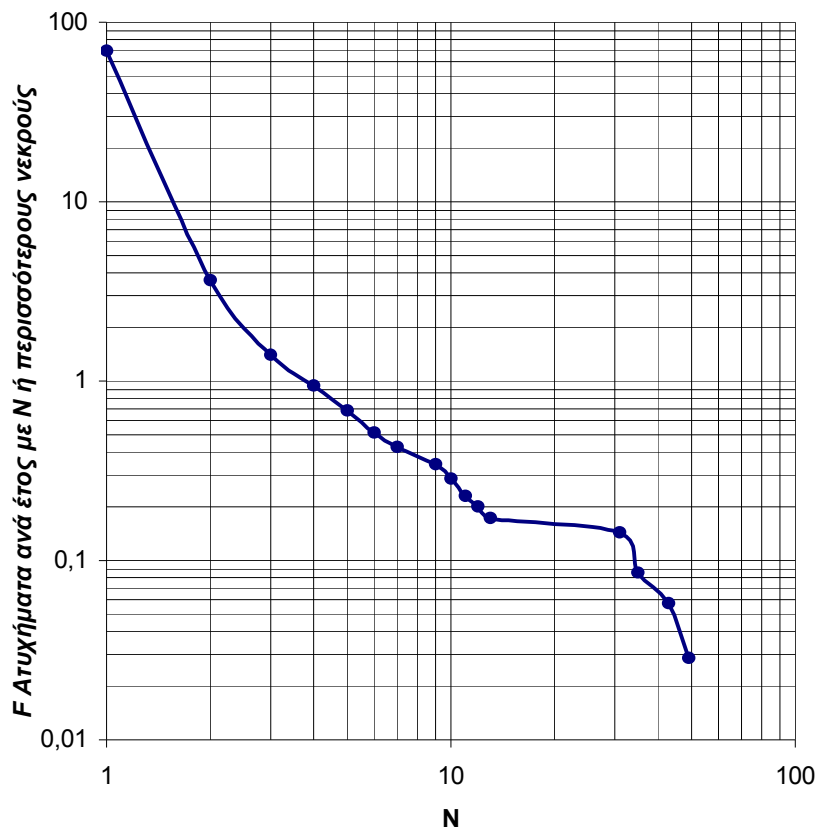
Ανάγοντας τα δεδομένα μας σε συχνότητες και αθροιστικές συχνότητες (διαίρεσαμε τον αριθμό των ατυχημάτων με ακριβώς N και N ή παραπάνω νεκρούς με το 35 που είναι ο αριθμός των ετών από το 1967 έως το 2001) λαμβάνουμε τον ακόλουθο πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 46. Συχνότητες και αθροιστικές συχνότητες εμφάνισης ατυχημάτων ανά έτος		
Αριθμός Νεκρών, N	Συχνότητα Ατυχημάτων που είχαν ως αποτέλεσμα ακριβώς N νεκρούς (f_N)	Συχνότητα Ατυχημάτων που είχαν ως αποτέλεσμα $>N$ νεκρούς (F_N)
1	65,25714	68,88571
2	2,228571	3,628571
3	0,457143	1,4
4	0,257143	0,942857
5	0,171429	0,685714
6	0,085714	0,514286
7	0,085714	0,428571
9	0,057143	0,342857
10	0,057143	0,285714
11	0,028571	0,228571
12	0,028571	0,2
13	0,028571	0,171429
31	0,057143	0,142857
35	0,028571	0,085714
43	0,028571	0,057143
49	0,028571	0,028571

12.4 Χάραξη F-N

Πλέον έχουμε τις συχνότητες f_N καθώς και τις αθροιστικές F_N συναρτήσει του αριθμού των νεκρών N . Κατά συνέπεια μπορούμε να χαράξουμε την αντίστοιχη καμπύλη $F-N$, προσέχοντας ότι οι άξονες των F και N θα πρέπει να είναι σε log-log κλίμακα.

Η καμπύλη που προέκυψε ακολουθεί.



Σχήμα 72. $F-N$ σιδηροδρομικών μεταφορών στην Αγγλία (1967- 2001)

Μερικές πρόχειρες παρατηρήσεις είναι οι εξής. Αρχικά η καμπύλη εμφανίζει μια σαφέστατη τάση για μείωση των συχνοτήτων F_N καθώς το N μεγαλώνει. Αυτό σημαίνει ότι η πλειονότητα των (θανατηφόρων) ατυχημάτων περιλαμβάνουν μικρό αριθμό νεκρών κάτι που, δεδομένης της γενικής αποστροφής των Κριτηρίων Αποδοχής Ρίσκου προς ατυχήματα με μεγάλους αριθμούς νεκρών, είναι σε πρώτη φάση ενθαρρυντικό για το επίπεδο του ρίσκου. Κατά δεύτερον προσοχή χρειάζεται στο γεγονός ότι η συχνότητες στον κατακόρυφο άξονα διαφέρουν ως και 4 τάξεις μεγέθους. Ως εκ τούτου η άποψη που μόλις εκφράσαμε ότι «έχουμε λίγα πολύνεκρα ατυχήματα ανά έτος», θα μπορούσε να αντιστραφεί στο «έχουμε πολλά ατυχήματα ανά έτος με μικρό αριθμό νεκρών». Η πρώτη πρόταση φαίνεται καθησυχαστική ενώ η δεύτερη δυσοίωνη.

Ας επιχειρήσουμε τώρα μια πιο κοντινή ματιά. Παρατηρώντας το διάγραμμα βλέπουμε ότι η F_1 , η συχνότητα δηλαδή να έχουμε έναν ή παραπάνω νεκρούς (η συχνότητα θανατηφόρου ατυχήματος) είναι,

$$F_1 = 68,9 \text{ ατυχήματα ανά έτος}$$

Ωστόσο τι σημαίνει αυτό το νούμερο; Είναι για παράδειγμα υψηλό ή χαμηλό; Σε κάθε περίπτωση μας λέει κάτι πρακτικό για την ασφάλεια των σιδηροδρομικών μεταφορών στην Αγγλία; Προφανώς είναι τελείως διαφορετικό, το να έχουμε 68,9 θανατηφόρα ατυχήματα στα 68,9 σιδηροδρομικά δρομολόγια ανά έτος, και το να έχουμε 68,9

θανατηφόρα ατυχήματα στα 10^6 σιδηροδρομικά δρομολόγια ανά έτος. Εδώ έχουμε πληροφορία μόνο για τα θανατηφόρα ατυχήματα χωρίς καμία συσχέτιση με τον υγιή πληθυσμό του δείγματος που είναι τα δρομολόγια εκείνα τα οποία δεν έδωσαν ατύχημα ή ακόμα έδωσαν ατύχημα χωρίς όμως να υπάρξουν νεκροί.

Ας υπογραμμίσουμε εδώ ότι ο HSE καταλήγει στην ίδια καμπύλη την οποία και εμείς υπολογίσαμε παραπάνω. Αν και στο άρθρο του Evans, από το οποίο αντλήσαμε τα στοιχεία μας, δεν ασκείται κάποια κριτική στην επιλογή της μονάδας μέτρησης για τη συχνότητα F_N , οι Ball και Floyd φαίνεται πως δίνουν μια έστω έμμεση απάντηση.

Παραθέτουμε τα εξής,

« Παρα το γεγονός ότι παρατηρείται μια ολοένα αυξανόμενη τάση για την έκφραση του Κοινωνικού Ρίσκου μέσω καμπυλών πάνω σε διαγράμματα $F-N$, και την εφαρμογή Κριτηρίων Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου σε αυτά, θα πρέπει να τονίσουμε ότι τέτοιες τεχνικές δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται ως έχουσες ιδιαίτερη επιστημονική προέλευση ή ηθική τεκμηρίωση »³².

Σε αυτό προσθέτουμε τα όσα λένε στη συνέχεια για τη χρήση των καμπυλών $F-N$.

« Τα διαγράμματα $F-N$ έχουν τουλάχιστον τρεις χρήσεις,

- *να απεικονίσουν την ιστορική πορεία των ατυχημάτων*
- *να παρουσιάσουν τα αποτελέσματα ποσοτικών Αναλύσεων Ρίσκου*
- *να απεικονίσουν κριτηρία αποδοχής των αποτελεσμάτων μιας ποσοτικής Ανάλυσης Ρίσκου »³³*

Με λίγα λόγια, η κριτική που ασκήσαμε για το κατά πόσο τελικά η $F-N$ που σχεδιάσαμε μας παρέχει πλήρη εικόνα της κατάστασης των σιδηροδρομικών μεταφορών, είναι κάπως άδικη. Αυτό από την άποψη ότι τα διαγράμματα $F-N$ δεν μπορούν να θεωρηθούν αυστηρά μαθηματικά εργαλεία, ενώ δεν μπορούν και να αποτελέσουν από μόνα τους Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου. Το διάγραμμα που δημιουργήσαμε, δεν αποτελεί μεν ένα απόλυτο μέτρο του Κοινωνικού Ρίσκου της συγκεκριμένης δραστηριότητας, απεικονίζει ωστόσο την ιστορική πορεία των σιδηροδρομικών ατυχημάτων κατά τα έτη 1967-2001 και επιπλέον όπως θα δούμε παρακάτω μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την απεικόνιση Κριτηρίων Αποδοχής.

Επι πλέον, αν και η μονάδα μέτρησης ατυχήματα/ έτος όπως ήδη αναφέραμε δεν παρουσίαζε με ακρίβεια την κατάσταση σε κάποια δραστηριότητα, εν τούτοις παρέχει μια αρκετά ρεαλιστική εικόνα ως προς δύο παραμέτρους.

Η πρώτη αφορά στην κλίση της καμπύλης μας. Εάν με κάποιο τρόπο είχαμε πρόσβαση στον ακριβή αριθμό ταξιδιών με τρένο ανά έτος, οι συχνότητες μας θα υπολογίζονταν ως $\frac{\text{ατυχήματα}}{\text{αριθμός δρομολογίων} \times \text{χρόνια}}$, με λίγα λόγια θα ήταν ίδιες με τις συχνότητες που υπολογίσαμε διαιρεμένες όμως με τον αριθμό των δρομολογίων.

³² David J Ball, Peter J Floyd, *Societal Risks, Final Report*, HSE σελ. xi

³³ David J Ball, Peter J Floyd, *Societal Risks, Final Report*, HSE σελ. 18

Κατά συνέπεια θα υπήρχε μεν διαφοροποίηση στις τιμές των F_N , η μορφή (ουσιαστικά η κλίση) της καμπύλης μας ωστόσο, θα παρέμενε σταθερή.

Η δεύτερη παράμετρος κατά κάποιο τρόπο συμπληρώνει την πρώτη. Αν και η επιστημονική ορθότητα αυτής της πρακτικής αμφισβητείται, οι καμπύλες $F-N$ χρησιμοποιούνται πολλές φορές ως μέτρο σύγκρισης δραστηριοτήτων που εμφανίζουν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό κάποια κοινά χαρακτηριστικά. Έτσι, για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να συγκρίνουμε την καμπύλη μας με την αντίστοιχη για τις σιδηροδρομικές μεταφορές στην Γαλλία, χωρίς ο προβληματικός ορισμός των συχνοτήτων να αλλοιώνει τα αποτελέσματα (με την προϋπόθεση βέβαια, οι συχνότητες να είναι ορισμένες κατά τον ίδιο τρόπο)³⁴.

Συμπερασματικά, ενώ οι καμπύλες $F-N$ εμφανίζουν κάποιες ανεπάρκειες στο θεωρητικό τους υπόβαθρο, αποτελούν ταυτόχρονα ένα πολύ αποτελεσματικό μέσο απεικόνισης αλλά και σύγκρισης στατιστικών στοιχείων.

12.5 Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου- Χάραξη Ορίων

Έστω λοιπόν ότι μελετώντας τη δραστηριότητα «Σιδηροδρομικές μεταφορές στην Αγγλία», καταλήγουμε στην καμπύλη $F-N$ του Σχήματος 72. Το επόμενο βήμα θα είναι να ελέγξουμε αν και κατά πόσο η δραστηριότητα αυτή βρίσκεται εντός των αποδεκτών ορίων ρίσκου.

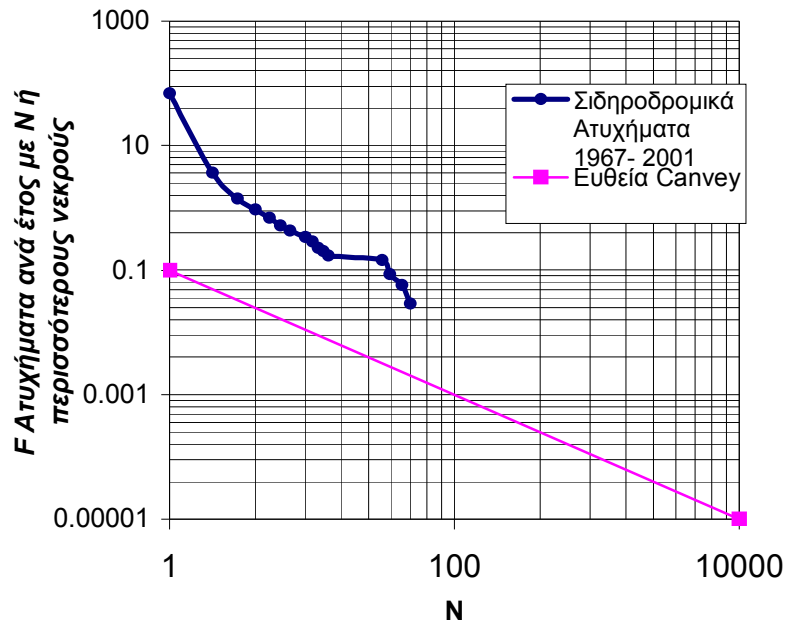
Έχουμε ήδη συζητήσει για τις διάφορες μεθόδους που έχουμε στα χέρια μας προκειμένου να θεσπίσουμε *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου*. Θα προσπεράσουμε τα *Κριτήρια* που προτείνει ο Skjong και τα οποία έχουν οικονομικό προσανατολισμό, αν μη τι άλλο γιατί το υπό εξέταση παράδειγμά είναι πολύ συγκεκριμένο και δεν έχουμε τα απαραίτητα στοιχεία. Θα αρκεστούμε κατά συνέπεια στην σύγκριση της καμπύλης μας με *Κριτήρια* που προέρχονται από *κομβικά σημεία* αλλά και από την πιο θεωρητική ανάλυση του Vrijling. Σε κάθε περίπτωση θέλουμε τα όρια μας να αποτυπώνονται πάνω στην καμπύλη $F-N$ ως ευθείες. Εάν η καμπύλη που περιγράφει τη δραστηριότητα μας βρίσκεται πάνω από την ευθεία-όριο η δραστηριότητα μας εμφανίζει μεγαλύτερο ρίσκο απ' αυτό που είμαστε διατεθειμένοι να δεχτούμε.

³⁴ Τονίζεται πάντως ότι τέτοιες συγκρίσεις έχουν περιορισμένη εφαρμογή. Μπορούμε να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα μόνο στην περίπτωση που οι καμπύλες από δύο δραστηριότητες δεν τέμνονται, με λίγα λόγια όταν η μία βρίσκεται σε κάθε σημείο της πιο πάνω ή πιο κάτω από την άλλη. Σε αυτή την περίπτωση, προφανώς η καμπύλη που βρίσκεται ψηλότερα συνεπάγεται και την πιο επικίνδυνη ατυχηματική συμπεριφορά. Στην περίπτωση που τέμνονται οι καμπύλες θα δούμε (παρ. 13.1) ότι δεν είναι καθόλου εύκολο να εξαχθεί κάποιο συμπέρασμα.

12.5.1 Ασφάλεια Σιδηροδρομικών Μεταφορών ως προς την ευθεία Canvey

Έχουμε ήδη συζητήσει για την έννοια των κομβικών σημείων ως *Κριτηρίων Ρίσκου* και για το πώς αυτά μετασχηματίζονται σε ευθείες- άνω όρια του *Αποδεκτού Ρίσκου*.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί έχουμε την ευκαιρία δούμε τη συμπεριφορά της καμπύλης μας σε σχέση με αυτό που ορίζει ως, *Αποδεκτό Ρίσκο* η ευθεία Canvey.



Σχήμα 73. Σύγκριση $F-N$ με την ευθεία Canvey

Παρατηρώντας τη σχετική θέση του *Κριτηρίου* και της καμπύλης μας, είναι εμφανές ότι η καμπύλη βρίσκεται αισθητά υψηλότερα από το *Άνω Όριο* που ορίζει η ευθεία Canvey. Σημαίνει όμως αυτό κατ' ανάγκη, ότι το ρίσκο των Σιδηροδρομικών Μεταφορών είναι απαράδεκτα υψηλό;

Ο ίδιος ο Evans απαντάει τα εξής:

« πρέπει να τονίσουμε ότι », το Κριτήριο που απεικονίζεται στο σχήμα, προτάθηκε, « για μεμονωμένες βιομηχανικές εγκαταστάσεις υψηλής επικινδυνότητας, όπως πυρηνικά ή χημικά εργοστάσια, και όχι για βιομηχανίες σε εθνικό επίπεδο ή εθνικά συστήματα μεταφορών. Τέτοια Κριτήρια δεν έχουν προταθεί ακόμα ».

Για να συνεχίσει πιο κατηγορηματικά, δηλώνοντας ότι δεν πιστεύει πως,

« οποιοδήποτε συμπέρασμα μπορεί να εξαχθεί από τη σχετική θέση των καμπυλών $F-N$ του σχήματος και των ευθειών των κριτηρίων³⁵ ».

Από τα παραπάνω συνάγεται πως η μη συμμόρφωση της καμπύλης μας με το Κριτήριο Canvey, έχει να κάνει μάλλον, με την αδυναμία του κριτηρίου να δώσει λογικά αποτελέσματα για τέτοιου τύπου δραστηριότητες, παρά με το μέγεθος του ρίσκου των σιδηροδρομικών μεταφορών.

12.5.2 Άλλες προσεγγίσεις Κριτηρίων Ρίσκου

Ανεξάρτητα από τους λόγους για τους οποίους απέτυχε η σύγκριση της $F-N$ με την ευθεία Canvey, το γεγονός παραμένει ότι έχουμε μπροστά μας μια καμπύλη που προσφέρει μεν μια εποπτική ματιά στην ιστορία των ατυχημάτων, δεν μας λέει όμως τίποτα πρακτικό για το ρίσκο που ενέχει η δραστηριότητα πίσω από την καμπύλη.

Θα δοκιμάσουμε έτσι να εφαρμόσουμε και άλλα Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου, με την ελπίδα αυτή τη φορά θα πάρουμε ρεαλιστικότερα αποτελέσματα.

Έχουμε ήδη αναφερθεί στο Κριτήριο που πρότεινε ο Vrijling το 1995 και το οποίο παρίσταται ως,

$$E_N + k \cdot \sigma(N) \leq \beta_i \cdot 100$$

όπου,

$E(N)$ ο αναμενόμενος αριθμός θανάτων

$\sigma(N)$ την τυπική απόκλιση τη συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας του αριθμού θανάτων

k δείκτης αποστροφής ρίσκου

β_i δείκτης η τιμή του οποίου μεταβάλλεται ανάλογα με το αν το υποκείμενο τον κίνδυνο άτομο βρίσκεται σε αυτή τη θέση με ή παρά τη θέληση του.

Θα δούμε ότι τα στοιχεία που έχουμε στη διάθεση μας δεν είναι επαρκή για τον υπολογισμό της παραπάνω σχέσης. Αρχικά υπολογίζουμε το $E(N)$.

Εφ' όσον έχουμε να κάνουμε με διακριτές μεταβλητές θα είναι,

$$E(N) = \sum f_N \cdot N$$

και μετά από πράξεις,

³⁵ Στο άρθρο του ο Evans δημιουργεί τις αντίστοιχες $F-N$, με αυτή του παραδείγματος μας, και για τις οδικές μεταφορές και για τις αερομεταφορές, ενώ σχεδιάζει ως κριτήριο και άλλη μια ευθεία, κατά τα Ολανδικά πρότυπα.

$$E(N) = 81,6 \text{ νεκροί/ έτος}$$

ενώ η διασπορά $Var(N)$ θα είναι,

$$Var(N) = \sum_{N=1}^{\max} (N - m)^2 = \sum_{N=1}^{\max} (N - 81,6)^2$$

Παρατηρούμε όμως ότι εφ' όσον οι μέση τιμή $E(N)$ είναι εκφρασμένη σε μονάδες «νεκροί ανά έτος» η τυπική απόκλιση θα πρέπει και αυτή να εκφράζεται στις ίδιες μονάδες.

Αυτό σημαίνει ότι ο δειγματικός μας χώρος στην πραγματικότητα δεν είναι ατυχήματα αλλά έτη. Κατά συνέπεια ο αριθμός των νεκρών στη σχέση για τη διασπορά δεν θα είναι αυτός του κάθε ατυχήματος αλλά του κάθε έτους. Το γεγονός ότι δεν έχουμε αναλυτικά στοιχεία για τον αριθμό των νεκρών σε κάθε έτος ξεχωριστά, μας απαγορεύει να υπολογίσουμε τη διασπορά γύρω από την τιμή $E(N)$ και κατά προέκταση μας απαγορεύει τη χρήση του Κριτηρίου του Vrijling.

Τα παραπάνω σε πρώτη ανάγνωση δείχνουν προφανώς την ανάγκη για σωστή οργάνωση της στατιστικής πληροφορίας που έχουμε στη διάθεση μας και τον τρόπο που αυτή επηρεάζει τα εξαγόμενα αποτελέσματα. Εάν ο HSE είχε συμπεριλάβει έναν ακόμα πίνακα με την κατανομή των ατυχημάτων ανά έτος το Κριτήριο του Vrijling θα μπορούσε να εφαρμοστεί. Το γεγονός ότι ο πίνακας αυτός δεν δίνεται αυτόματα σημαίνει ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το Κριτήριο.

Σε δεύτερο επίπεδο μπορεί να κάνει κανείς μια παρατήρηση σχετικά με το Κριτήριο του Vrijling και την εφαρμογή του σε στατιστικά στοιχεία. Σε σχέση και με όσα συζητήθηκαν στις παραγράφους 11.2.2.4 και 11.2.2.5, βλέπουμε και στην πράξη ότι στη σχέση του Vrijling δεν υπάρχει πουθενά η έννοια του ατυχήματος. Πράγματι μοντελοποιείται η αβεβαιότητα του μεγέθους «νεκροί ανά έτος» με τη χρήση της διασποράς. Ωστόσο το μέγεθος των ατυχημάτων δε λαμβάνεται πουθενά υπ' όψιν. Η μέση τιμή των νεκρών ανά έτος $E(N)$ μπορεί να έχει προκύψει από ατυχήματα οσοδήποτε μικρά ή μεγάλα. Το ίδιο και η διασπορά. Συνολικά θεωρούμε την υπόθεση ότι το παραπάνω Κριτήριο ενέχει την έννοια της αποστροφής έναντι πολύνεκρων ατυχημάτων ελλιπώς τεκμηριωμένη.

Ας δοκιμάσουμε τώρα να συγκρίνουμε την καμπύλη μας με την ευθεία- κριτήριο που προτείνουν οι Vrijling και Van Gelder για το Κοινωνικό Ρίσκο στην Ολλανδία και η οποία προκύπτει από τη σχέση,

$$F_N(N) \leq \frac{C_i}{N^r}, \text{ για } N \geq 10$$

όπου,

$$C_i = \left[\frac{\beta_i \cdot 100}{k \cdot N_A} \right]^2$$

με τα k, β_i όπως ορίστηκαν προηγουμένως και το N_A να αποτελεί τον «αριθμό των ανεξάρτητων εγκαταστάσεων»³⁶, ή «τοποθεσιών»³⁷

Αν και δεν διευκρινίζεται περαιτέρω η σημασία του N_A , από κάποια παραδείγματα που παραθέτουν οι Vrijling και Van Gelder συμπεραίνει κανείς πως μάλλον πρόκειται για τον αριθμό των γεωγραφικά οριοθετημένων περιοχών που αντιμετωπίζουν κάποιον κίνδυνο και τις οποίες επιδιώκουμε να προστατεύσουμε. Για παράδειγμα κατά μήκος μιας διαδρομής όπου διακινείται κάποια επικίνδυνη ουσία, το N_A είναι το σύνολο των οικισμών που βρίσκονται κοντά στη διαδρομή.

Στην εφαρμογή που ενδιαφέρει εμάς, έχουμε να κάνουμε με τον κλάδο των σιδηροδρομικών μεταφορών και μάλιστα με έμφαση στην ασφάλεια των επιβατών. Συνεπώς ο γεωγραφικός χώρος στον οποίο στρέφουμε την προσοχή μας είναι το ίδιο το τρένο. Σε αναλογία με τα όσα είπαμε για τη μεταφορά επικίνδυνων ουσιών το N_A , θα έπρεπε να είναι ίσο με τον αριθμό των τρένων. Ανάλογη πρακτική ακολουθείται και στη ναυτιλία όπου χρησιμοποιείται ως βάση αναγωγής των συχνοτήτων το σύνολο των πλοίων σε κάποιο χρονικό διάστημα (*shipyyears*).

Ωστόσο αν αυτός είναι και ο βέλτιστος τρόπος για να παρασταθούν οι συχνότητες, μπορεί να είναι αντικείμενο προς συζήτηση.

Ενδεχομένως πιο δόκιμο θα ήταν τεθεί N_A , ο αριθμός των δρομολογίων ανά ημέρα, αφού στην πραγματικότητα δεν ενδιαφέρει να προστατεύσουμε την οντότητα «τρένο», αλλά «ταξίδι με το τρένο». Ωστόσο, αυτό είναι μια απλή εικασία, και επιπροσθέτως η γενίκευση μιας σχέσης που δημιουργήθηκε για συγκεκριμένο σκοπό (ρίσκο που αντιμετωπίζει ένας πληθυσμός από κάποια βιομηχανική δραστηριότητα), ώστε να καλύπτει ευρύτερες ανάγκες μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητικά αποτελέσματα.

Σε κάθε περίπτωση, για να επιστρέψουμε στο παράδειγμά μας, δεν έχουμε πρόσβαση ούτε στον αριθμό των τρένων, ούτε των δρομολογίων (το δεύτερο, ήδη συζητήσαμε ότι αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για την περίπτωση που εξετάζουμε γενικότερα). Πρέπει να αναζητηθούν λοιπόν άλλοι τρόποι για την χάραξη των ορίων της $F-N$.

Ο Evans προτείνει μια σχέση της γενικής μορφής,

$$F_N(N) \leq \frac{a}{N^\gamma}$$

³⁶ J.K. Vrijling, van Gelder

³⁷ S.I. Suddle, 'A logarithmic approach for individual risk: the safety-index', 2003

χωρίς περιορισμούς ως προς το μέγεθος του N και με το α σταθερά (χωρίς ωστόσο να δίνει κάποιο στοιχείο ως προς τον υπολογισμό της). Είναι προφανές ότι πρόκειται για την ίδια σχέση που προτείνουν και οι Vrijling και Gelder μόνο που το C_i έχει αντικατασταθεί με ένα ακόμα πιο αόριστο, α . Κατά συνέπεια, με τα υπάρχοντα δεδομένα ούτε αυτή η σχέση δεν θα μπορεί να δώσει κάποιο αποτέλεσμα για το όριο του ρίσκου των σιδηροδρομικών συγκοινωνιών.

Στην Ολλανδία ως *Κριτήριο Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου* σε εθνικό επίπεδο χρησιμοποιείται γενικά η σχέση,

$$F_N(x) \leq \frac{10^{-3}}{x^2}, \text{ για } x \geq 10 \quad (\text{I})$$

που ουσιαστικά είναι η σχέση των Vrijling και Van Gelder,

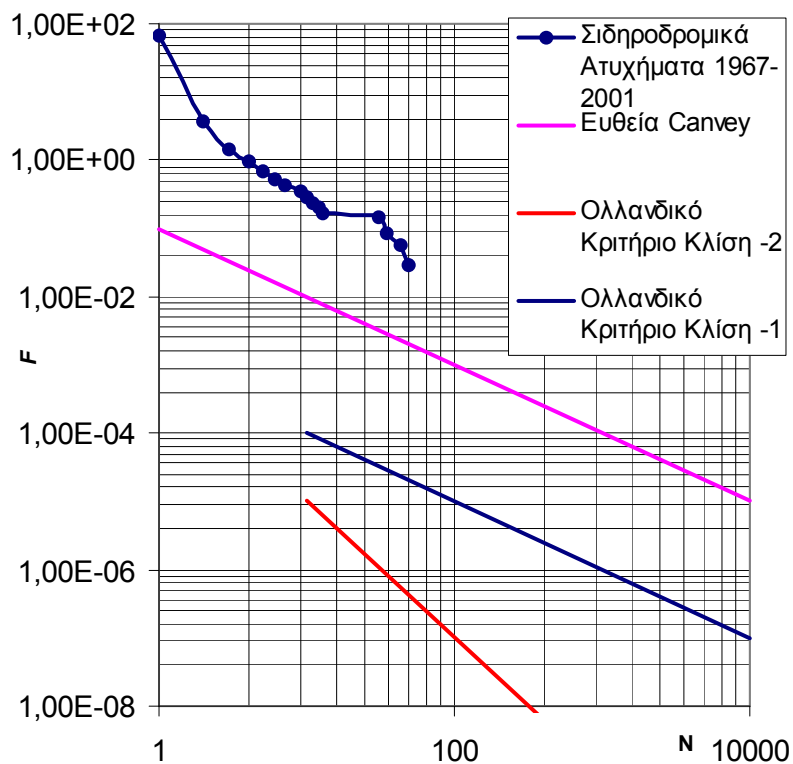
$$F(N) \leq \frac{C_i}{N^\gamma}, \text{ για } N \geq 10 \quad (\text{II})$$

για $\beta_i = 0,03$
 $\kappa = 3$
 $N_A = 1000$
και $\gamma = 2$

Εδώ απαιτείται προσοχή σε τρία σημεία.

- Οι τιμές των β_i , κ , N_A δίνονται από τους Vrijling και Van Gelder, δεν υπάρχει ωστόσο λόγος να θεωρήσουμε ότι είναι και οι μοναδικές δυνατές. Στην πραγματικότητα μια απειρία τιμών των β_i , κ , N_A , με αντικατάσταση στη σχέση I θα δώσει τη σχέση II.
- Ακόμα, το γεγονός πως θα χρησιμοποιηθεί εδώ, η σχέση I ως Κριτήριο για τη δραστηριότητα «σιδηροδρομικές μεταφορές» δεν σημαίνει πως η δραστηριότητα αυτή αντιπροσωπεύεται απ' τις συγκεκριμένες τιμές για τα β_i , κ , N_A , γ . Στόχος είναι απλώς να εξετασθεί η σχετική θέση της δραστηριότητας, σε σχέση με το, επίσημα αποδεκτό, Ολλανδικό Κριτήριο Κοινωνικού Ρίσκου.
- Τέλος τονίζεται ότι αντίθετα από την πρακτική στην Αγγλία, το Ολλανδικό Κριτήριο έχει εφαρμογή για 10 ή περισσότερους νεκρούς και πάνω.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, παρουσιάζεται η σχετική θέση της $F-N$ σε σύγκριση με το Ολλανδικό Κριτήριο το οποίο καταχρηστικά σχεδιάσαμε και για κλίση -1, ενώ διατηρούμε στο διάγραμμα και την ευθεία Canvey την οποία έχουμε ήδη υπολογίσει.



Σχήμα 74. Σύγκριση $F-N$ με ευθεία *Canvey* και κριτήριο *VROM*

Είναι φανερό ότι η $F-N$ είναι αποθαρρυντικά πάνω από το Ολλανδικό όριο (κλίση -2), ενώ ακόμα και για κλίση -1 (που σημαίνει ότι το Κριτήριο μας βρίσκεται πιο κοντά στα Αγγλικά πρότυπα), παραμένει 3 με 4 τάξεις μεγέθους υψηλότερα.

Για άλλη μια φορά όμως τίθεται το ερώτημα. Σημαίνει κάτι αυτό για την υπό εξέταση δραστηριότητα; Από τους Vrijling et al. συμπεραίνει κανείς ότι για να γίνει η σύγκριση μιας $F-N$ με το Ολλανδικό Κριτήριο, η συχνότητα της δεν μπορεί να εκφράζεται απλά ανά έτος αλλά ταυτόχρονα να έχει αναχθεί και στην πραγματική βάση της, εδώ τον αριθμό των κινήσεων (δρομολογίων).

Συνεπώς το να προσπαθήσει κάποιος να συγκρίνει μια $F-N$ μετρημένη σε ατυχήματα έτος, με την ευθεία του κριτηρίου είναι λάθος κατ' αρχήν. Η σύγκριση ανόμοιων πραγμάτων δεν μπορεί να δώσει κανένα αξιόπιστο αποτέλεσμα.

12.5.3 Μια λύση ανάγκης

Το πρόβλημα με τη χρήση κάποιου Κριτηρίου της μορφής,

$$F_N(N) \leq \frac{F_1}{N^\gamma}$$

φαίνεται να είναι το γεγονός ότι δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε την ανώτατη αποδεκτή συχνότητα θανατηφόρου ατυχήματος, F_1 κατά τέτοιο τρόπο ώστε να περιγράψει σωστά την δραστηριότητα που μελετάμε.

Ας δοκιμάσουμε όμως ένα αυθαίρετο συλλογισμό. Έστω ότι η F_1 (της καμπύλης) βρίσκεται ακριβώς στο όριο του αποδεκτού για τη δραστηριότητα. Αυτό σημαίνει ότι το κοινό θεωρεί την πιθανότητα «θανατηφόρο ατύχημα σε ταξίδι με το τρένο», αποδεκτή, θα αντιδρούσε όμως σε πιθανή αύξηση της.

Τίθεται τώρα το ερώτημα, θεωρώντας αυτό δεδομένο, κατά πόσο είναι αποδεκτή η δραστηριότητα, από την άποψη της αποστροφής προς πολύνεκρα ατυχήματα; Θα εξεταστεί δηλαδή η αποδοχή (ή όχι) της δραστηριότητας, πάνω στη βάση ότι η συχνότητα θανατηφόρου ατυχήματος είναι μόλις αποδεκτή.

Μια τέτοια προσέγγιση θα μπορούσε να δικαιολογηθεί από την ακόλουθη λογική. Οι σιδηροδρομικές μεταφορές στην Αγγλία είναι μια υπαρκτή δραστηριότητα για την οποία έχουμε στη διάθεση μας στοιχεία 35 ετών. Αυτό σημαίνει ότι σε γενικές γραμμές, το ρίσκο θανατηφόρου ατυχήματος στην πράξη **θεωρείται αποδεκτό**. Από την άλλη μεριά, το να μεταβεί η δραστηριότητα προς μια δυσμενέστερη κατάσταση (F_1 μεγαλύτερη από την ήδη υφιστάμενη), είναι προφανώς ανεπιθύμητο.

Τα παραπάνω μπορεί να προσφέρουν μια δικαιολόγηση του γιατί επιλέχθηκε η F_1 της καμπύλης $F-N$ να συμπίπτει με την F_1 του *Κριτηρίου*, ωστόσο πρέπει να τονιστεί ότι ως μέθοδος παραμένει αυθαίρετη. Στην βιβλιογραφία είναι ξεκάθαρο πως οι δύο συχνότητες διαφέρουν μεταξύ τους. Η πρώτη αφορά στην πραγματικότητα, ενώ η δεύτερη είναι το αποδεκτό άνω όριο, της συχνότητας θανατηφόρου ατυχήματος της δραστηριότητας. Η ταύτιση τους εδώ, αποτελεί **λύση ανάγκης** και όχι υπόδειγμα καλής πρακτικής.

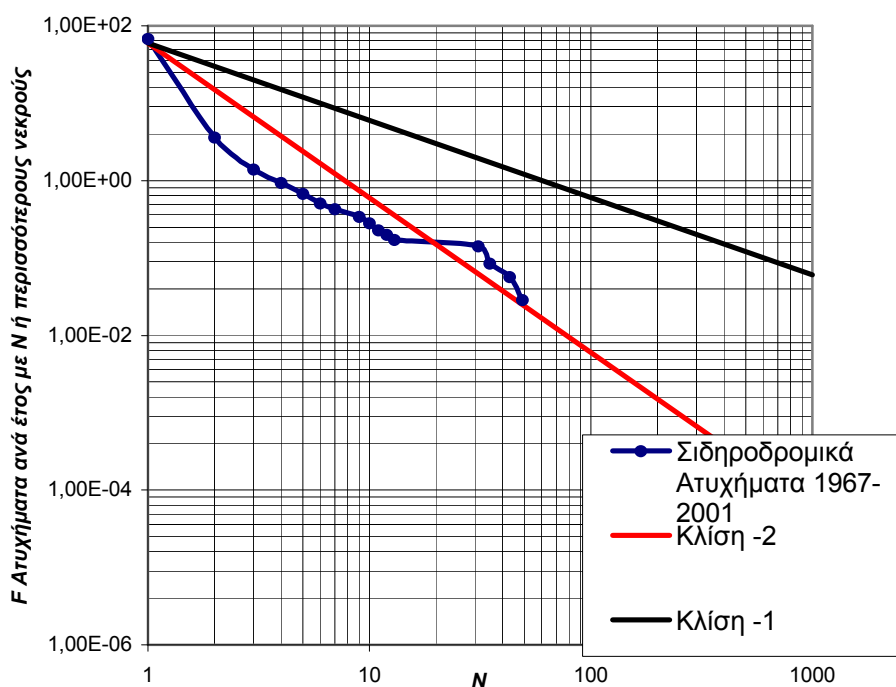
Σύμφωνα με τα προηγούμενα, το Κριτήριο για τη δραστηριότητα θα είναι μια ευθεία της μορφής,

$$F_N(N) \leq \frac{c}{N^\gamma}$$

όπου $c = F_1 = 65,25714$

και το γ ίσο με 1 για «ουδέτερη» αντιμετώπιση προς το ρίσκο και ίσο με 2 για μεγαλύτερη αποστροφή προς το ρίσκο.

Τα αποτελέσματα φαίνονται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



Σχήμα 75. Χάραξη ορίων με την παραδοχή για $F_I = F_I$

Παρατηρούμε ότι για F_I της ευθείας του *Κριτηρίου* ίση με την F_I της δραστηριότητας και κλίση της ευθείας ίση με -1 , η καμπύλη βρίσκεται μέσα στα αποδεκτά όρια σε όλο της το μήκος.

Αντίθετα, αν επιλεγεί μια πιο αυστηρή αντιμετώπιση προς πολύνεκρα ατυχήματα (κλίση -2), η $F-N$ δεν βρίσκεται εντός των αποδεκτών ορίων σε όλο το μήκος της. Συγκεκριμένα, οι αθροιστικές συχνότητες για ατυχήματα των 20 νεκρών και πάνω, προκύπτουν υψηλότερα από την ευθεία του *Κριτηρίου*. Βέβαια στο τέλος της καμπύλης (για $N \geq 49$) διαφαίνεται ότι η τάση είναι η καμπύλη να βρεθεί ξανά εντός του ορίου καθώς το N μεγαλώνει.

Το ερώτημα είναι αν μπορεί να προκύψει κάποιο συμπέρασμα από τα παραπάνω. Η απάντηση, παραδόξως (δεδομένης της επιστημονικής ανακρίβειας της μεθόδου), είναι καταφατική.

Το συμπέρασμα είναι ότι, θεωρώντας την F_I της δραστηριότητας ακριβώς στο όριο, η αποδοχή της για ατυχήματα που περιλαμβάνουν μεγάλους αριθμούς νεκρών εξαρτάται από το Κριτήριο που θα χρησιμοποιηθεί.

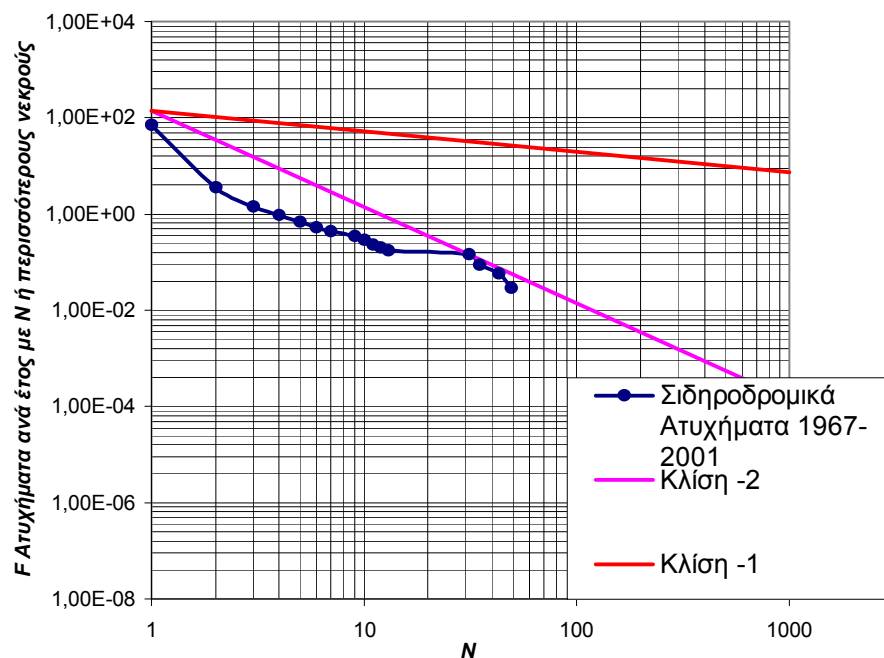
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12. Ένα παράδειγμα εφαρμογής Κριτηρίων Κοινωνικού Ρίσκου

Ακολουθώντας μια «ουδέτερη» αντιμετώπιση προς το ρίσκο, το σύνολο της καμπύλης βρίσκεται εντός του αποδεκτού ορίου. Ωστόσο, στην περίπτωση που εκδηλώνεται μια πιο αυστηρή αντιμετώπιση προς το ρίσκο, η δραστηριότητα βρίσκεται εκτός ορίου για μεγάλα N . Αυτό σημαίνει ότι ενώ ο αριθμός των «θανατηφόρων ατυχημάτων ανά έτος», είναι αποδεκτός, το μέγεθος ορισμένων από αυτά καλεί για άμεση λήψη μέτρων.

Αυτά, εάν η υπόθεση για την F_I είναι σωστή. Στην περίπτωση που η F_I του Κριτηρίου βρίσκεται χαμηλότερα από αυτήν της καμπύλης, η καμπύλη (αν όχι ολόκληρη σίγουρα κάποιο τμήμα της) θα είναι εκτός ορίων για οποιοδήποτε από τα δύο Κριτήρια.

Στην περίπτωση που η F_I βρίσκεται υψηλότερα, για μεν Κριτήριο με κλίση -1 η $F-N$ θα βρίσκεται εντός ορίων, για δε κλίση -2 δεν μπορούμε να εκφέρουμε γνώμη καθώς εξαρτάται από το F_I , το αν τελικά θα είναι μέσα στα όρια ή θα υπάρχει κάποιο τμήμα της που θα βρίσκεται εκτός.

Για να βρίσκεται η δραστηριότητα εντός ορίων ανεξαρτήτως του Κριτηρίου που θα εφαρμόσουμε, η F_I θα έπρεπε να είναι, $F_I \geq 137,2857$ θανατηφόρα ατυχήματα ανά έτος. Σε αυτή την περίπτωση η σχετική θέση καμπύλης- Κριτηρίου φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 76. Υποθετικά όρια ώστε η δραστηριότητα να είναι αποδεκτή για κλίσεις -1 και -2

12.6 Συμπεράσματα

Το παράδειγμα που προηγήθηκε αναδεικνύει την πολυπλοκότητα της *Αποτίμησης* του *Κοινωνικού Ρίσκου* καθώς και της θέσπισης απόλυτων *Κριτηρίων* αποδοχής του. Η δραστηριότητα που εξετάστηκε έδειχνε ότι θα αποτελέσει μια αρκετά απλή εφαρμογή της θεωρίας για το Κοινωνικό Ρίσκο και πιο συγκεκριμένα των καμπυλών *F-N*.

Αυτό γιατί,

- πρώτα απ' όλα είναι μια δραστηριότητα που συνεχίζεται για πολλά χρόνια και έτσι εκ των πραγμάτων γνωρίζουμε ότι είναι πρακτικά αποδεκτή,
- έχουμε στη διάθεση μας αξιόπιστα στατιστικά στοιχεία (τα παρέχει μια επίσημη βρετανική αρχή, ο HSE)
- το εύρος του μεγέθους των ατυχημάτων που καλύπτουν τα στοιχεία μας είναι αρκετά μεγάλο ώστε να αποτελούν ικανοποιητικό στατιστικό δείγμα.
- οι στόχοι που τέθηκαν ήταν εξ' αρχής χαμηλοί, αφού ως μέτρο *Αποτίμησης* του *Κοινωνικού Ρίσκου* καθορίστηκε να είναι οι καμπύλες *F-N*, οι οποίες είναι και το πιο ευρέως διαδεδομένο εργαλείο στη μελέτη του *Κοινωνικού Ρίσκου*.

Παρ' όλα αυτά τα εξαγόμενα αποτελέσματα κάθε άλλο παρα διαφωτιστικά ήταν. Κανένα συμπέρασμα δεν μπορεί να εξαχθεί ως προς το μέγεθος του ρίσκου από τη δραστηριότητα, πολύ περισσότερο δε ως προς την αποδοχή του. Οι αιτίες για αυτήν την αποτυχία μπορούν να συνοψιστούν στα εξής,

- Επιλογή βάσης αναγωγής για τη συχνότητα των ατυχημάτων. Ο ίδιος ο HSE επιλέγει να υπολογίσει τις συχνότητες σε μονάδες $\frac{\text{ατυχήματα}}{\text{έτος}}$, όμως αυτό συζητήσαμε ότι καθιστά δύσκολη τη σύγκριση των στατιστικών στοιχείων με τα υπάρχοντα *Κριτήρια*.
- Έλλειψη *Κριτηρίων Αποδοχής* σχεδιασμένων για ανάλογες δραστηριότητες. Τα περισσότερα έχουν διαμορφωθεί με εφαρμογή στην πυρηνική και χημική βιομηχανία και αδυνατούν να περιγράψουν τις μεταφορές.
- Το Ολλανδικό *Κριτήριο* το οποίο χρησιμοποιείται και στις μεταφορές είναι κατασκευασμένο με γνώμονα πιθανότητες και όχι συχνότητες, συνεπώς και πάλι το γεγονός ότι τα δεδομένα μας είναι εκφρασμένα ως $\frac{\text{ατυχήματα}}{\text{έτος}}$, εμποδίζει τη σύγκριση με αυτό.
- Το *Κριτήριο* του Vrijling,

$$E_N + k \cdot \sigma(N) \leq \beta_i \cdot 100$$

δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί λόγω έλλειψης στατιστικών στοιχείων.

Συνολικά το προηγούμενο παράδειγμα δίνει μια αρκετά ρεαλιστική εικόνα των προβλημάτων που αντιμετωπίζει κανείς προσπαθώντας να εφαρμόσει *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου* στην πράξη. Οι ιδιαιτερότητες της κάθε δραστηριότητας (υπάρχουν κατάλληλα Κριτήρια για την περιγραφή της;), αλλά και η δυσκολία στη συλλογή όλων των στοιχείων που απαιτεί ένα ιδανικό μαθηματικό μοντέλο για να λειτουργήσει, αποδεικνύονται ζητήματα κεφαλαιώδους σημασίας.

Οι κατευθύνσεις που μπορεί να ακολουθήσει κάποιος είναι δύο.

Η μία να αναπροσαρμόσει τα διαθέσιμα *Κριτήρια* (ή να δημιουργήσει καινούρια), ώστε να περιλαμβάνουν με επιτυχία τη συγκεκριμένη δραστηριότητα με τις ιδιαιτερότητες της όσον αφορά τα διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία.

Η δεύτερη να προσπαθήσει να αναπροσαρμόσει τα στοιχεία του ώστε να μπορούν να συγκριθούν με τα ήδη υπάρχοντα *Κριτήρια*.

Κεφάλαιο 13. Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου- Συναρτήσεις μη-χρησιμότητας³⁸

Από τεχνική σκοπιά ίσως θα ήταν σωστότερο να εξετάσουμε τις συναρτήσεις μη-χρησιμότητας ως μέρος της *Εκτίμησης Ρίσκου* και όχι των *Κριτηρίων Αποδοχής*, υπό την έννοια ότι επί της ουσίας αποτελούν περισσότερο μια μέθοδο υπολογισμού του ρίσκου παρά σαφώς καθορισμένα όρια. Ωστόσο για λόγους που θα φανούν στα επόμενα επιλέξαμε να τις παρουσιάσουμε εδώ, και αφού έχουμε ήδη συζητήσει για τους διάφορους τρόπους παραγωγής *Κριτηρίων* καθώς και τις εγγενείς αδυναμίες που παρουσιάζουν.

Μέχρι κάποιο βαθμό οι συναρτήσεις μη-χρησιμότητας δίνουν απαντήσεις στις αδυναμίες αυτές ενώ θα διαφανεί και ότι πολλά από τα μέσα *Εκτίμησης Ρίσκου* που χρησιμοποιήσαμε μέχρι τώρα αποτελούν συγκεκριμένες περιπτώσεις κάποιας οικογένειας συναρτήσεων μη-χρησιμότητας.

13.1 Γενικά για τις συναρτήσεις μη-χρησιμότητας

Παρ' ότι οι καμπύλες $F-N$ αποτελούν το, κατά γενική ομολογία, οικουμενικότερο μέσο *Αποτίμησης Κοινωνικού Ρίσκου* έχουν ορισμένες βασικές αδυναμίες. Η σημαντικότερη από αυτές κατά τον Bedford³⁹ αφορά στην αδυναμία των $F-N$ να συμπεριλάβουν στη μορφή τους την αβεβαιότητα για τα αποτελέσματα που έχουμε στη διάθεση μας.

Για παράδειγμα, έστω ζητείται ένα πιθανοτικό μοντέλο για το ρίσκο κάποιας δραστηριότητας και μετά από υπολογισμούς προκύπτουν οι πιθανότητες να συμβεί ατύχημα με $1, 2, \dots, N$ νεκρούς f_1, f_2, \dots, f_N . Ωστόσο οι τιμές αυτές ενέχουν κάποιο βαθμό αβεβαιότητας.

Με λίγα λόγια, η $F-N$ που θα προκύψει από την ανάλυση αυτών των τιμών δεν θα εκφράζει την πραγματικότητα αλλά μια φανταστική μέση τιμή της πραγματικότητας η οποία όμως μπορεί τελικά να μη συμβεί ποτέ. Κατά συνέπεια μια $F-N$, δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως η μια και μοναδική $F-N$ κάποιας δραστηριότητας αλλά ως η μέση τιμή των πολλών πιθανών $F-N$ που χαρακτηρίζουν τη δραστηριότητα. Η χρήση καμπυλών $F-N$ ως κανονιστικό κριτήριο προϋποθέτει ότι ενσυνείδητα αγνοείται ο βαθμός αβεβαιότητας που από τη φύση τους εμπεριέχουν και επιλέγεται, η όποια απόφαση να βασίζεται σε μια βέλτιστη εκτίμηση της κατάστασης, ακόμα και αν αυτή τελικά απέχει από την πραγματικότητα.

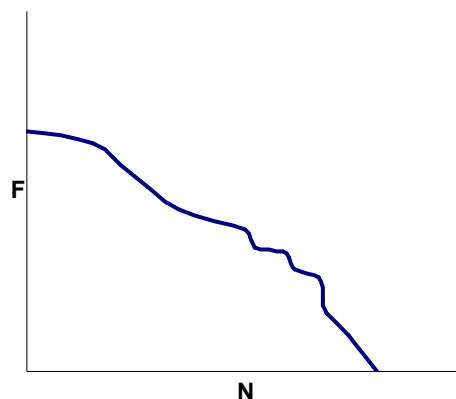
³⁸ Απόδοση του όρου « *disutility function* », ο οποίος χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία κατ' αναλογία με την έννοια των *συναρτήσεων χρησιμότητας*, « *utility functions* »

³⁹ Tim Bedford, “ *Decision making for risk reduction using multi-criteria analysis* ”

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13. Συναρτήσεις μη-χρησιμότητας

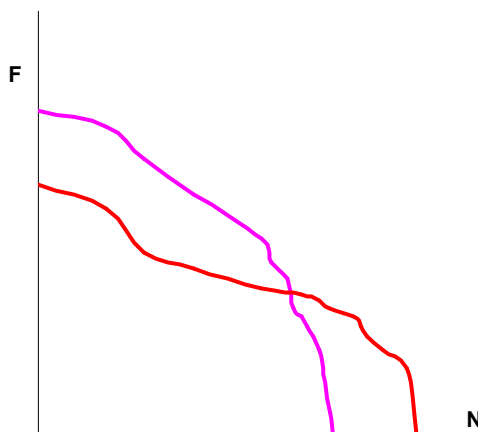
Ακόμα, προβλήματα προκύπτουν και κατά τη σύγκριση καμπυλών $F-N$, είτε αφορούν διαφορετικές είτε την ίδια δραστηριότητα. Στο παράδειγμα που ακολουθεί γίνεται φανερή αυτή η αδυναμία.

Έστω για κάποια δραστηριότητα προκύπτει η ακόλουθη καμπύλη $F-N$.



Σχήμα 77. Καμπύλη $F-N$

Μέσα από κάποια μελέτη προκύπτει ότι μπορούμε να εφαρμόσουμε δύο « πακέτα » μέτρων για μείωση του *Κοινωνικού Ρίσκου* της δραστηριότητας, καθένα από τα οποία δίνει τελικά και μια διαφορετική καμπύλη $F-N$ για τη δραστηριότητα. Οι προκύπτουσες $F-N$ έστω είναι όπως παρακάτω.



Σχήμα 78. Σύγκριση καμπυλών $F-N$

Ωστόσο ποια από τις δύο καμπύλες είναι προτιμότερη; Η μία εμφανίζει μεγαλύτερη συχνότητα ατυχημάτων με μικρούς αριθμούς νεκρών ενώ η άλλη, μεγαλύτερη συχνότητα σε ατυχήματα με μεγάλους αριθμούς νεκρών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13. Συναρτήσεις μη-χρησιμότητας

Η ανάγκη για τη δημιουργία ενός μεγέθους το οποίο θα ευνοεί τη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών καταστάσεων ρίσκου, οδήγησε σε μια προσπάθεια να βρεθεί ένας μοναδικός αριθμός που θα αποτελεί περίληψη του ρίσκου μιας δραστηριότητας. Ο απλούστερος τέτοιος αριθμός είναι ο *προσδοκώμενος αριθμός των νεκρών ανά έτος*, δηλαδή το *PLL*, στο οποίο ήδη έχουμε αναφερθεί εκτενώς. Είναι γνωστό ότι υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση,

$$PLL = \sum_{N=1}^{\max} f_N \cdot N$$

Επιθυμώντας να συμπεριλάβουν μια πιο αυστηρή αντιμετώπιση προς τα ατυχήματα με μεγάλο αριθμό νεκρών οι Wilson (1975) και Okrent (1981), πρότειναν τη σχέση,

$$\sum_{N=1}^{\max} f_N \cdot N^a$$

όπου η τιμή $a=1$ αντιπροσωπεύει ουδέτερη στάση απέναντι στο μέγεθος των ατυχημάτων, ενώ το $a>1$, δηλώνει αποστροφή προς ατυχήματα με μεγάλο αριθμό νεκρών.

Η προηγούμενη σχέση αναφέρεται ως *συνάρτηση μη- χρησιμότητας* ενώ εδώ θα ακολουθηθεί η ονοματοθεσία του Bedford, *συνάρτηση μη- χρησιμότητας*, 'α'. Αυτό προκειμένου να είναι ξεκάθαρη η διάκριση της σε σχέση με άλλες *συναρτήσεις μη-χρησιμότητας*.

Όμως ποια είναι η «φυσική σημασία» των συναρτήσεων μη χρησιμότητας; Ορίζονται σε αντιστοιχία με τις συναρτήσεις χρησιμότητας οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως στη θεωρία αποφάσεων. Στόχος τους είναι η αποτίμηση της ζημιάς που προκύπτει ως αποτέλεσμα κάποιου γεγονότος συναρτήσει, της πιθανότητας να συμβεί αυτό το γεγονός και των συνεπειών που θα έχει. Από αυτή την άποψη το ρίσκο με βάση τον κλασικό του ορισμό ως **πιθανότητα (x) συνέπειες** αποτελεί στην πραγματικότητα μια συνάρτηση μη χρησιμότητας.

Ακόμα, είναι αρκετά προφανές ότι για $a=1$ η *συνάρτηση μη- χρησιμότητας*, 'α', συμπίπτει με το *PLL*, αφού είναι,

$$PLL = \sum f_N \cdot N$$

Μάλιστα, σε σχέση με την κριτική που ασκήσαμε παραπάνω στο *Κριτήριο* των Vrijling et al. παρατηρούμε τα εξής.

Σε απόλυτη συμφωνία με τα όσα αναφέραμε πάνω στο όριο του Vrijling στην παράγραφο 11.2.2.4, είναι φανερό η αδυναμία της παραπάνω σχέσης να συσχετίσει

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13. Συναρτήσεις μη-χρησιμότητας

τα μεγέθη «νεκροί ανά έτος» και «νεκροί ανά ατύχημα». Πρακτικά η σχέση αυτή θεωρεί το σύνολο των νεκρών σε ένα έτος ως αποτέλεσμα ενός και μόνο ατυχήματος.

Ο Bedford αναφέρει ότι,

« η διάκριση μεταξύ μιας κατάστασης με ένα μόνο ατύχημα, και μιας κατά την οποία παραπάνω από ένα ατυχήματα μπορούν να συμβούν είναι θεμελιώδης για τη σωστή ερμηνεία της εξίσωσης μη-χρησιμότητας, 'α', $\sum_{N=1}^{\max} f_N \cdot N^a \gg$ ».

Θεωρεί μάλιστα ότι το πρόβλημα στην ερμηνεία, έγκειται στη διαφορά μεταξύ πιθανότητας και συχνότητας,

« ...η απευθείας χρησιμοποίηση της εξίσωσης μη χρησιμότητας- στην οποία οι συχνότητες παίζουν το ρόλο πιθανοτήτων- δεν ' δουλεύει ', καθώς πολύ απλά δεν είναι πιθανότητες »

Για να κλείσουμε αυτή την παρένθεση κατά τον Bedford λάθος είναι ακόμα και η χρήση κανονικοποιημένων συχνοτήτων (συχνοτήτων δηλαδή που έχουν αναχθεί σε κάποια βάση αναγωγής, πχ. δρομολόγια, επαναλήψεις κλπ.). Μια τέτοια κατανομή θα δίνει την,

« σ.π.π. για τον αριθμό των νεκρών στο επόμενο ατύχημα και όχι τον απόλυτο ρυθμό με τον οποίο τα ατυχήματα συμβαίνουν ».

Τα παραπάνω συνοψίζουν έναν γενικότερο προβληματισμό ως προς τη χρήση και τη σημασία των κυριότερων εργαλείων της *Ανάλυσης Ρίσκου*, σήμερα. Στα επόμενα θα επιχειρήσουμε να κατασκευάσουμε μια *συνάρτηση μη-χρησιμότητας* από την αρχή.

13.2 Κατασκευή

Έστω λοιπόν ζητείται να κατασκευαστεί η *συνάρτηση μη-χρησιμότητας*, $u(i_1, i_2, \dots, i_n)$, όπου i_1, i_2, \dots, i_n ο αριθμός των ατυχημάτων που είχαν ως αποτέλεσμα ακριβώς 1, 2, ..., n θανάτους. Η κατασκευή της συνάρτησης θα πραγματοποιηθεί σε τρία βήματα.

- Αρχικά ορίζουμε τα αποτελέσματα της *συνάρτησης μη-χρησιμότητας* ως το διάνυσμα (i_1, i_2, \dots, i_n) , που αναπαριστά ένα ατύχημα κάθε φορά. Είναι δηλαδή, $(0, 0, \dots, 1, 0, \dots)$.
- Επεκτείνουμε τον ορισμό ώστε να συμπεριλάβει αποτελέσματα (i_1, i_2, \dots, i_n) , τα οποία αποτελούν πολλαπλά συμβάντα ενός και μόνο ατυχηματικού μεγέθους. Θα είναι δηλαδή, ένα και μόνο $i_n = c \neq 0$ με όλα τα υπόλοιπα μηδενικά, $(0, 0, \dots, c, 0, \dots)$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13. Συναρτήσεις μη-χρησιμότητας

- Επεκτείνουμε τον ορισμό ώστε να συμπεριλάβει όλα τα πιθανά αποτελέσματα (i_1, \dots, i_n, \dots)

Βήμα 1^ο

Ζητάμε τη *συνάρτηση μη-χρησιμότητας* ενός ατύχηματος που έχει ως αποτέλεσμα n νεκρούς, υπό την προϋπόθεση ότι μόνο ένα ατύχημα θα συμβεί κατά τη διάρκεια ενός έτους.

Έστω ορθολογικός λήπτης αποφάσεων, ο οποίος βρίσκεται μεταξύ δύο εναλλακτικών,

- 1 ατύχημα με 1 νεκρό και 100% βεβαιότητα
- 0 νεκρούς με πιθανότητα p_1 , ή 1 ατύχημα με 2 νεκρούς και πιθανότητα $1-p_1$

Για κάποιο p_1 ο λήπτης θα θεωρεί τις εναλλακτικές ισοδύναμες, συνεπώς,

$$u(1) = p_1 \cdot u(0) + (1 - p_1) \cdot u(2)$$

υποθέτοντας $u(0) = 0$ και $u(1) = 1$ η παραπάνω σχέση γράφεται,

$$p_1 = 1 - \frac{1}{u(2)}$$

Γενικεύοντας τα παραπάνω, η τιμή της πιθανότητας p_n ώστε να θεωρηθούν ισοδύναμες οι εναλλακτικές,

- 1 ατύχημα με n νεκρούς και 100% βεβαιότητα
 - 1 ατύχημα με $n-1$ νεκρούς με πιθανότητα p_n , ή 1 ατύχημα με $n+1$ νεκρούς με πιθανότητα $1-p_n$
- είναι,

$$p_n = \frac{u(n+1) - u(n)}{u(n+1) - u(n-1)}$$

Βήμα 2^ο

Τώρα θέλουμε τη *συνάρτηση μη-χρησιμότητας*, $κ$ ατυχημάτων κάθε ένα από τα οποία είναι μεγέθους n νεκρών.

Οι εναλλακτικές αυτή τη φορά είναι,

- $κ$ ατυχήματα με n νεκρούς και 100% βεβαιότητα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13. Συναρτήσεις μη-χρησιμότητας

- $\kappa-1$ ατυχήματα με n νεκρούς και πιθανότητα p_k , ή $\kappa+1$ ατυχήματα με n νεκρούς και πιθανότητα $1-p_k$

Για p_k τέτοιο ώστε να θεωρούνται ισοδύναμες οι εναλλακτικές θα είναι,

$$\begin{aligned}u(k) &= p_k \cdot u(k-1) + (1-p_k) \cdot u(k+1) \Rightarrow \\ \Rightarrow p_k &= \frac{u(k+1) - u(k)}{u(k+1) - u(k-1)}\end{aligned}$$

Βήμα 3^ο

Τώρα αναζητούμε την συνάρτηση μη χρησιμότητας σε ολόκληρο τον χώρο,

$$C = \left\{ (i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) : \sum_n i_n < \infty \right\}$$

Ορίζουμε,

$$a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) = \sum_n i_n$$

να είναι ο συνολικός αριθμός ατυχημάτων και θεωρούμε ότι οι συναρτήσεις μη-χρησιμότητας για $(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots)$ με $a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) < k$, είναι γνωστές.

Ορίζουμε το σενάριο για το έτος (0),

$$a(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots) = k$$

που σημαίνει ότι κατά το έτος (0), μπορεί να συμβούν πολλαπλά ατυχήματα οποιουδήποτε μεγέθους n και συνολικού αριθμού k .

Έστω ακόμα ότι τουλάχιστον 2 από τα $(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots)$ είναι μη μηδενικά ώστε το πρόβλημα να μην εκφυλλίζεται στα δεδομένα του προηγούμενου βήματος.

Θεωρούμε τώρα δύο i_n , τέτοια ώστε $i_n^0 \neq 0$, και ονομάζουμε τις αντίστοιχες κατηγορίες ατυχημάτων l_1 και l_2 .

Οι δύο εναλλακτικές είναι,

- ένα λιγότερο ατύχημα από το σενάριο $(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots)$, με ίση πιθανότητα να ανήκει στην κατηγορία l_1 ή στην κατηγορία l_2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13. Συναρτήσεις μη-χρησιμότητας

- ένα λιγότερο ατύχημα σε κάθε μια από τις δύο κατηγορίες με πιθανότητα p , ή το θα συμβεί το σενάριο $(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots)$, με πιθανότητα $1-p$

Από τη στιγμή που για όλα τα σενάρια $(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots)$ με $a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) < k$ οι συναρτήσεις μη χρησιμότητας είναι γνωστές (όπως υποθέσαμε εξ' αρχής) μένει να υπολογιστεί μόνο η *συνάρτηση μη-χρησιμότητας* για $a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) = k$.

Εάν $p = p(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots)$ η πιθανότητα για την οποία οι εναλλακτικές θεωρούνται ισοδύναμες, η *συνάρτηση μη-χρησιμότητας* για το σενάριο θα είναι,

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}u_1 + \frac{1}{2}u_2 &= p \cdot u_{12} + (1-p) \cdot u(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots) \Rightarrow \\ \Rightarrow u(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots) &= \frac{1}{1-p} \cdot \left[\frac{1}{2}u_1 + \frac{1}{2}u_2 - p \cdot u_{12} \right] \end{aligned}$$

όπου

u_1 η *συνάρτηση μη-χρησιμότητας* του σεναρίου $(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots)$ με ένα λιγότερο ατύχημα από την κατηγορία 1

u_2 η *συνάρτηση μη-χρησιμότητας* του σεναρίου $(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots)$ με ένα λιγότερο ατύχημα από την κατηγορία 2

u_{12} η *συνάρτηση μη-χρησιμότητας* του σεναρίου $(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots)$ με ένα λιγότερο ατύχημα από κάθε μία από τις κατηγορίες 1 και 2

$u(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots)$ η *συνάρτηση μη-χρησιμότητας* του σεναρίου $(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots)$

13.3 Απλουστευτικές παραδοχές

- « Η απόφαση του λήπτη των αποφάσεων δεν επηρεάζεται από την κλίμακα μεγέθους των δεδομένων (ατυχημάτων) ».

Βήμα 1^ο

Υποτίθεται όπως πριν, ότι συμβαίνει ένα μόνο ατύχημα μέσα σε ένα έτος το οποίο προκαλεί το σύνολο των νεκρών n για το έτος, και έστω η *συνάρτηση μη-χρησιμότητας* που το αντιπροσωπεύει $u(n)$.

Έστω ακόμα ότι τώρα, η προτίμηση του λήπτη αποφάσεων επικεντρώνεται μεταξύ των εναλλακτικών,

- Ένα μόνο ατύχημα με 10 νεκρούς και 100% βεβαιότητα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13. Συναρτήσεις μη-χρησιμότητας

- Ένα μόνο ατύχημα με 9 νεκρούς και πιθανότητα q , ή ένα μόνο ατύχημα με 11 νεκρούς και πιθανότητα, $1-q$

και ότι η προτίμηση μεταξύ των δύο παραπάνω εναλλακτικών συμπίπτει με την προτίμηση μεταξύ,

- Ενός μόνο ατυχήματος με $10k$ νεκρούς και 100% βεβαιότητα
 - Ενός μόνο ατυχήματος με $9k$ νεκρούς και πιθανότητας q , ή ενός μόνο ατυχήματος με $11k$ νεκρούς και πιθανότητας $1-q$
- όπου $k= 10, 100, 1000\dots$

Οι παραδοχές αυτές υπονοούν ότι η στάση του λήπτη αποφάσεων, παραμένει ανεπηρέαστη από την κλίμακα του ατυχήματος.

Ζητάμε ακόμα από τη συνάρτησή μας να ικανοποιεί τις παραδοχές,

$$u(0)= 0 \text{ και } u(1)= 1$$

Τέτοια οικογένεια συναρτήσεων είναι οι,

$$u(n)= n^a \quad 40$$

όπου το a παίρνει τιμές ανάλογα με το q για το οποίο ο λήπτης αποφάσεων θεωρεί τις εναλλακτικές ισοδύναμες.

Τελικά,

$$u(0, \dots, 0, i_n, 0, \dots) = n^a, \quad \text{για } i_n = 1$$

Βήμα 2^ο

Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία με προηγουμένως. Για μέγεθος ατυχήματος έστω n , η προτίμηση μεταξύ των εναλλακτικών,

- 10 ατυχήματα με μέγεθος n και 100% βεβαιότητα
- 9 ατυχήματα μεγέθους n και πιθανότητα p , ή 11 ατυχήματα μεγέθους n και πιθανότητα $1-p$

είναι ίδια με την προτίμηση μεταξύ,

- $10k$ ατυχημάτων μεγέθους n και 100% βεβαιότητας
 - $9k$ ατυχημάτων μεγέθους n και πιθανότητας p , ή $11k$ ατυχημάτων μεγέθους n και πιθανότητας $1-p$.
- όπου $k= 10, 100, 1000\dots$

⁴⁰ Αφού η συνάρτηση n^a ικανοποιεί τους περιορισμούς, $0^a=0$ και $1^a= 1$ για κάθε a .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13. Συναρτήσεις μη-χρησιμότητας

Υποθέτοντας ότι ο λήπτης είναι το ίδιο αδιάφορος απέναντι στον αριθμό των ατυχημάτων ανεξαρτήτως του μεγέθους τους n , και κατ' αντιστοιχία με όσα εφαρμόσαμε στο προηγούμενο βήμα εισάγουμε την παράμετρο β ως παράγοντα βαρύτητας για τον αριθμό των ατυχημάτων i και τελικά για το Βήμα 2 είναι,

$$u(\theta, \dots, \theta, i_n, \theta, \dots) = n^\alpha \cdot i_n^\beta$$

Ακόμα, εκτελώντας τις πράξεις προκύπτει για την πιθανότητα p ότι,

$$p = \frac{(i_n + 1)^\beta - i_n^\beta}{(i_n + 1)^\beta - (i_n - 1)^\beta}$$

Αποδείχτηκε δηλαδή ανεξάρτητη του μεγέθους του ατυχήματος n .

Εδώ αξίζει να υπογραμμιστεί ότι η παραδοχή αυτή, ενώ φαίνεται αρκετά δικαιολογημένη για μικρά k , όσο το k μεγαλώνει δημιουργούνται αμφιβολίες ως προς την ορθολογιστικότητα της.

Έτσι για $k=100$ στο **Βήμα 1**, η προτίμηση του λήπτη μεταξύ των εναλλακτικών,

- Ένα μόνο ατύχημα με 10 νεκρούς και 100% βεβαιότητα
- Ένα μόνο ατύχημα με 9 νεκρούς και πιθανότητα q , ή ένα μόνο ατύχημα με 11 νεκρούς και πιθανότητα, $1-q$

και,

- Ένα μόνο ατύχημα με 1000 νεκρούς και 100% βεβαιότητα
- Ένα μόνο ατύχημα με 900 νεκρούς και πιθανότητα q , ή ένα μόνο ατύχημα με 1100 νεκρούς και πιθανότητα $1-q$

θα είναι η ίδια.

Είναι προφανές ωστόσο, ότι ένα τέτοιο συμπέρασμα μπορεί να γίνει εύκολα αντικείμενο αμφισβήτησης. Η κατάσταση « 9 νεκροί » μοιάζει αρκετά κοντινή με την κατάσταση « 11 νεκροί », ωστόσο μεταξύ των καταστάσεων « 900 νεκροί » και « 1100 νεκροί », η διαφορά είναι 200 ανθρώπινες ζωές. Τα ίδια μπορούν να ειπωθούν και για τον αριθμό των ατυχημάτων (**Βήμα 2**).

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να είναι ξεκάθαρο ότι η παραπάνω παραδοχή έχει να κάνει περισσότερο με μια συνειδητή επιλογή του κάθε λήπτη αποφάσεων, παρά με μια οικουμενικά αποδεκτή αρχή.

□ « Επάρκεια πληροφοριών για λήψη απόφασης »

Βήμα 3^ο

Θεωρούμε ότι η απόφαση για την επιλογή μεταξύ των δύο εναλλακτικών που εξετάσαμε προηγουμένως, στο Βήμα 3, εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από κάποια συνάρτηση αθροιστική της πληροφορίας που εμπεριέχεται στα δεδομένα.

Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η παραπάνω πρόταση ας σκεφτούμε ότι τα δεδομένα μας περιλαμβάνουν τον αριθμό των ατυχημάτων με αριθμό νεκρών n . Έτσι η γνώση μας γύρω από το ζήτημα ατυχήματα περιλαμβάνει δύο διαστάσεις. Έχουμε δει ότι στην πραγματικότητα η έννοια του ρίσκου δεν είναι διδιάστατη. Ένα πλήθος παραγόντων που έχουν να κάνουν με την αντίληψη του ανθρώπου γι' αυτό μπορεί να επηρεάζουν την τελική του τιμή, όπως δείξαμε και στο Κεφάλαιο 5 όπου συζητήσαμε για το υποκειμενικό ρίσκο. Σε αυτό το σημείο ωστόσο και για να προχωρήσουμε με την ανάλυση μας, θεωρούμε ότι ο χώρος των ατυχημάτων $(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots)$ παρέχει όλη την πληροφορία που χρειαζόμαστε για τον ορισμό της συνάρτησης μη-χρησιμότητας.

Έστω λοιπόν ότι μια συνάρτηση του συνολικού αριθμού των ατυχημάτων,

$$a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) = \sum_n i_n$$

αποτελεί επαρκή ανακεφαλαίωση της πληροφορίας που χρειαζόμαστε για να πάρουμε μια απόφαση,

Επιστρέφοντας τώρα στα δύο εναλλακτικά σενάρια που αντιμετωπίσαμε,

- ένα λιγότερο ατύχημα από το σενάριο $(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots)$, με ίση πιθανότητα να ανήκει στην κατηγορία l_1 ή στην κατηγορία l_2
- ένα λιγότερο ατύχημα σε κάθε μια από τις δύο κατηγορίες με πιθανότητα p , ή θα συμβεί το σενάριο $(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots)$, με πιθανότητα $1-p$

θα υπάρχει p για το οποίο ο λήπτης αποφάσεων τα θεωρεί ισοδύναμα. Είναι,

$$\frac{1}{2}u_1 + \frac{1}{2}u_2 = p \cdot u_{12} + (1-p) \cdot u(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots)$$

και επειδή η συνάρτηση μη-χρησιμότητας εξαρτάται μόνο από το συνολικό αριθμό των ατυχημάτων σε κάθε σενάριο,

$$\begin{aligned}\frac{1}{2}u_1 + \frac{1}{2}u_2 &= \frac{1}{2}[a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) - 1]^\beta + \frac{1}{2}[a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) - 1]^\beta \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{1}{2}u_1 + \frac{1}{2}u_2 &= [a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) - 1]^\beta\end{aligned}$$

και,

$$\begin{aligned}u(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots) &= a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots)^\beta \\ u_{12} &= [a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) - 2]^\beta\end{aligned}$$

(αφού από τη στιγμή που θα έχουμε ένα λιγότερο ατύχημα από την κατηγορία 1 και ένα λιγότερο ατύχημα από την κατηγορία 2 τελικά θα έχουμε δύο λιγότερα ατυχήματα συνολικά, δηλαδή, $[a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) - 2]$ ατυχήματα)

Συνολικά,

$$\begin{aligned}\frac{1}{2}u_1 + \frac{1}{2}u_2 &= p \cdot u_{12} + (1 - p) \cdot u(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots) \Rightarrow \\ \Rightarrow [a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) - 1]^\beta &= p \cdot [a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) - 2]^\beta + (1 - p) \cdot a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots)^\beta\end{aligned}$$

Τέλος, λύνοντας την παραπάνω, η πιθανότητα p θα είναι,

$$p = \frac{a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots)^\beta - [a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) - 1]^\beta}{a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots)^\beta - [a(i_1, i_2, \dots, i_n, \dots) - 2]^\beta}$$

Προκύπτει τελικά ότι η συνάρτηση μη χρησιμότητας εξαρτάται από δύο παραμέτρους.

Η παράμετρος α αναπαριστά το βαθμό της αποστροφής που δείχνει ο λήπτης αποφάσεων απέναντι στο μέγεθος των ατυχημάτων.

Η παράμετρος β αναπαριστά το βαθμό αποστροφής του λήπτη αποφάσεων απέναντι στον συνολικό αριθμό των ατυχημάτων.

Και οι δύο μπορούν να λάβουν οποιαδήποτε θετική τιμή. Ωστόσο δύο ειδικές περιπτώσεις εμφανίζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Για $\beta=1$ και $a \in R^+$,

$$u(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots) = \sum_n n^a \cdot i_n$$

που δεν είναι άλλη από την συνάρτηση μη-χρησιμότητας 'α', για την οποία συζητήσαμε ήδη στα προηγούμενα.

Για $\alpha = \beta = 1$,

$$u(i_1^0, i_2^0, \dots, i_n^0, \dots) = \sum_n n \cdot i_n$$

ώστε η συνάρτηση μη-χρησιμότητας ταυτίζεται απευθείας με τον αναμενόμενο αριθμό θανάτων ανά έτος (PLL).

Ξανά ωστόσο, η παραδοχή ότι ο συνολικός αριθμός των ατυχημάτων αποτελεί επαρκή περίληψη των στοιχείων που έχει ο λήπτης στη διάθεση του μπορεί να αμφισβητηθεί. Η σχολή του υποκειμενικού ρίσκου θα είχε για παράδειγμα να αναφέρει ένα πλήθος παραγόντων πέραν του συνολικού αριθμού ατυχημάτων οι οποίοι επιδρούν στον τελικό προσδιορισμό του ρίσκου μιας δραστηριότητας.

Εξ' άλλου και η υπόθεση ότι το β παραμένει σταθερό ανεξάρτητα από το μέγεθος των ατυχημάτων φαίνεται υπερβολικά απλουστευτική. 10 ατυχήματα με μέγεθος 1 νεκρό δεν έχουν κατ' ανάγκη την ίδια βαρύτητα με 10 ατυχήματα μεγέθους 10 νεκρών.

Η παραπάνω ανάλυση πάνω στην εφαρμογή συναρτήσεων μη-χρησιμότητας στην Ανάλυση Ρίσκου, έχει ιδιαίτερη αξία καθώς επιτρέπει μια πιο διεισδυτική ματιά σε σχέσεις που χρησιμοποιούνται ως Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου χωρίς ωστόσο να είναι φανερό το πως προκύπτουν.

Το PLL, το Risk Integral αλλά και το ίδιο το ρίσκο στην παραδοσιακή του μορφή ως $R = p \times C$, χάνουν την αυτονομία τους και εντάσσονται στο γενικότερο πλαίσιο της θεωρίας αποφάσεων γενικά και των συναρτήσεων μη-χρησιμότητας πιο συγκεκριμένα. Αποτελούν όλα ειδικές εκφράσεις της γενικής μορφής,

$$u = f^{\beta} \times c^{\alpha}$$

όπου με το c γενικεύουμε για οποιαδήποτε συνέπεια και όχι μόνο για τον αριθμό των νεκρών n

Επιπλέον και τα Κριτήρια Ρίσκου διαφαίνεται ότι θα πρέπει να εντάσσονται στα πλαίσια μιας γενικότερης ανάλυσης μη-χρησιμότητας και όχι απλώς ενός μοντέλου πιθανοτήτων ή και συχνοτήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13. Συναρτήσεις μη-χρησιμότητας

Συνοψίζοντας, η χρήση της *συνάρτησης μη-χρησιμότητας* εμφανίζει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Λαμβάνει υπ' όψιν τόσο την αποστροφή του λήπτη αποφάσεων προς την «ποιότητα» (δηλαδή το μέγεθος), όσο και την ποσότητα (το συνολικό αριθμό) των ατυχημάτων.
- Είναι εύχρηστη όταν θέλουμε να συγκρίνουμε διαφορετικές επιλογές για *μέτρα ελέγχου του ρίσκου* (*Risk Control Options*).
- Παρέχει ένα ευρύτερο πλαίσιο μέσα στο οποίο μπορεί κανείς να κινηθεί ώστε να έχουν καλύτερη στόχευση τα αποτελέσματα του (πχ. μπορεί κάποιος να δώσει διαφορετικές τιμές στα α , β , ή ακόμα αμφισβητώντας τις απλουστευτικές παραδοχές που πραγματοποιήσαμε να οδηγηθεί προς διαφορετική *οικογένεια συναρτήσεων μη-χρησιμότητας*)

Από την άλλη μεριά μπορεί κανείς να εντοπίσει τα εξής μειονεκτήματα:

- Με τα τωρινά δεδομένα, δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ως απόλυτο *Κριτήριο Αποδοχής Ρίσκου* καθώς δεν υπάρχουν στη βιβλιογραφία ευρέως αποδεκτά όρια για τις τιμές που μπορεί να λάβει η συνάρτηση. Ακόμα και στην περίπτωση που συμπίπτει με το *PLL*, δεν υπάρχει κάποιο *όριο* για τον μέγιστο αποδεκτό αριθμό νεκρών ανά έτος.
- Οι παραδοχές που οδηγούν στις πιο διαδεδομένες εκδοχές της *συνάρτησης μη-χρησιμότητας* απαιτούν μια κάποια συζήτηση για να γίνουν αποδεκτές.

Κεφάλαιο 14. Μια συνολική κριτική πάνω στα υπάρχοντα Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου – Προτάσεις.

14.1 Είναι επαρκής η χάραξη των κριτηρίων αποδοχής ρίσκου;

Έως τώρα όσα έχουν αναφερθεί πραγματεύονται την χάραξη των ορίων αποδοχής ρίσκου. Δηλαδή, την μαθηματική τους ερμηνεία, την φυσική τους σημασία αλλά και τα βάρη ή τις προτιμήσεις που εκφράζουν τα όρια αυτά ως προς την αξιολόγηση αλλά και την ποσοτικοποίηση του ρίσκου για την αποδοχή του. Είναι όμως αυτό αρκετό ή ακόμα ορθολογιστικό;

Η οριοθέτηση της αποδοχής ρίσκου δεν μπορεί παρά να είναι το πρώτο βήμα καθώς όπως πολύ ορθά αναφέρει ο Fischhoff⁴¹, το ρίσκο ποτέ δεν είναι αποδεκτό χωρίς όρους ή προϋποθέσεις. Γενικά το ρίσκο είναι αποδεκτό μόνο αν μπορεί να αποκομιστεί κάποιο όφελος. Χωρίς όφελος δεν έχει νόημα οποιαδήποτε αποδοχή πρότασης που περιέχει ρίσκο. Έτσι τελικά αυτό που κρίνεται είναι το αν η απόφαση, η οποία περιέχει ρίσκο, είναι αποδεκτή ή όχι, και όχι το ρίσκο αυτό κάθε αυτό.

Μέχρι σήμερα, τέτοια όρια έχουν προταθεί, στις περισσότερες ‘επικίνδυνες εγκαταστάσεις’, μεταφορές ή βιομηχανίες. Η άποψη των γραφόντων είναι ότι, πολύ συχνά τα κριτήρια αποδοχής ορίζονται μάλλον αυθαίρετα και δεν αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές προτιμήσεις της κοινωνίας. Ακόμα και αν τα κριτήρια αυτά είχαν κάποια ορθολογική βάση, γιατί πρέπει τα κριτήρια που προτάθηκαν κατά τις δεκαετίες του '80 και '90 να απεικονίζουν τη σημερινή κατάσταση;

Βέβαια, κατά ένα μέρος, η μάλλον τυχαία επιλογή των ορίων οφείλεται στην προβληματική έννοια του ρίσκου. Ακόμη και αν μπορούσε να ποσοτικοποιηθεί αντικειμενικά το ρίσκο η θέσπιση των ορίων είναι καθαρά πολιτική απόφαση. Τελικά θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι οι αποφάσεις που λαμβάνονται είναι αυθαίρετες αφού η πολιτική του εκάστοτε νομοθέτη ορίζει την αποδεκτή κατάσταση.

Για να διασαφηνισθεί η παραπάνω παράγραφος θα δοθεί ένα απλό παράδειγμα από τις οδικές μεταφορές. Η εφαρμογή του ανώτατου ορίου ταχύτητας 50 χιλιομέτρων την ώρα μέσα στην πόλη οδήγησε στην μείωση ατυχημάτων και ενδεχομένως να σώθηκαν αρκετές ανθρώπινες ζωές μετά την εφαρμογή του μέτρου. Με ποίο όμως κριτήριο επιλέχθηκε το ανώτατο όριο τα 50 km/h και όχι τα 45 km/h ή τα 55 km/h; Μήπως η εφαρμογή ορίου ταχύτητας στα 40 km/h θα έσωζε ακόμη περισσότερες ζωές; Άλλα η ανάγκη λήψης κάποιων μέτρων οδήγησε στην πολιτική αυτή απόφαση.

Έτσι στην πράξη δε γίνεται προσπάθεια τα όρια αυτά να απεικονίζουν τις πραγματικές προτιμήσεις της κοινωνίας αλλά μια προσπάθεια οριοθέτησης με σκοπό

⁴¹ B. Fischhoff, S. Lichtenstein, P. Slovic, S.L. Derby and R.L. Keeney. *'Acceptable Risk'* Cambridge University Press, New York, 1981.

τον περιορισμό του ρίσκου. Ίσως είναι και αυτός ένας από τους λόγους που τα όρια χαράσσονται με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε η εκάστοτε δραστηριότητα να βρίσκεται μέσα στην *ALARP* περιοχή. Βέβαια, έστω και ο περιορισμός του ρίσκου είναι κάτι θεμιτό. Ο περιορισμός του ρίσκου πραγματοποιείται στην ναυτιλία, σύμφωνα με την αρχή της *ALARP*. Εκτός λοιπόν από την οριοθέτηση των επιπέδων αποδεκτού ρίσκου και η αρχή *ALARP* παρουσιάζει κάποια εγγενή προβλήματα όπως αναφέρονται παρακάτω.

14.2 Περιορισμός του ρίσκου στην ναυτιλία στην *ALARP* περιοχή

Ενώ λοιπόν όλη η προσπάθεια γίνεται στην οριοθέτηση της *ALARP* περιοχής (χάραξη των ορίων) στην οποία ως επί το πλείστον θα βρίσκεται η κατάσταση ρίσκου της δραστηριότητας, λίγα είναι τα μέτρα για την προσπάθεια περιορισμού του ρίσκου.

Στην ναυτιλία τα κριτήρια αποδοχής ρίσκου άρχισαν να εφαρμόζονται την δεκαετία του '90 με τη μορφή της *Formal Safety Assessment (FSA)*. Κάπως αργοπορημένα δηλαδή, αν αναλογιστεί κανείς ότι στην πυρηνική βιομηχανία πιθανοθεωρητικά μοντέλα άρχισαν να δημιουργούνται την δεκαετία του '60 για την οριοθέτηση των κριτηρίων αποδοχής ρίσκου.

Παρόλο το γεγονός ότι η ασφάλεια στην ναυτιλία είναι από τις πρώτες προτεραιότητες τόσο του ΙΜΟ όσο και των ναυτιλιακών εταιριών οι βελτιώσεις στον τομέα αυτόν, είναι ιδιαίτερα αργές. Μερικοί λόγοι για το γεγονός αυτό όπως αναφέρονται από τον *S. Kristiansen*⁴² είναι:

- Επικέντρωση στις συνέπειες

Οι άνθρωποι έχουν την τάση να εστιάζουν στις συνέπειες ενός ατυχήματος και όχι στις αιτίες του ατυχήματος. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος, για παράδειγμα, για την μετατροπή των πλοίων tanker σε πλοία διπλής γάστρας (*double hull*), καθώς υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα για το αν η περιβαλλοντολογική μόλυνση περιορίζεται ορθά με αυτό το μέτρο.

- Μικρή μνήμη

Οι άνθρωποι τείνουν να ξεχνούν τους κινδύνους και να καθησυχάζονται από τα επίπεδα ασφάλειας, αν δεν πραγματοποιούνται ατυχήματα για να ενεργοποιηθούν.

- Πολυπλοκότητα

⁴² S.Kristiansen, *'Maritime Transportation – Safety Management and Risk Analysis'*, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005

Η ασφάλεια εμπεριέχει τον τεχνολογικό και τον ανθρώπινο παράγοντα καθώς και την εμπλοκή διάφορων οργανισμών. Η δημιουργία μέτρων διαχείρισης ρίσκου, επωφελή από άποψη κόστους, μπορεί να είναι ιδιαίτερα δυσχερή.

- Απροθυμία για αλλαγή

‘Η πραγματική δυσκολία στην αλλαγή οποιασδήποτε παγιωμένης κατάστασης δεν οφείλεται στην έλλειψη νέων προτάσεων και ιδεών, αλλά στον τρόπο διαφυγής από τις υπάρχουσες.’ -John Maynard Keynes

- Επιλεκτική εστίαση στις μεθόδους

Τα κριτήρια αποδοχής ρίσκου στην ναυτιλία διαχειρίζονται σήμερα αποκλειστικά από την μέθοδο *Τυπικής Ασφάλειας Ρίσκου (Formal Safety Assessment)*. Έχει υιοθετηθεί από πολλούς οργανισμούς. Ωστόσο, τόσο η αποκλειστική εφαρμογή της μεθόδου όσο και υπεραπλούστευση του υπό εξέταση συστήματος με την μέθοδο αυτή είναι σημάδια για την υιοθέτηση και νέων μεθόδων στην ανάλυση και διαχείριση ρίσκου στην ναυτιλία.

Η κύρια αντίρρηση όμως, δεν είναι τα λιγοστά μέτρα που λαμβάνονται αλλά το πώς λαμβάνονται και αξιολογούνται τα μέτρα αυτά μέσα στην *ALARP* περιοχή. Ουσιαστικά εντοπίζονται δύο κύρια εγγενή προβλήματα της αρχής *ALARP* στην ναυτιλία.

Η πρώτη αντίρρηση έχει να κάνει με την διάσταση του χρόνου. Ας θεωρηθεί ένα πλοίο 25 ετών το οποίο πρόκειται είτε να πουληθεί, είτε να αποσυρθεί μέσα στα επόμενα 3 χρόνια. Από την πλευρά του πλοιοκτήτη, η εφαρμογή μέτρων ασφάλειας δεν δείχνει αποτελεσματική από άποψη κόστους, λόγω της βραχυπρόθεσμης λειτουργίας του πλοίου από την εταιρία. Ενδεχομένως υπό άλλες συνθήκες τα ίδια μέτρα να ήταν επωφελή, από άποψη κόστους, να ληφθούν για την ασφάλεια του πλοίου. Έτσι η μη λήψη μέτρων δείχνει να είναι άδικη προς τα άτομα που βρίσκονται πάνω στο πλοίο είτε ως επιβάτες είτε ως εργαζόμενοι.

Η δεύτερη σχετίζεται με την λογική του όρου ‘cost effective measures’. Απαραίτητη προϋπόθεση για την λήψη μέτρων είναι τα συνολικά οφέλη να είναι μεγαλύτερα από το συνολικό κόστος εφαρμογής των μέτρων. Αποτέλεσμα αυτής της πρακτικής είναι τα μεγάλα κέρδη των λίγων (πλοιοκτητών) να αντισταθμίζονται από μικρά οφέλη των πολλών (κοινωνία). Γιατί πρέπει η κοινωνία να αποδέχεται επιπλέον ρίσκο στην ναυτιλία με την λογική του μεγαλύτερου κέρδους των πλοιοκτητών;

Ουσιαστικά η ισορροπία μεταξύ ρίσκου και οφέλους ή καλύτερα η ισορροπία μεταξύ κόστους και ασφάλειας αποτελείται από έναν πίνακα 2x2 όπου τα τέσσερα στοιχεία είναι τα:

- κοινωνικό ρίσκο
- κοινωνικό όφελος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14. Συνολική κριτική στα *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου*- Προτάσεις

- ιδιωτικό ρίσκο
- ιδιωτικό όφελος

Για παράδειγμα η δημιουργία εξέδρας εξόρυξης πετρελαίου κοντά σε μια παράκτια περιοχή οδηγεί στον παρακάτω πίνακα .

	ΡΙΣΚΟ	ΟΦΕΛΟΣ
ΙΔΙΩΤΙΚΟ	Οικονομική απώλεια Κακή φήμη	Κέρδος Ανάπτυξη της εταιρίας
ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ	Περιβαλλοντική ρύπανση Περιορισμός στη χρήση γης κοντά στην εγκατάσταση Έκθεση σε κίνδυνο	Ενέργεια Θέσεις εργασίας Συνεισφορά στην εθνική οικονομία

Αυτό λοιπόν που απαιτείται για την εφαρμογή κοινωνικών μέτρων κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι αποδεκτά από άποψη κόστους, είναι μαζί με τα ιδιωτικά ρίσκα και οφέλη να συνυπολογίζονται και τα αντίστοιχα κοινωνικά. Εξάλλου αυτό δεν φαντάζει καθόλου παράλογο καθώς :

- Είναι η κοινωνία που δέχεται το μεγαλύτερο μέρος του ρίσκου στη περίπτωση μεγάλου ατυχήματος.
- Όλα τα παραπάνω αναφέρονται στην λήψη κοινωνικών μέτρων αποδοχής ρίσκου

14.3 Προτάσεις για Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου με βάση τα ήδη υπάρχοντα εργαλεία

14.3.1 Ανασκόπηση

Έχουμε συζητήσει και στην παράγραφο 11.2.1.5 ότι τα *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου* δεν είναι νόμοι της φύσης. Βασίζονται σε υποκειμενικές κρίσεις της κοινωνίας ή σε πολλές περιπτώσεις στην εντύπωση που έχουν οι λήπτες αποφάσεων για την κρίση της κοινωνίας και τον τρόπο που αυτή ιεραρχεί τις διάφορες δραστηριότητες και τους κινδύνους που ενέχουν. Κατ' αυτή την έννοια τα *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου* δεν είναι τίποτε άλλο παρά η προσπάθεια του νομοθέτη να εξορθολογήσει το κοινό, ή θεωρούμενο ως κοινό, αίσθημα.

Ήδη αναφερθήκαμε στην τεράστια σημασία που έχει, τα προτεινόμενα *Κριτήρια* να προέρχονται μέσα από αντικειμενικές, αδιάβλητες και διαφανείς διαδικασίες. Τα *Κριτήρια* που βρίσκονται στη διάθεση μας σήμερα ωστόσο, φαίνεται πως αποτελούν

περισσότερο απόψεις ειδικών και εμπειρογνομόνων παρά αποτελέσματα σταθερών διαδικασιών και δοκιμασμένων μαθηματικών μοντέλων.

Ήδη συζητήσαμε για τον πιο διαδεδομένο τρόπο καθορισμού Κριτηρίων για το *Κοινωνικού Ρίσκου*, τη χάραξη δηλαδή ενός ορίου- ευθείας απευθείας πάνω σε ένα διάγραμμα $F-N$. Θεωρούμε εδώ σκόπιμο να ανακεφαλαιώσουμε με συντομία την διαδικασία κατασκευής της ευθείας- ορίου.

Πέρα από τον προσδιορισμό της κλίσης, η οποία είδαμε ότι παίρνει τιμές μεταξύ -1 και -2 (με τα άκρα του διαστήματος να συγκεντρώνουν σαφώς τις περισσότερες προτιμήσεις) ανάλογα με το βαθμό της αποστροφής που θέλουμε να επιδείξουμε απέναντι σε πολύνεκρα ατυχήματα, καλούμαστε να επιλέξουμε και ένα σημείο από το οποίο θα διέρχεται το όριο. Η επιλογή αυτή θα γίνει είτε μεταξύ των διαθέσιμων *κομβικών σημείων* που συναντάμε σε διάφορες εφαρμογές είτε με υπολογισμό του σημείου (συνήθως υπολογίζεται το F_1) μέσα από κάποια αναλυτική διαδικασία.

Έχουμε ήδη αναφερθεί στα προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση των *κομβικών σημείων* και τα οποία σχετίζονται με τη μεταφορά *Κριτηρίων* από τη μία δραστηριότητα στην άλλη, με την άγνοια ως προς τις διαδικασίες με τις οποίες προσδιορίστηκαν καθώς και με το γεγονός ότι προέρχονται κυρίως από προτάσεις εμπειρογνομόνων και όχι από κάποια αναλυτική διαδικασία που μπορεί να αναπαραχθεί ως μοντέλο παραγωγής *Κριτηρίων*.

Γι αυτούς τους λόγους προσανατολιζόμαστε προς την κατάστρωση μιας μεθοδολογίας η οποία θα υπολογίζει (με δεδομένη την κλίση της ευθείας- ορίου) τη μέγιστη αποδεκτή συχνότητα θανατηφόρου ατυχήματος F_1 .

Δύο μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται σήμερα εντοπίσαμε στη βιβλιογραφία.

Η πρώτη προτάθηκε από τον Skjong και συσχετίζει το μέγιστο αποδεκτό *PLL* κάποιας δραστηριότητας με την οικονομική της αξία. Θεωρούμε ότι έχει σημαντικές ελλείψεις (όπως περιγράφονται στην οικεία παράγραφο, 11.2.2.6) ώστε να μην είναι ικανή να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα.

Η δεύτερη προτάθηκε για την Ολλανδία από τον Vrijling ως,

$$F_N(x) \leq \frac{F_1}{x^2}$$

με,

$$F_1 = \left[\frac{\beta_i \cdot 100}{k \cdot \sqrt{N_A}} \right]^2$$

όπου τα β_i , k , N_A όπως ορίστηκαν στην παράγραφο 11.2.2.3.

Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα θεωρούμε την εισαγωγή του συντελεστή β_i ως μέτρου αποτίμησης του βαθμού κατά τον οποίο ένα άτομο (ή μια ομάδα ατόμων) συμμετέχει σε κάποια δραστηριότητα εθελοντικά.

Ωστόσο για τις συγκεκριμένες τιμές που θα πάρουν οι παράμετροι β_i , k δεν υπάρχουν ξεκάθαρα στοιχεία. Εξ' ορισμού το β_i βρίσκεται στο διάστημα $[0,01, 100]$ και είναι αύξων για αύξοντα βαθμό εθελοντικής συμμετοχής στη δραστηριότητα, ωστόσο ο Vrijling δεν παρέχει πειστικά στοιχεία για τις ακριβείς τιμές που λαμβάνει για διάφορους τύπους δραστηριοτήτων⁴³. Αποψη μας πάντως είναι ότι πέρα από τις όποιες αδυναμίες της, η πρόταση του Vrijling αξίζει να μας απασχολήσει περαιτέρω καθώς είναι και αυτή που συνδέει το *υποκειμενικό* με το «*απόλυτο*» ρίσκο με τον πιο ξεκάθαρο τρόπο.

14.3.2 Σύνδεση του *Ατομικού* με το *Κοινωνικό ρίσκο*

Μια εναλλακτική προσέγγιση θα ήταν να χρησιμοποιήσουμε το *ανώτατο Ατομικό Ρίσκο* για να παράγουμε *Κριτήρια Αποδοχής Κοινωνικού Ρίσκου*.

Στην παράγραφο 4.2.1.2 είδαμε ότι το *PLL* με το *Ατομικό Ρίσκο* σχετίζονται μονοσήμαντα (για δεδομένο πληθυσμό Π) με τη σχέση,

$$PLL = IR \cdot \Pi$$

όπου Π ο πληθυσμός που βρίσκεται σε κίνδυνο εξαιτίας της δραστηριότητας.

Εάν τώρα ως *IR* θεωρήσουμε το μέγιστο αποδεκτό *Ατομικό Ρίσκο* για κάποια δραστηριότητα προκύπτει το αντίστοιχο οριακό *PLL*, δηλαδή ο μέγιστος αριθμός νεκρών ως αποτέλεσμα αυτής της δραστηριότητας έτσι ώστε το *Ατομικό Ρίσκο* να βρίσκεται μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Στη συνέχεια σύμφωνα με τα όσα δείξαμε στην παράγραφο 11.2.1.7 θα είναι,

$$PLL = \sum_{N_1}^{N_{max}} F(N_v)$$

για N διακριτή μεταβλητή ή,

⁴³ βλ. Vrijling, Van Gelder, 'A Framework for Risk Criteria, for Critical Infrastructures: Fundamentals and Case Studies in the Netherlands', Journal of Risk Research 7, Sept. 2004

$$PLL = \int_1^{N_{max}} F(N)$$

στη γενική περίπτωση που η N είναι συνεχής.

Επειδή όμως η οριακή $F(N)$ αναπαριστά (φθίνουσα) ευθεία πάνω σε διάγραμμα $F-N$ θα είναι της μορφής

$$F(N) = \frac{F_1}{N^a}$$

και τελικά λαμβάνουμε την (οριακή) συχνότητα F_1 συναρτήσει του (οριακού) PLL ως,

$$\begin{aligned} PLL &= \int_1^{N_{max}} \frac{F_1}{N^a} \\ \Rightarrow PLL &= F_1 \int_1^{N_{max}} \frac{1}{N^a} \\ \Rightarrow F_1 &= \frac{PLL}{\int_1^{N_{max}} \frac{1}{N^a}} \end{aligned}$$

Κατόπιν με γνωστή τη συχνότητα F_1 και την κλίση της ευθείας μας (αυτήν την επιλέγουμε εμείς) μπορούμε να σχεδιάσουμε το όριο της δραστηριότητας πάνω στην καμπύλη $F-N$.

Για την επιλογή της κλίσης a έχουμε ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο 10. Θεωρούμε ιδιαίτερα σημαντικό ότι η κλίση -2 έχει σαν αποτέλεσμα η παράσταση $\int_1^{N_{max}} \frac{1}{N^a}$ (ή

για N διακριτή, $\sum_1^{N_{max}} \frac{1}{N^a}$) να σταθεροποιείται, πολύ κοντά σε μια τιμή, ώστε το PLL

(ή για σταθερό PLL το F_1) δεν εξαρτάται από τον μέγιστο αριθμό των νεκρών που μπορεί να προκύψουν ως αποτέλεσμα ενός ατυχήματος.

Σε αντίθετη περίπτωση για κλίση -1 παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται ο δυνητικά μέγιστος αριθμός νεκρών, το όριο θα πρέπει να μεταβάλλεται και μάλιστα να μειώνεται. Αυτή τη συμπεριφορά θεωρούμε προβληματική δια δύο κυρίως λόγους.

Πρώτον, σε πρακτικό επίπεδο, θα σήμαινε ότι οι κανονισμοί θα πρέπει να βρίσκονται υπό συνεχή αναθεώρηση. Για τα επιβατηγά πλοία πχ. θα έπρεπε η μέγιστη αποδεκτή

συχνότητα θανατηφόρου ατυχήματος (F_I) να μειώνεται κάθε φορά που θα προστίθεται ένα νέο πλοίο μεγαλύτερης χωρητικότητας από τα υπάρχοντα.

Δεύτερον επί της ουσίας δεν βλέπουμε ποια σκοπιμότητα μπορεί να έχει η σύνδεση μεταξύ του μέγιστου αποδεκτού αριθμού νεκρών ανά έτος (PLL), με τον δυνητικά μέγιστο αριθμό νεκρών ανά ατύχημα (N_{max}). Θεωρούμε ότι το PLL κάποιας δραστηριότητας πρέπει να αντανακλά τα συγκεκριμένα της χαρακτηριστικά, όπως το τι προσφέρει στο άτομο και στην κοινωνία, σε τι βαθμό η συμμετοχή σε αυτήν είναι εθελοντική κλπ. Το μέγεθος των ατυχημάτων από την άλλη μεριά (και η ενδεχόμενη αποστροφή μας απέναντι σε μεγάλες τιμές του) δεν μπορεί να μοντελοποιείται από το PLL . Το σκοπό αυτό εξυπηρετεί η κλίση στις καμπύλες $F-N$ (αποδίδοντας διαφορετική σημασία σε διαφορετικού μεγέθους ατυχήματα) ή σε ακόμα πιο θεωρητικό επίπεδο οι συναρτήσεις *μη-χρησιμότητας*.

Βέβαια η παραπάνω διαδικασία παραγωγής ορίων είναι κάπως συντηρητική. Αγνοεί παντελώς παράγοντες που έχουν να κάνουν με την υποκειμενικότητα του ρίσκου (εκτός από αυτόν της αποστροφής προς πολύνεκρα ατυχήματα). Δεν επιχειρεί να συμπεριλάβει ούτε την κοινωνική προσφορά της δραστηριότητας (όπως η μέθοδος του Skjong) ούτε τον βαθμό εθελοντισμού (Vrijling).

Είναι όμως παράλληλα και πολύ περισσότερο «ασφαλής» και απρόσβλητη από την αβεβαιότητα εκτιμήσεων και υποθέσεων. Είδαμε πριν πώς η μέθοδος του Skjong είναι τουλάχιστον αμφίβολο αν μπορεί να συνυπολογίσει την κοινωνική σημασία κάποιας δραστηριότητας όπως διατείνεται ότι κάνει. Αλλά και η σχέση της Ολλανδίας ενέχει ένα μεγάλο ποσοστό αβεβαιότητας ως προς τον προσδιορισμό των β_i , ή ακόμα και του «τι σημαίνει εγκατάσταση» για τον υπολογισμό του N_A ⁴⁴.

Από την άλλη μεριά παρά το γεγονός ότι στη βιβλιογραφία όσον αφορά στο *κοινωνικό ρίσκο*, και ανάλογα με τον συγγραφέα, συναντάμε πολύ διαφορετικές προσεγγίσεις, στο θέμα του Ατομικού Ρίσκου φαίνεται πως υπάρχει σε μεγάλο βαθμό σύμπνοια. Το όριο κάτω από το οποίο το *Ατομικό Ρίσκο* θεωρείται πρακτικά αποδεκτό βρίσκεται στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων στο 10^{-6} .

Για τον σχεδιασμό καινούριων εγκαταστάσεων, επίσης συναντάμε αξιοπρόσεκτα κοντινά όρια Ατομικού Ρίσκου. Ο Skjong αναφέρει όρια της τάξης του 10^{-5} (για τους εργαζόμενους 10^{-4}), ο Trbojevic⁴⁵ το ίδιο, ο HSE επίσης, με την Ολλανδία⁴⁶ μόνο να θέτει όριο το 10^{-6} για νέες εγκαταστάσεις⁴⁷. Η ταύτιση των απόψεων όσον αφορά στο ανώτατο αποδεκτό όριο *Ατομικού Ρίσκου* είναι σχεδόν πρωτοφανής για τα δεδομένα της *Ανάλυσης Ρίσκου*.

⁴⁴ βλ. παραπομπή 43

⁴⁵ V.M. Trbojevic, 'Risk Criteria in EU', Risk Support Limited, London

⁴⁶ Robert Kauer et al 'Risk Acceptance Criteria and Regulatory Aspects', OMMI (Vol. 1, Issue 2), Dec. 2002

⁴⁷ Όλα τα παραπάνω όρια, αναφέρονται στο σχεδιασμό νέων εγκαταστάσεων και όχι στα όρια για τις ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις.

Στον αντίποδα οφείλουμε να παραδεχτούμε ότι στον τομέα της Ναυτιλίας δεν έχουν προταθεί μέχρι σήμερα κάποια σταθερά όρια. Ωστόσο ο ΙΜΟ ανεπίσημα φαίνεται να υιοθετεί τα όρια που προτείνει και ο HSE⁴⁸.

Αν λοιπόν λάβουμε ως υπόθεση εργασίας, όριο για το *Ατομικό Ρίσκο* το 10^{-5} , είναι λογικό να έχουμε απαίτηση το *Κοινωνικό Ρίσκο* της δραστηριότητας να μην συνεπάγεται *Ατομικό Ρίσκο* μεγαλύτερο από το αποδεκτό. Παραμένει βέβαια το ερώτημα αν πράγματι έχουμε το δικαίωμα να θεωρούμε ένα αποδεκτό *Ατομικό Ρίσκο* ανεξάρτητα από τη φύση της δραστηριότητας και τον τρόπο συμμετοχής του ατόμου σε αυτήν. Προφανώς και στο *Ατομικό Ρίσκο* θα έπρεπε αν μη τι άλλο, να λαμβάνεται υπ' όψιν ο παράγοντας της εθελοντικής συμμετοχής.

Ωστόσο το γεγονός ότι για το *Ατομικό Ρίσκο* υπάρχει μια σαφής τάση μεταξύ των επιστημόνων και των διαφόρων οργανισμών για το ποιο θα πρέπει να είναι το άνω όριο του, καθιστά δελεαστική την εφαρμογή αυτού ακριβώς του ορίου για την παραγωγή *Κριτηρίων Κοινωνικού Ρίσκου*. Τουλάχιστον μέχρι να έχουμε στη διάθεση μας αρκετά στοιχεία για μια καλύτερη μοντελοποίηση.

14.4 Μια λιγότερο συντηρητική προσέγγιση

Στην προηγούμενη παράγραφο προσεγγίσαμε το όριο για το *Κοινωνικό Ρίσκο* με τον πλέον δημοφιλή τρόπο στην *Ανάλυση Ρίσκου*, την χάραξη του πάνω στην καμπύλη *F-N*. Για να προσδιορίσουμε το όριο μας δοκιμάσαμε να χρησιμοποιήσαμε το ανώτατο αποδεκτό *Ατομικό Ρίσκο*. Ωστόσο τονίστηκε ότι και αυτή η προσέγγιση έχει ελλείψεις. Μια σειρά από παραμέτρους όπως ο βαθμός εθελοντισμού, το όφελος που αποδίδει η δραστηριότητα στην κοινωνία αλλά και αυτό που αποκομίζει το άτομο από αυτήν, ο τρόπος με τον οποίο το κοινό «βλέπει» την δραστηριότητα, η αβεβαιότητα που ενέχει η ατυχηματική της συμπεριφορά, δεν είναι δυνατόν να συνυπολογιστούν μέσα στο μοντέλο που περιγράψαμε.

Στα παρακάτω θα προσπαθήσουμε να θέσουμε ένα γενικό πλαίσιο προς το οποίο θα έπρεπε κατά τη γνώμη μας να κινηθούν τα *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου* στο μέλλον. Κατευθυντήριες αποτέλεσαν αφενός η ανάγκη να συμπεριληφθούν στην ανάλυση μας οι παράγοντες που προαναφέρθηκαν, αφετέρου ο τρόπος που αντιμετωπίζεται το ρίσκο σε άλλους επιστημονικούς κλάδους και συγκεκριμένα στην αντοχή υλικών.

⁴⁸ Βλ. παράγραφο 10.2.5

14.4.1 Το ρίσκο στην αντοχή των υλικών⁴⁹

Έστω ότι σε κάποια μηχανικό μέρος κάποιας κατασκευής ασκείται φόρτιση L και τη δεδομένη στιγμή το κομμάτι αυτό της κατασκευής έχει εναπομείνασα αντοχή, R . Έστω ακόμα ότι τα R, L είναι τυχαίες μεταβλητές.

Ορίζεται ως συνάρτηση απόδοσης του μηχανικού μέρους η,

$$g = R - L$$

Προκειμένου να μην οδηγηθούμε σε αστοχία θα πρέπει να βρισκόμαστε στην περιοχή $g > 0$. Προφανώς, αν δεν ισχύει $R \gg L$ θα υπάρχει και μια περιοχή όπου $g < 0$ και η οποία συνεπάγεται αστοχία του μηχανικού μέρους.

Ορίζεται αξιοπιστία του μηχανικού μέρους η,

$$R_c = P(g > 0) = P(R > L)$$

η πιθανότητα δηλαδή η συνάρτηση απόδοσης να είναι θετική.

Ωστόσο γενικά είναι επιθυμητό η φόρτιση να μην κινείται στο όριο της αντοχής του μηχανικού μέρους, ενώ δεν είναι απαραίτητο ότι θα ασκείται μόνο μία φόρτιση τη φορά. Έτσι η παραπάνω απαίτηση μετατρέπεται στην,

$$\phi \cdot R \geq \sum_i^m \gamma_i \cdot L_i$$

η οποία είναι προφανώς ισοδύναμη με την έκφραση,

$$R \geq \frac{\sum_i^m \gamma_i \cdot L_i}{\phi}$$

όπου ϕ συντελεστής αντοχής και γ_i ο συντελεστής της φόρτισης i .

Προφανώς $\phi < 1$ και $\gamma_i > 1$ ώστε να λαμβάνεται υπ' όψιν η δυσμενέστερη κατάσταση από πλευράς φόρτισης- αντοχής.

14.4.2 Εφαρμογή στα *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου*

Αυτό που βρίσκουμε εξαιρετικά θελκτικό στην παραπάνω μεθοδολογία είναι ότι λαμβάνει υπ' όψιν το σύνολο της κατάστασης για κάποια χρονική στιγμή. Αυτό

⁴⁹ Bilal M Ayyub, ' *Methodology for Developing Reliability- Based Load and Resistance Factor Design (LRF) Guidelines for Hull Girder Bending*', Naval Engineers Journal, Spring 2002

σημαίνει ότι εξετάζει τόσο την αντοχή που διαθέτει το μηχανικό μέρος όσο και τη φόρτιση που δέχεται. Επιπλέον με τη χρήση των συντελεστών φ_i, γ_i , συμπεριλαμβάνει στον υπολογισμό την αβεβαιότητα τόσο ως προς την πραγματική αντοχή του μηχανικού μέρους όσο και ως προς το πραγματικό μέγεθος της φόρτισης που του ασκείται.

Στην *Ανάλυση Ρίσκου* το σύνολο των *Κριτηρίων* που είδαμε, ακόμα και όταν κάνουν προσπάθεια να συνυπολογίσουν και άλλους παράγοντες πέραν του «απόλυτου» *ρίσκου* μας δίνουν μια μονόπλευρη οπτική της κατάστασης. Αυτό σημαίνει ότι παρουσιάζουν μόνο το ρίσκο, τις συνέπειες μιας δραστηριότητας. Ποτέ δεν λαμβάνεται υπ' όψιν ολόκληρη η εικόνα που συμπεριλαμβάνει και το κέρδος που έχουμε από αυτή την δραστηριότητα.

Οι προσπάθειες που κάνουν οι Skjong και Vrijling να το συμπεριλάβουν (με την χρησιμοποίηση της οικονομικής αξίας της δραστηριότητας και μέσω του δείκτη β_i αντίστοιχα), δεν υπολογίζουν το κέρδος από τη δραστηριότητα. Το λαμβάνουν ως δεδομένο, και μετά είτε το εφαρμόζουν απευθείας στη σχέση υπολογισμού του Κριτηρίου (Skjong) είτε το συμπεριλαμβάνουν έμμεσα στα πλαίσια κάποιου συντελεστή (Vrijling). Πουθενά δεν γίνεται λόγος για το τι σημαίνει κέρδος, ποιοι είναι οι δικαιούχοι αυτού του κέρδους, ποια η σχετική βαρύτητα που πρέπει να έχει το κέρδος κάθε δικαιούχου στον υπολογισμό του συνολικού κέρδους.

Ένα παράδειγμα. Χωρίς να έχουμε συγκεκριμένα στοιχεία στα χέρια μας, θεωρούμε ασφαλή υπόθεση ότι η οικονομική αξία της εταιρείας *NIKE* είναι τεράστια. Ωστόσο αυτή η τεράστια οικονομική αξία πώς κατανέμεται στους εργαζομένους της; Τι μερίδιο από αυτήν λαμβάνουν οι υπάλληλοι της στην Ινδονησία που έχει εργοστάσια παραγωγής; Τι μερίδιο λαμβάνει το κράτος της Ινδονησίας; Πώς η *NIKE* συμμετέχει στην παγκόσμια οικονομία; Τέλος ποιοι είναι αυτοί που υπόκεινται στο ρίσκο εργατικού ατυχήματος μέσα σε εργοστάσιο της εταιρείας, και γιατί θα πρέπει η δική τους ασφάλεια να έχει κάποια σχέση με την παγκόσμια οικονομία;

Άποψη μας είναι ότι τα μελλοντικά κριτήρια θα πρέπει να συνυπολογίζουν αναλυτικά, τόσο το κόστος (σε ρίσκο) όσο και το κέρδος (πχ. σε κοινωνική προσφορά) από κάποια δραστηριότητα.

Προσοχή, θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί ότι μοντελοποιώντας έτσι θα οδηγούμαστε σε ελαστικότερα κριτήρια. Αυτό όμως δεν είναι απαραίτητα αλήθεια. Αυτό που συνεπάγεται το παραπάνω πλαίσιο είναι ότι δραστηριότητες που «ζητάνε» πιο πολλά απ' όσα «προσφέρουν» είτε θα πρέπει να μεταβάλλουν το ισοζύγιο τους (μειώνοντας το ρίσκο ή αυξάνοντας το κέρδος) είτε θα πρέπει να διακόπτουν τη λειτουργία τους.

Σε αυτή τη λογική κινείται και ο Fischhof (βλ. παράγραφο 5.1.6) λέγοντας ότι, κάθε δραστηριότητα που έχει κάποιο ρίσκο θα πρέπει να προσφέρει και κάποιο αντισταθμιστικό όφελος προς όλα ανεξαιρέτως τα μέλη του πληθυσμού που **εκτίθενται** σε αυτό.

Προφανώς για άλλη μια φορά το κλειδί είναι η σωστή μοντελοποίηση των αρχών που μόλις περιγράψαμε.

14.4.2.1 Μαθηματική αποτύπωση

Κατ' αναλογία λοιπόν με τα όσα συζητήσαμε για τα υλικά, το ζητούμενο μας θα είναι μια συνάρτηση της μορφής,

$$g = B - R$$

και μάλιστα το πεδίο όπου ισχύει,

$$g > 0 \quad \text{ή} \\ B > R$$

όπου R είναι η συνάρτηση που δίνει το ρίσκο της δραστηριότητας και B το κέρδος που αποδίδει.

Αμέσως όμως ερχόμαστε αντιμέτωποι με το πρώτο πρόβλημα. Για να έχει την οποιαδήποτε σημασία η συνάρτηση g θα πρέπει το B και το R να έχουν κοινές μονάδες μέτρησης.

Η απλούστερη λύση είναι να εκφράσουμε τόσο το ρίσκο όσο και τα κέρδη από τη δραστηριότητα σε χρηματικές μονάδες. Για το B η απόφαση αυτή μοιάζει απόλυτα δικαιολογημένη. Για το R και ειδικά για την περίπτωση που αφορά απώλειες σε ανθρώπινες ζωές είναι αναπόφευκτο ότι από κάποια μερίδα ανθρώπων θα τεθεί ζήτημα ηθικής, για το κατά πόσο μπορεί η ανθρώπινη ζωή να αναπαρασταθεί σε χρηματικές μονάδες. Ωστόσο, είναι τόσες οι πηγές της βιβλιογραφίας⁵⁰ που αποδίδουν μια τιμή ως κόστος της κάθε απώλειας (ή αντίστροφα μια τιμή ως ανώτατο όριο για τα χρήματα που μπορούν να διατεθούν για τη σωτηρία μιας ζωής), ώστε θεωρούμε ότι σε πρώτη φάση μπορούμε να κάνουμε αυτή την παραδοχή.

Ας προσπαθήσουμε τώρα να προσδιορίσουμε κάθε μία από τις συναρτήσεις B και R .

⁵⁰Ενδεικτικά:

Rolf Skjong, 'Safety Assessment and Risk Acceptance Criteria' TN Safer EuRoRo II, 'Risk Evaluation Criteria, SAFEDOR D.4.5.2' DNV

R.B. Jonkejan et al, 'Methods for the economic valuation of loss of life'

Albrecht Lentz and Rüdiger Rackwitz, 'Loss-of-Life Modeling in Risk Acceptance Criteria'

IMO, 'Formal Safety Assessment, Report of the Correspondence Group', MSC 81/18

14.4.2.2 Κατασκευή της συνάρτησης R

Για τη συνάρτηση R έχουμε τις περισσότερες πληροφορίες από τη βιβλιογραφία.

Θεωρούμε ότι η συνάρτηση του ρίσκου ατυχήματος με N νεκρούς προσεγγίζεται από μια συνάρτηση *μη-χρησιμότητας* της μορφής,

$$u = f_N^\beta \cdot N^\gamma$$

όπου f_N η συχνότητα εμφάνισης ατυχήματος μεγέθους N νεκρών

N ο αριθμός των νεκρών

β δείκτης που προσδιορίζει την αποστροφή μας απέναντι στο ρίσκο (αβεβαιότητα) της ατυχηματικής κατάστασης

γ δείκτης που αντανακλά την αποστροφή μας απέναντι στο μέγεθος του ατυχήματος

Καθώς ο υπολογισμός των f , N είναι αρκετά προφανής στα παρακάτω θα ασχοληθούμε με τα β , γ .

Πριν από οτιδήποτε άλλο, θα ήταν σκόπιμο να υπογραμμιστεί για άλλη μια φορά η διαφορά μεταξύ αποστροφής απέναντι στο ρίσκο (αβεβαιότητα) και αποστροφής απέναντι στις συνέπειες ενός ατυχήματος.

14.4.2.2.1 Μοντελοποίηση της αποστροφής απέναντι στην αβεβαιότητα αλλά και το μέγεθος των ατυχημάτων

Η αβεβαιότητα ενός συστήματος αποτελεί εγγενή του ιδιότητα και είναι σαφώς ορισμένη από μαθηματική άποψη. Το απλούστερο μέγεθος για τη μέτρηση της αβεβαιότητας μιας κατανομής παρατηρήσεων (εδώ ατυχήματα) είναι η τυπική απόκλιση. Αυτή αποτελεί μέτρο του πόσο μακριά μπορεί να βρεθούν οι παρατηρήσεις που ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη κατανομή, από τη μέση τιμή της κατανομής, και δίνεται από τη σχέση,

$$\sigma(N) = \sqrt{Var(N)} = \sqrt{E(N^2) - E^2(N)}$$

όπου Var η διασπορά της κατανομής.

Ωστόσο υπάρχει και η περίπτωση η τυπική απόκλιση να μην μπορεί να περιγράψει την αβεβαιότητα της κατανομής. Αυτό συμβαίνει κατά κόρον στις κατανομές με «μακριές ουρές»⁵¹ όπου γεγονότα με μικρές πιθανότητες εμφάνισης αλλά ακραίες

⁵¹ Μτφρ. του όρου long tails ή heavy tails

τιμές έχουν δυσανάλογα μεγάλη επιρροή στον υπολογισμό της μέσης τιμής $E(N)$. Παράδειγμα τέτοιας κατανομής είναι η Pareto.

Βασικό πρόβλημα με την Pareto είναι ότι υπάρχει το ενδεχόμενο, η τυπική απόκλιση να απειρίζεται⁵² με αποτέλεσμα να μην βοηθάει στον προσδιορισμό της αβεβαιότητας του συστήματος. Ένα εναλλακτικό μέτρο της αβεβαιότητας το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τέτοιου τύπου κατανομές είναι η εντροπία. Εμείς θα χρησιμοποιήσουμε τον κλασσικό τύπο της εντροπίας όπως τον εισήγαγε ο Shannon,

$$S_b = -\sum_i^n p_i \cdot \log_b p_i$$

$$\xrightarrow{b=2} S_b = -\sum_i^n p_i \cdot \log_2 p_i$$
⁵³

Για συνεχή μεταβλητή,

$$\xrightarrow{b=2} S_b = -\int_0^{\infty} p_i \cdot \log_2 p_i$$

όπου S η εντροπία του συστήματος,

p_i η πιθανότητα εμφάνισης του ενδεχομένου i

Ενδιαφέρον είναι ότι για $S_b=0$ το σύστημα μας έχει μηδενικό βαθμό αβεβαιότητας, ή ισοδύναμα ότι θα συμβαίνει το ενδεχόμενο i με πιθανότητα 100%.

Από τη στιγμή που θα έχουμε καταλήξει στο βαθμό της αβεβαιότητας (είτε με τη μορφή της τυπικής απόκλισης είτε της εντροπίας) που χαρακτηρίζει το σύστημά μας, το ζητούμενο θα είναι να προσδιορίσουμε τη σχέση μεταξύ αβεβαιότητας και του συντελεστή β της συνάρτησης *μη-χρησιμότητας*.

Σε αντίθεση δηλαδή με τον Bedford που προτείνει τη χρήση ενός σταθερού συντελεστή β για τη σχέση $u = f_N^\beta \cdot N^y$, θεωρούμε φυσιολογικό η αποστροφή μας απέναντι στην αβεβαιότητα του συστήματος να εκφράζεται ως συνάρτηση της τελευταίας.

Στόχος είναι, καθώς αυξάνεται η αβεβαιότητα του συστήματος, με κατάλληλη συσχέτιση μεταξύ αυτής και του συντελεστή β , να αυξάνεται η τιμή της συνάρτησης

⁵² Για περισσότερες λεπτομέρειες βλ. παρ. 7.6.3.1

⁵³ Η επιλογή του b σχετίζεται με τον αριθμό των διαφορετικών συμβόλων που χρησιμοποιεί ένα «δανικό αλφάβητο» για την περιγραφή κάποια πληροφορίας και αποτελεί το μέτρο σύγκρισης για τον αριθμό των συμβόλων που χρησιμοποιούν όλα τα υπόλοιπα πηγαία αλφάβητα. Στην επιστήμη της πληροφορικής όπου η πληροφορία οργανώνεται στο δυαδικό σύστημα θέτουμε $b=2$. Εδώ παρουσιάσαμε τον κλασσικό τύπο του Shannon γι' αυτό και υιοθετήσαμε βάση για το λογάριθμο ίση με 2. Σε περιπτώσεις κατανομών σε εκθετική μορφή, συνήθως είναι επίσης η χρήση του νεπέριου λογαρίθμου \ln . Πρακτικά μπορούμε να ανάγουμε το λογάριθμο σε οποιαδήποτε βάση χωρίς να έχει σημασία για το αποτέλεσμα, αρκεί να παραμένουμε σταθεροί στην αρχική μας επιλογή.

u ώστε να αποτυπώνει την αποστροφή μας απέναντι σε καταστάσεις έντονα απρόβλεπτες.

Έτσι αν μεταξύ δύο κατανομών ατυχημάτων ισχύει,

$$S_1 > S_2$$

Και αν ζητάμε τη συνάρτηση μη- χρησιμότητας για ατύχημα με ακριβώς N νεκρούς για κάθε μία από τις δύο κατανομές και επιπλέον ξέρουμε ότι η συχνότητα ατυχήματος με ακριβώς N νεκρούς είναι κοινή και για τις δύο κατανομές,

$$f_{N1} = f_{N2} = f_N$$

το πρόβλημα ανάγεται στην εύρεση κατάλληλων β_1, β_2 τέτοιων ώστε,

$$f_N^{\beta_1} \cdot N^y > f_N^{\beta_2} \cdot N^y$$

$$\Rightarrow u_1 > u_2$$

Όπου υποτέθηκε ότι η αποστροφή μας απέναντι στο μέγεθος του ατυχήματος (συντελεστής y) είναι κοινή και στις δύο περιπτώσεις.

Με αυτό τον τρόπο αποτυπώνεται ότι συγκριτικά αξιολογούμε το ίδιο ατύχημα ως περισσότερο ανεπιθύμητο αν προέρχεται από την κατανομή ατυχημάτων 1 απ' ότι αν προέρχεται από την κατανομή 2, ακόμα και αν η συχνότητα εμφάνισης του είναι κοινή και στις δύο κατανομές. Αυτό γιατί η κατανομή 1 είναι περισσότερο απρόβλεπτη και ως εκ τούτου δυνητικά πιο επικίνδυνη από τη 2.

Όσον αφορά στις συγκεκριμένες τιμές που θα παίρνει το β αν και δεν μπορούμε στην παρούσα φάση να κάνουμε κάποια συγκεκριμένη πρόταση έχουμε να κάνουμε τις εξής παρατηρήσεις.

Η πρακτική στην *Ανάλυση Ρίσκου* μέχρι σήμερα ήταν μια ουδέτερη αντιμετώπιση απέναντι στην αβεβαιότητα κάτι που μεταφράζεται στην επιλογή $\beta=1$ (θυμίζουμε ότι το *PLL* αποτελεί ειδική περίπτωση της συνάρτησης u με $y, \beta=1$). Από την άλλη μεριά η σχετική βαρύτητα που αποδίδεται στο μέγεθος των ατυχημάτων μεταφράζεται συνήθως στη χρήση $y=2$ ή $y=3$.⁵⁴

Θεωρητικά ο συντελεστής β , για $f>1$, θα μπορούσε να κινείται στο διάστημα $[1, \infty)$.

Ωστόσο με δεδομένο ότι μέχρι σήμερα επιλέγεται ουσιαστικά $\beta=1$ η επιλογή πολύ μεγάλων τιμών θα είχε σαν συνέπεια, αφενός δραματικές αλλαγές στα Κριτήρια που χρησιμοποιούνται αυτή τη στιγμή, και αφετέρου θα συνιστούσε επιλογή εξαιρετικά συντηρητική και μάλλον υπερεκτίμηση της βαρύτητας που αποδίδει ο άνθρωπος στον παράγοντα «αβεβαιότητα».

⁵⁴ Θα αναφερθούμε παρακάτω στον τρόπο με τον οποίο προκύπτουν αυτές οι τιμές.

Από την άλλη μεριά, το γεγονός ότι ο συντελεστής βαρύτητας για το μέγεθος των ατυχημάτων y παίρνει συνήθως τιμές 2 ή 3 (η συζήτηση για τις τιμές αυτές ακολουθεί αμέσως παρακάτω), αποτελεί ίσως ένα δείγμα του πόσο μπορούν να επηρεάζουν οι συντελεστές βαρύτητας το εξαγόμενο ρίσκο. Έτσι η εξίσωση των y, β με τη μονάδα, ενδέχεται να υποτιμάει το πραγματικό μέγεθος του ρίσκου, ενώ τιμές κατά πολύ μεγαλύτερες του 1, φαίνεται πως το υπερεκτιμούν.

Τα παραπάνω μας προσανατολίζουν ότι, για $f_N > 1$, καθώς η εντροπία του συστήματος μεταβάλλεται στο διάστημα $[0, S_{max}]$ ⁵⁵ το β θα παίρνει τιμές στο διάστημα $[1,3]$.

Σημειώνουμε εδώ ότι για $f_N < 1$ ⁵⁶ η ύψωση σε $\beta \in [1,3]$ θα είχε ως συνέπεια τη μείωση της τιμής της συνάρτησης u κάτι που είναι αντίθετο με την απαίτηση μας, η αβεβαιότητα του συστήματος να αποτυπώνεται στη συνάρτηση u αυξάνοντας την τιμή της.

Για το λόγο αυτό στην περίπτωση που $f_N < 1$ θεωρούμε ότι το β παίρνει τιμές από 1 έως 0 καθώς η εντροπία μεταβάλλεται στο διάστημα $[0, S_{max}]$.

Για τον συντελεστή y μπορούμε έμμεσα να βγάλουμε συμπεράσματα από την ήδη υπάρχουσα πρακτική παραγωγής *Κριτηρίων*. Έχουμε ήδη συζητήσει για το πώς κατά τον σχεδιασμό των ορίων πάνω στις καμπύλες $F-N$ ο αριθμός των νεκρών ανά ατύχημα υψώνεται ουσιαστικά σε ένα συντελεστή ο οποίος, συνήθως, παίρνει τιμή είτε -1 είτε -2.

Αυτά ωστόσο αφορούν στο όριο της αθροιστικής κατανομής F_N . Εμείς αντίθετα στο μοντέλο μας δεν χρησιμοποιούμε τις αθροιστικές συχνότητες F , αλλά τις απόλυτες f . Αποδεικνύεται ότι για την ευθεία- όριο, f_N , ο συντελεστής στον οποίο υψώνεται ο αριθμός των νεκρών είναι κατά μία μονάδα μεγαλύτερος σε σχέση με τον αντίστοιχο συντελεστή της αθροιστικής F_N . Έτσι όρια για τις αθροιστικές συχνότητες με κλίση -1 θα δίνουν όριο για τις απόλυτες συχνότητες με κλίση -2, ενώ όρια για τις αθροιστικές συχνότητες με κλίση -2 θα δίνουν όρια για τις απόλυτες συχνότητες με κλίση -3. Η απόδειξη παρατίθεται στο τέλος του κεφαλαίου (Παράρτημα 1).

Ας προσέξουμε τώρα το εξής. Παραδοσιακά στην Ανάλυση Ρίσκου αυτό που ζητάμε να υπολογίσουμε είναι το μέγιστο αποδεκτό όριο. Έτσι, αν η μέγιστη αποδεκτή συχνότητα ατυχήματος μεγέθους ακριβώς N νεκρών είναι,

⁵⁵ Εντελώς ανάλογα θα μοντελοποιούσαμε και με γνώμονα την τυπική απόκλιση. Εδώ επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε την εντροπία που σε αντίθεση με την τυπική απόκλιση μπορεί να εφαρμοστεί για οποιαδήποτε σ.π.π..

⁵⁶ Το πρόβλημα αυτό σχετίζεται με τη μονοτονία της συνάρτησης c^x η οποία είναι αύξουσα για $c \in (1, \infty)$ και φθίνουσα για $c \in (0,1)$. Δυστυχώς στη βιβλιογραφία η λεπτομέρεια αυτή σε μεγάλο βαθμό παραβλέπεται, με εξαίρεση τον Bedford ο οποίος απαιτεί, $i > 1$ (λαμβάνει αριθμό ατυχημάτων και όχι συχνότητες) χωρίς περαιτέρω αναφορά στο ζήτημα. Ωστόσο εμείς δεν βρίσκουμε κανέναν λόγο γιατί να ισχύει μια τέτοια απαίτηση υποχρεωτικά και γι' αυτό προχωρήσαμε στη διάκριση για $f > 1$ και για $f < 1$.

$$f_N = c \cdot N^a$$

ο συντελεστής βαρύτητας a θέλουμε να έχει αρνητική τιμή, ακριβώς για να μειώνεται η μέγιστη αποδεκτή συχνότητα f αυξανόμενου του αριθμού των νεκρών N .

Η δικιά μας προσέγγιση δεν περιλαμβάνει την απευθείας εξαγωγή ορίου αλλά αντίθετα τον υπολογισμό του μεγέθους του ρίσκου της δραστηριότητας, με τη χρήση της γενικής συνάρτησης *μη- χρησιμότητας*,

$$u = f_N^\beta \cdot N^y$$

Συνέπεια αυτής της διαφορετικής προσέγγισης είναι ότι προκειμένου να αποδίδεται μεγαλύτερη βαρύτητα σε ατυχήματα μεγαλύτερου μεγέθους, ζητάμε έναν συντελεστή y ο οποίος δεν θα έχει πλέον περιοριστικό, αλλά αυξητικό ρόλο στην τιμή της συνάρτησης. Εφ' όσον μάλιστα ο αριθμός των νεκρών είναι μεγαλύτερος της μονάδας, ο y θα πρέπει είναι θετικός αριθμός και μάλιστα μεγαλύτερος της μονάδος.

Έτσι οι τιμές που συνήθως λαμβάνει η κλίση της *οριακής* f_N (-2 , και -3) μεταφράζονται σε $y=2$ και $y=3$ αντίστοιχα.

Αν στα προηγούμενα προστεθεί και η περίπτωση της ουδέτερης στάσης απέναντι στο μέγεθος των ατυχημάτων (κλίση οριακής f_N , -1) οδηγούμαστε και στην τιμή $y=1$.

Μάλιστα, αν μαζί με τα παραπάνω συνυπολογιστούν και τα σχόλια που κάναμε κατά τον υπολογισμό του συντελεστή β , και τα οποία αφορούσαν στον κίνδυνο υπερεκτίμησης του ρίσκου αν χρησιμοποιηθούν υπερβολικά υψηλές τιμές για τους συντελεστές βαρύτητας, καταλήγουμε, σε πρώτη προσέγγιση, στην απαίτηση ο συντελεστής y να λαμβάνει τιμές στο διάστημα $[1,3]$.

Τέλος θα ήταν ίσως σωστότερο, η τιμή του y να μην είναι σταθερή αλλά να μεταβάλλεται στο $[1, 3]$, συναρτήσει του αριθμού των νεκρών ανά ατύχημα N και του τρόπου με τον οποίο το κοινό αντιδρά σε ατυχήματα με αυξημένο μέγεθος γενικότερα, αλλά και ανάλογα με την κάθε δραστηριότητα ειδικότερα.

14.4.2.2 Παράδειγμα κατασκευής της συνάρτησης u με χρήση των στοιχείων από τις θαλάσσιες μεταφορές στην Ελλάδα.

Αξίζει ίσως σε αυτό το σημείο να δοκιμάσουμε την εφαρμογή μιας σχέσης της μορφής,

$$u = f_N^\beta \cdot N^y$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14. Συνολική κριτική στα Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου- Προτάσεις

σε ένα παράδειγμα με πραγματικά στοιχεία, ώστε να διερευνήσουμε αφενός το πως δουλεύει γενικά και αφετέρου τη σχέση που μπορεί να έχει με τις καμπύλες $F-N$ στην παραδοσιακή τους μορφή.

Θα αντλήσουμε τα στοιχεία μας από το Κεφάλαιο 6 και τη στατιστική Ανάλυση που έγινε εκεί όσον αφορά στις θαλάσσιες μεταφορές στα ελληνικά χωρικά ύδατα κατά την περίοδο 1992- 2005.

Αντιγράφουμε από τον πίνακα 18 τα στοιχεία για τον αριθμό των ατυχημάτων ανάλογα με τον αριθμό των νεκρών που προκάλεσαν, ενώ ανάγουμε στις αντίστοιχες συχνότητες ανά έτος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 47. Στατιστικά στοιχεία για τα ναυτικά ατυχήματα στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο κατά την περίοδο 1992- 2005			
		Πηγή: Υ.Ε.Ν.	
Αριθμός Νεκρών, N	Αριθμός Ατυχημάτων που είχαν ως αποτέλεσμα ακριβώς N νεκρούς.	Συχνότητα ατυχημάτων με αποτέλεσμα ακριβώς N νεκρούς (ανά έτος)	Συχνότητα ατυχημάτων με αποτέλεσμα N ή παραπάνω νεκρούς (ανά έτος)
1	10	0,714285714	1,571428571
2	4	0,285714286	0,857142857
2.5	1	0,071428571	0,571428571
4	1	0,071428571	0,5
6	1	0,071428571	0,428571429
7	1	0,071428571	0,357142857
8.3	1	0,071428571	0,285714286
14	1	0,071428571	0,214285714
20	1	0,071428571	0,142857143
80	1	0,071428571	0,071428571
Σύνολο	22		

Με αυτά τα δεδομένα θα υπολογίσουμε τη συνάρτηση μη- χρησιμότητας της δραστηριότητας «θαλάσσιες μεταφορές στα ελληνικά χωρικά ύδατα». Καθώς η συνάρτηση στην οποία έχουμε καταλήξει είναι παραμετρική ως προς β και γ θα υπολογίσουμε τις τιμές της για διάφορες τιμές αυτών των παραμέτρων.

- $\beta=1, \gamma=1$

Η συνάρτηση μη χρησιμότητας θα είναι,

$$u = f_N \cdot N$$

Η παραπάνω μορφή αποτελεί μια ουδέτερη αντιμετώπιση του ρίσκου της δραστηριότητας καθώς η «σοβαρότητα» κάθε κατηγορίας ατυχημάτων ισούται απλώς

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14. Συνολική κριτική στα *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου- Προτάσεις*

και μόνον με τον αναμενόμενο αριθμό νεκρών εξ αιτίας αυτής της κατηγορίας ανά έτος. Είναι προφανές ότι έτσι ορισμένη η $\int_1^{N_{max}} u$, ισούται με το *PLL* της δραστηριότητας.

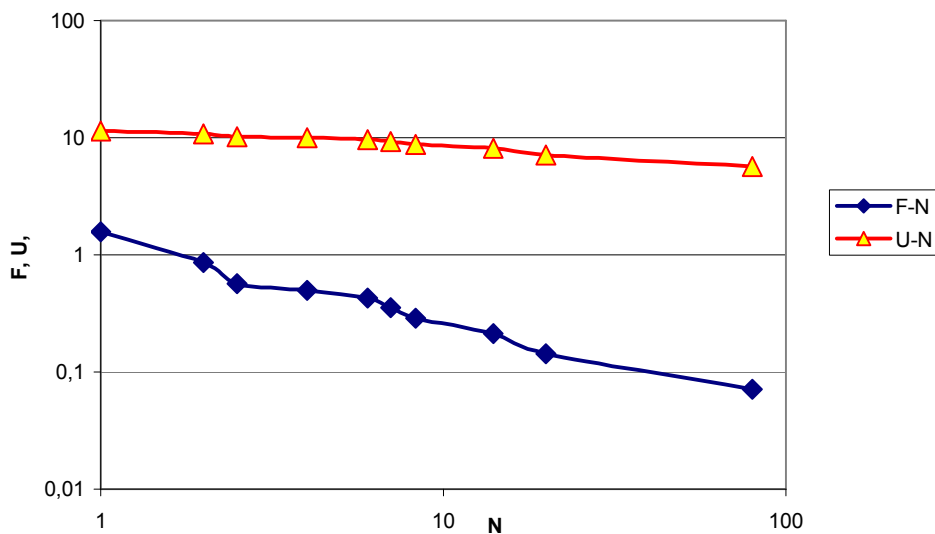
Στον πίνακα που ακολουθεί παραθέτουμε τις τιμές τις u για τα δεδομένα μας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 48. Τιμές συνάρτησης u και αθροιστικής U ανά κατηγορία ατυχημάτων ($\beta=1, \gamma=1$)			
Αριθμός Νεκρών, N	Συχνότητα ατυχημάτων με αποτέλεσμα ακριβώς N νεκρούς (ανά έτος)	$u = f_N \cdot N$	Αθροιστική συνάρτηση μη-χρησιμότητας U
1	0,714285714	0,7142857	11,414286
2	0,285714286	0,5714286	10,7
2.5	0,071428571	0,1785714	10,128571
4	0,071428571	0,2857143	9,95
6	0,071428571	0,4285714	9,6642857
7	0,071428571	0,5	9,2357143
8.3	0,071428571	0,5928571	8,7357143
14	0,071428571	1	8,1428571
20	0,071428571	1,4285714	7,1428571
80	0,071428571	5,7142857	5,7142857

Η δεξιά στήλη του πίνακα περιέχει τις τιμές της αθροιστικής συνάρτησης U , δηλαδή της συνάρτησης μη-χρησιμότητας ατυχήματος N ή περισσότερων νεκρών. Η τιμή U_N υπολογίζεται ως, $U_N = u_N + u_{N+1} + \dots + u_{N_{max}}$

Ο παραπάνω πίνακας διαβάζεται ως εξής. Ο αναμενόμενος αριθμός νεκρών ως αποτέλεσμα ατυχήματος με 2 νεκρούς είναι περίπου 0,57 ετησίως, ενώ ο αναμενόμενος αριθμός νεκρών ως αποτέλεσμα ατυχήματος με 2 ή παραπάνω νεκρούς είναι 10,7. Αντίστοιχα και για τα υπόλοιπα μεγέθη ατυχημάτων.

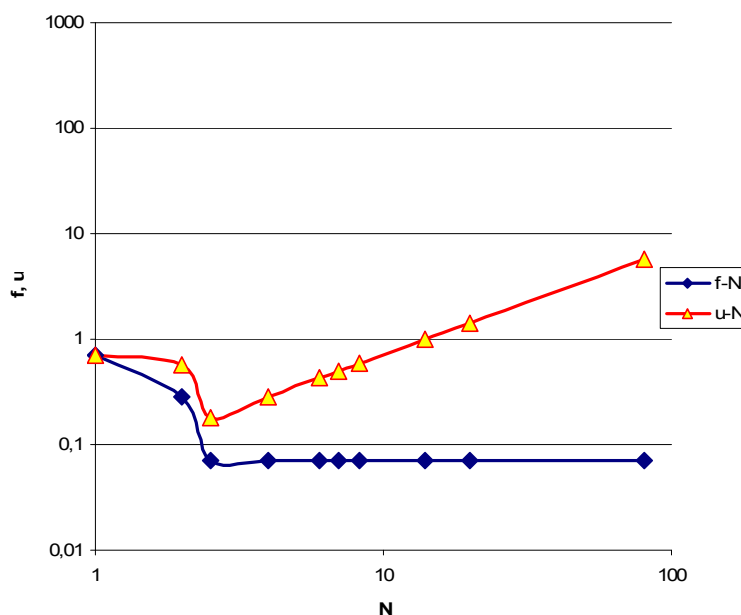
Εάν αντιπαραβάλουμε την καμπύλη $U-N$ που προκύπτει, με την καμπύλη $F-N$ της δραστηριότητας λαμβάνουμε το ακόλουθο διάγραμμα.



Σχήμα 79. Σύγκριση $F-N$ με $U-N$

Αυτό που είναι προφανές από το παραπάνω διάγραμμα είναι ότι η αθροιστική συνάρτηση μη- χρησιμότητας δεν ακολουθεί τη αθροιστική συνάρτηση των συχνοτήτων. Είναι μεν φθίνουσα ωστόσο ο ρυθμός με τον οποίο φθίνει είναι αισθητά μικρότερος από το ρυθμό με τον οποίο φθίνει η $F-N$. Αυτό οφείλεται στο ότι ένα μεγάλο ποσοστό της συνολικής μη- χρησιμότητας οφείλεται στο ατύχημα με το μέγιστο αριθμό νεκρών.

Στην οπτικοποίηση των παραπάνω παρατηρήσεων θα βοηθούσε πολύ ένα διάγραμμα $f-N$ στο οποίο θα αντιπαραβάλλεται η u συναρτήσει του αριθμού των νεκρών N .



Σχήμα 80. Σύγκριση $f-N$ με $u-N$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14. Συνολική κριτική στα Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου- Προτάσεις

Παρατηρούμε ότι αρχικά οι δύο καμπύλες ακολουθούν παράλληλη φθίνουσα πορεία με τη καμπύλη u να βρίσκεται λίγο πάνω από την $f \cdot N$. Ωστόσο για ατυχήματα με 2,5 νεκρούς και πάνω η μεν $f \cdot N$ σταθεροποιείται η δε $u \cdot N$ συνεχίζει αύξουσα μέχρι το u_{max} το οποίο εμφανίζεται για το ατύχημα με τους 80 νεκρούς.

Ας επιμείνουμε λίγο στο θέμα της αλλαγής μονοτονίας της $u \cdot N$. Από την αρχή συζητήσαμε ότι με τις τιμές που επιλέγηκαν για τις παραμέτρους της συνάρτησης *μη-χρησιμότητας*, η τιμή της για κάθε κατηγορία ατυχήματος θα εκφράζει τον ετήσιο αριθμό θανάτων λόγω ατυχημάτων αυτής της κατηγορίας. Αυτό θα είναι και το μόνο κριτήριο για την προτίμηση μας μεταξύ δύο ατυχηματικών καταστάσεων. Έτσι η $u_1 = 0,714$ είναι δυσμενέστερη κατάσταση από την $u_{8,3} = 0,593$ αλλά προτιμότερη από την κατάσταση $u_{14} = 1$.

Η ουδετερότητα της u είναι προφανής καθώς μόνο μέτρο σύγκρισης μεταξύ των διαφορετικών κατηγοριών ατυχημάτων είναι ο αναμενόμενος αριθμός νεκρών. Επί πλέον παρατηρούμε ότι ενώ η συχνότητα ατυχήματος με 80 νεκρούς είναι κατά μια τάξη μεγέθους **μικρότερη** από τη συχνότητα ατυχήματος με 1 νεκρό, η τιμή της u για τους 80 νεκρούς είναι περίπου μία τάξη μεγέθους **μεγαλύτερη** από την αντίστοιχη για ατυχήματα με 1 νεκρό.

- $\beta = 1, \gamma = 2$

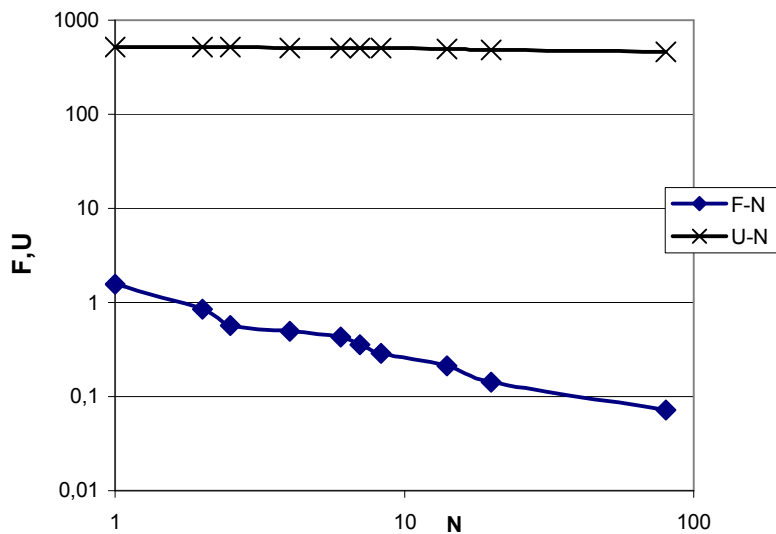
Για $\beta = 1, \gamma = 2$ η συνάρτηση *μη-χρησιμότητας* γίνεται,

$$u = f_N \cdot N^2$$

Οι τιμές των u, U είναι τώρα,

ΠΙΝΑΚΑΣ 49. Τιμές συνάρτησης u και αθροιστικής U ανά κατηγορία ατυχημάτων ($\beta=1, \gamma=2$)		
Αριθμός Νεκρών, N	$u = f_N \cdot N$	Αθροιστική συνάρτηση <i>μη-χρησιμότητας</i> U
1	0,714286	514,1529
2	1,42857	513,4386
2.5	0,446429	512,2957
4	1,42857	511,8493
6	2,571429	510,7064
7	3,5	508,135
8.3	4,920714	504,635
14	14	499,7143
20	28,57143	485,7143
80	457,1429	457,1429

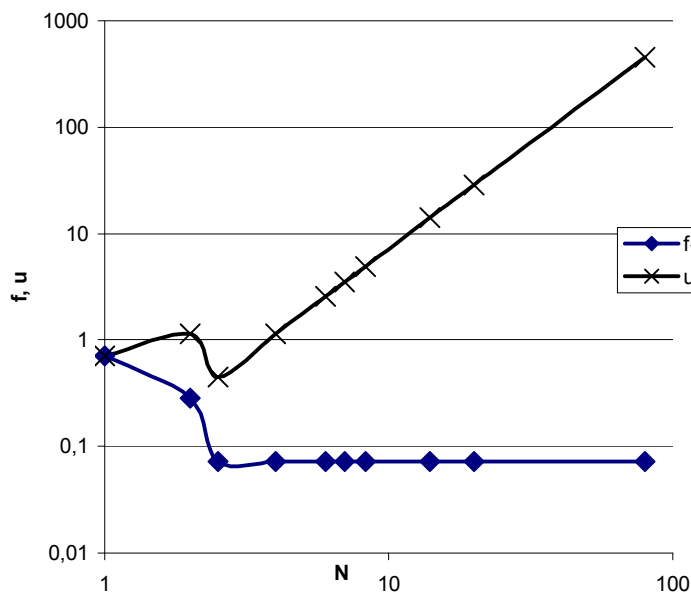
Αντιπαραθέτουμε ξανά την $U-N$ στην $F-N$.



Σχήμα 81. Σύγκριση $F-N$ με $U-N$

Δύο πρώτες παρατηρήσεις είναι οι εξής. Αρχικά η U ($\beta=1, \gamma=2$) είναι μετατοπισμένη περίπου 50 φορές προς τα πάνω σε σχέση με την U ($\beta=1, \gamma=1$). Επιπλέον φαίνεται να είναι ακόμα περισσότερο «αναίσθητη» στις μεταβολές της $F-N$ με την κλίση της να είναι πλέον πολύ μικρή.

Συγκρίνουμε τώρα την u με τις απόλυτες συχνότητες f σε κοινό διάγραμμα ως προς N .



Σχήμα 82. Σύγκριση $f-N$ με $u-N$

Η μονοτονία της u αλλάζει τώρα δύο φορές. Ξεκινάει αύξουσα μέχρι ατυχήματα με δύο νεκρούς, φθίνει για ατυχήματα με 2 έως 2,5 και κατόπιν συνεχίζει αύξουσα μέχρι τον μέγιστο παρατηρημένο αριθμό νεκρών σε ένα ατύχημα (80 νεκροί). Φαίνεται ίσως οξύμωρο ότι τα 4 ατυχήματα με 2 νεκρούς αποτελούν, σύμφωνα με την u , δυσμενέστερη κατάσταση σε σχέση με τα δέκα ατυχήματα με 1 νεκρό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι για τον υπολογισμό της u ο αριθμός των νεκρών υψώνεται στο τετράγωνο.

Έτσι το u_2 δεν εκφράζει πλέον τον αναμενόμενο ετήσιο αριθμό νεκρών λόγω ατυχημάτων με 2 απώλειες, αλλά την υποκειμενική μας κρίση για τον αριθμό αυτό με βάση την αποστροφή μας προς τα πολύνεκρα ατυχήματα. Δηλαδή, $u_2 = 1,143$ σημαίνει ότι ο πραγματικός ετήσιος αριθμός των νεκρών (0,571) από αυτή την κατηγορία ατυχημάτων, ισοδυναμεί για εμάς με 1,143 νεκρούς ανά έτος. Για ατυχήματα της τάξης των 80 νεκρών, από την πραγματική τιμή των 5,174 νεκρών ανά έτος εκτοξευόμαστε στους 457,143.

Μια τέτοια δραματική αύξηση δικαιολογείται για ατυχήματα κοντά στο N_{max} λόγω της σφοδρότητας τους και του αντίκτυπου που έχουν στην κοινή γνώμη όταν συμβαίνουν. 7 χρόνια μετά, το ατύχημα του *EXPRESS SAMINA* αποτελεί ακόμα αντικείμενο συζητήσεων και επηρεάζει τις εξελίξεις στη ναυτιλία.

Ωστόσο είναι δικαιολογημένη μια τέτοια στάση και για ατυχήματα με χαμηλό αριθμό νεκρών; Για $N = 2$ οι 0,571 νεκροί ανά έτος, θεωρούνται ισοδύναμοι με 1,143 νεκρούς. Μια τόσο μεγάλη αυστηρότητα για μικρά N φαίνεται κάπως υπερβολική, γι' αυτό ίσως θα έπρεπε να μεταβάλλουμε την παράμετρο y ανάλογα με το N .

- $\beta = 1, y = y(N)$

Στα επόμενα διατηρούμε το β σταθερό και ίσο με τη μονάδα και μεταβάλλουμε το y για τα διάφορα N .

Έτσι η συνάρτηση μη- χρησιμότητας γίνεται,

$$u = f_N \cdot N^{y(N)}$$

Είναι,

$$y = 1, \quad N \in [1,4)$$

$$y = 1,25 \quad N \in [4,8)$$

$$y = 1,75 \quad N \in [8,20]$$

$$y = 2 \quad N \in (20, \infty)$$

Κανονικά θα μπορούσαμε αντίστοιχα να μεταβάλλουμε και το β στο διάστημα (0, 1)⁵⁷, ωστόσο εξαιτίας του αρκετά μικρού δείγματος που έχουμε στα χέρια μας

⁵⁷ Σύμφωνα με όσα αναφέρουμε στην παράγραφο 14.4.2.2.1

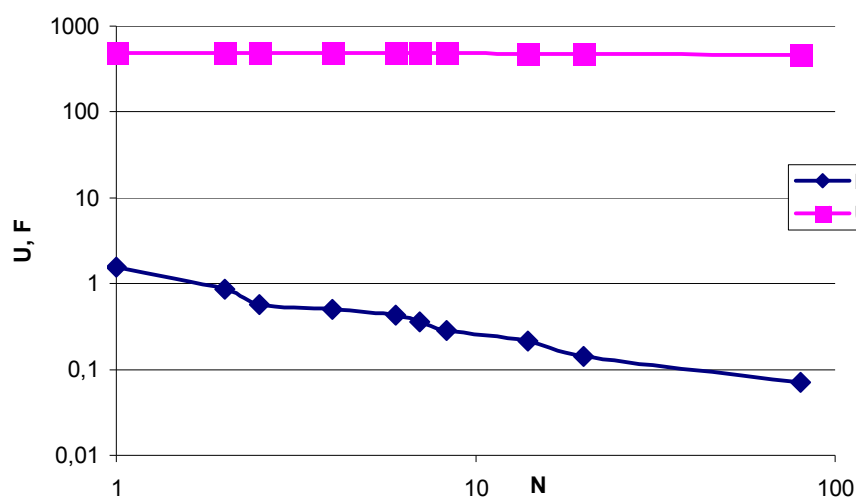
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14. Συνολική κριτική στα *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου*- Προτάσεις

θεωρούμε ότι οι συχνότητες ειδικά για τα μεγάλα ατυχήματα είναι ήδη υπερεκτιμημένες, οπότε μια τέτοια κίνηση θα είχε σαν συνέπεια μια υπερβολικά αυστηρή αντιμετώπιση προς τη δραστηριότητα μας.

Τονίζεται ακόμα ότι οι τιμές της $y(N)$ πρέπει να θεωρηθούν ενδεικτικές και εξυπηρετούν αποκλειστικά την κατάστρωση του συγκεκριμένου παραδείγματος. Οι τιμές των u και U παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί.

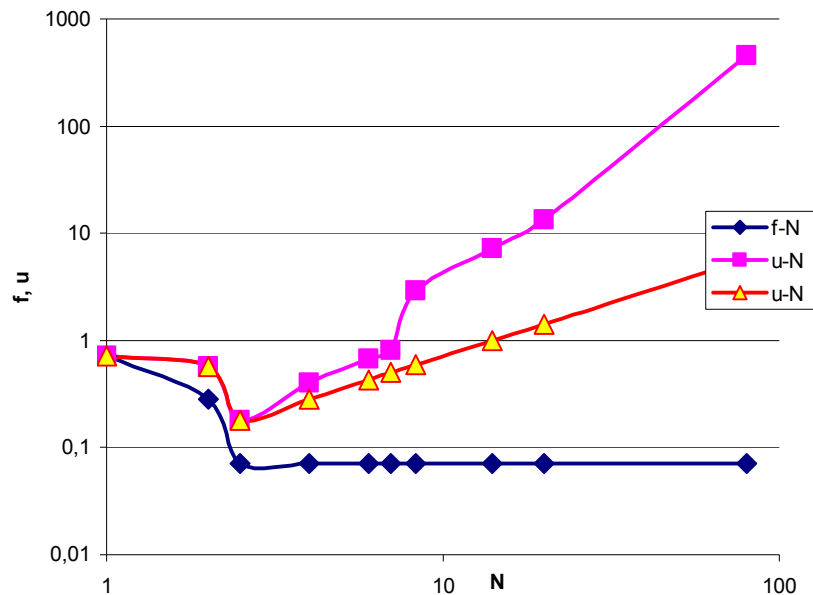
ΠΙΝΑΚΑΣ 50. Τιμές συνάρτησης u και αθροιστικής U ανά κατηγορία ατυχημάτων ($\beta=1, \gamma=y(N)$)		
Αριθμός Νεκρών, N	$u = f_N \cdot N$	Αθροιστική συνάρτηση μη-χρησιμότητας U
1	0,7142857	484,14253
2	0,5714286	483,42825
2.5	0,1785714	482,85682
4	0,404061	482,67825
6	0,6707505	482,27418
7	0,8132883	481,60343
8.3	2,8990695	480,79015
14	7,2376242	477,89108
20	13,510594	470,65345
80	457,14286	457,14286

Η αθροιστική $U-N$ δεν διαφέρει ουσιαστικά από την εικόνα που είχαμε για $\beta=1, \gamma=2$. Βρίσκεται ελάχιστα μετατοπισμένη προς τα κάτω, ενώ έχει και λίγο μικρότερη κλίση.



Σχήμα 83. Σύγκριση $F-N$ με $U-N$

Θα καταφύγουμε ξανά στο κοινό διάγραμμα $u-N$ και $f-N$ για περισσότερες πληροφορίες.



Σχήμα 84. Σύγκριση $f-N$ με $u-N$

Διαλέξαμε να διατηρήσουμε και την γραφική παράσταση της u ($\beta=1, \gamma=1$) (κόκκινη γραμμή) για να τη συγκρίνουμε με τη u ($\beta=1, \gamma=y(N)$).

Αρχικά και μέχρι το $N=2,5$ οι δύο παραστάσεις ταυτίζονται. Έπειτα ακολουθούν μια ανοδική πορεία με την u ($\beta=1, \gamma=y(N)$) να βρίσκεται λίγο ψηλότερα από την u ($\beta=1, \gamma=1$) και τέλος συνεχίζουν την ανοδική πορεία τους, με την u ($\beta=1, \gamma=y(N)$) όμως να έχει σαφώς μεγαλύτερη κλίση και να καταλήγει σε u_{max} περίπου 50 φορές μεγαλύτερο σε σχέση με την u ($\beta=1, \gamma=1$).

Αυτό δηλαδή που τελικά επιτύχαμε με τη χρησιμοποίηση διαφορετικών τιμών για το γ ανάλογα με τον αριθμό των νεκρών N είναι ότι μέχρι το και το $N=7$ διατηρήσαμε χαμηλά τις τιμές της u , κοντά σε μια ουδέτερη αντιμετώπιση. Αντίθετα καθώς μεγαλώνει ο αριθμός των νεκρών η αντιμετώπιση μας σταματάει να είναι ουδέτερη και γίνεται ξεκάθαρα αποτρεπτική προς ατυχήματα με μεγάλους αριθμούς νεκρών.

14.4.2.2.3 Εισαγωγή του υποκειμενικού ρίσκου στο μοντέλο μας

Μέχρι στιγμής έχουμε καταλήξει σε μια συνάρτηση της μορφής,

$$u = f_N^\beta \cdot N^\gamma$$

ενώ συζητήσαμε και τον τρόπο προσδιορισμού των γ και β .

Βέβαια η παραπάνω σχέση ενέχει ήδη ένα βαθμό υποκειμενικότητας καθώς τα α , β δεν αποτελούν τίποτε άλλο παρά τη δικιά μας στάση απέναντι σε δύο εγγενείς ιδιότητες του συστήματος μας όπως είναι η αβεβαιότητα στον προσδιορισμό του μεγέθους αλλά και το ίδιο το μέγεθος των ατυχημάτων. Ωστόσο παραμένουν μια σειρά από παράγοντες όπως τους συζητήσαμε στο Κεφάλαιο 5 τους οποίους θα έπρεπε να λάβουμε υπ' όψιν εάν θέλουμε το μοντέλο να είναι κατά το δυνατόν πλήρες.

Ακολουθώντας τη διαδικασία που παρουσιάστηκε στην 5.1.2 καταλήγουμε σε μια σχέση της μορφής,

$$R = u \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (raf_i \cdot a_i)}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

όπου u η συνάρτηση μη- χρησιμότητας όπως υπολογίστηκε στην προηγούμενη παράγραφο

και

$raf_i \in [0.5, 2]^{58}$, είναι η τιμή που αποδίδεται στον παράγοντα i

$a_i \in [0, 1]$, η βαρύτητα που έχει ο παράγοντας i στον υπολογισμό του υποκειμενικού ρίσκου

n η ποσότητα των συνολικών παραγόντων raf που επηρεάζουν τον υπολογισμό του υποκειμενικού ρίσκου

14.4.2.2.4 Μετατροπή του ρίσκου σε χρηματικές μονάδες

Εφ' όσον έχουμε πλέον στα χέρια μας συνάρτηση που κατά τον δυνατόν πληρέστερο τρόπο απεικονίζει το ρίσκο που ενέχει κάποια δραστηριότητα, μένει να την μετατρέψουμε σε χρηματικές μονάδες ώστε να είναι συγκρίσιμη με τη συνάρτηση του κέρδους της δραστηριότητας.

Έτσι εάν η απώλεια μιας ανθρώπινης ζωής ισοδυναμεί με απώλεια ψ χρηματικών μονάδων τότε το ρίσκο εκφρασμένο σε χρηματικές μονάδες θα είναι,

⁵⁸ συντομογραφία του *Perception Affecting Factors*

$$R_{\psi} = \psi \cdot f^{\beta} \cdot N^{\gamma} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (paf_i \cdot a_i)}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

Από τη βιβλιογραφία ενδεικτικές τιμές του ψ μπορούν να είναι από 1,5 έως 4 εκατομμύρια \$.

Η τελευταία σχέση από μόνη της αποτελεί μια αρκετά περιεκτική εικόνα της δραστηριότητας από την πλευρά του ρίσκου. Συμπεριλαμβάνει τις έννοιες της αποστροφής απέναντι σε πολύνεκρα ατυχήματα (συντελεστής γ), της αποστροφής απέναντι σε ατυχηματικές συμπεριφορές μεγάλης αβεβαιότητας (συντελεστής β), καθώς και ένα πλήθος από άλλους παράγοντες που έχουν να κάνουν με τον τρόπο που το κοινό βλέπει το ρίσκο και συμπυκνώνονται στα paf_i και a_i . Παραδοσιακά η διαδικασία της *Αποτίμησης Ρίσκου* κάπου εδώ θα σταματούσε.

Ωστόσο για τους λόγους που αναφέραμε και νωρίτερα θεωρούμε ότι έχει νόημα να διερευνήσουμε όχι μόνο το ρίσκο που προκύπτει ως αποτέλεσμα κάποιας δραστηριότητας αλλά και το αντίστοιχο κέρδος. Η βιβλιογραφία παρέχει ελάχιστα τέτοια παραδείγματα και κατά συνέπεια εδώ στόχος δεν είναι να δώσουμε την τελικά λύση στο πρόβλημα, αλλά περισσότερο γενικές κατευθύνσεις ως προς την πορεία που πρέπει να ακολουθηθεί στο εξής.

14.4.2.3 Κατασκευή της συνάρτησης B

Ο Skjong θέτει το ζήτημα του συνυπολογισμού της κοινωνικής προσφοράς κάποιας δραστηριότητας στην κατασκευή *ορίων Αποδοχής Ρίσκου* για τη δραστηριότητα αυτή. Έτσι μεταξύ δύο δραστηριοτήτων, αυτή με τον υψηλότερο βαθμό κοινωνικής προσφοράς θα είχε και ψηλότερα αποδεκτά επίπεδα ρίσκου. Ωστόσο, η οικονομική αξία της δραστηριότητας, το μέγεθος που χρησιμοποιεί ο Skjong για να αποτυπώσει την έννοια της «κοινωνικής προσφοράς», είναι το λιγότερο αμφίβολο αν επιτυγχάνει το στόχο της.

Η σύγκριση ρίσκου- οφέλους βρίσκεται σε ευρεία εφαρμογή στην φαρμακευτική⁵⁹ και στην ερευνητική ιατρική⁶⁰. Μάλιστα η Ιατρική Κοινότητα με την Διακήρυξη του Ελσίνκι⁶¹ και τις διάφορες αναθεωρήσεις της, επιχείρησε να συμπεριλάβει και θεσμικά την ανάγκη για ανάλυση ρίσκου- οφέλους στην ιατρική πρακτική.

⁵⁹ πχ. 'Risk- Benefit Considerations in ADHD Pharmacotherapy', Princeton CME

⁶⁰ πχ. 'Research involving persons with Mental Disorders that may affect decision-making capacity', National Bioethics Advisory Commission

⁶¹ 'World Medical Association Declaration of Helsinki, Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects', The World Medical Association

Σε αυτό το σημείο θέλουμε να καταστήσουμε ξεκάθαρο ότι η ανάλυση *ρίσκου-οφέλους* που προτείνουμε εδώ, είναι πολύ διαφορετική από την ανάλυση *κόστους-οφέλους* όπως την συναντήσαμε σε οργανισμούς όπως ο IMO και ο HSE. Εκεί η ανάλυση *κόστους-οφέλους* στοχεύει στην αποτύπωση της αποτελεσματικότητας των *μέτρων ελέγχου του ρίσκου (Risk Control Options)*. Η απόφαση για την ανάγκη μείωσης του ρίσκου έχει ήδη παρθεί και μας ενδιαφέρει η αποδοτικότητα των εργαλείων που χρησιμοποιούμε για να την επιτύχουμε. Αντίθετα, με την ανάλυση *ρίσκου-οφέλους* εξετάζουμε το ίδιο το ζήτημα της αποδοχής ή μη του ρίσκου.

Έτσι μέχρι σήμερα η διαδικασία έχει περίπου ως εξής. Πρώτα καθορίζονται τα όρια της περιοχής ALARP. Στη συνέχεια τα όρια αυτά συγκρίνονται με την πραγματική εικόνα της καμπύλης *F-N* της δραστηριότητας. Αν η καμπύλη *F-N* βρίσκεται μέσα στην ALARP περιοχή λαμβάνονται μέτρα για τη μείωση του ρίσκου (*Risk Control Options*) μέσα από μια διαδικασία *κόστους (εξ αιτίας της εφαρμογής των μέτρων)-οφέλους (από την εφαρμογή των μέτρων)*. Έτσι προκύπτουν τα μεγέθη *GCAF* και *NCAF* που καθορίζουν το ολικό και το καθαρό κόστος για την αποτροπή ενός θανάτου.

Η μεθοδολογία που περιγράφεται εδώ δεν αφορά στην αποτίμηση των διαφορετικών *RCO* για την επιλογή του καταλληλότερου. Θα λέγαμε ότι βρίσκεται ένα βήμα πριν. Εξετάζει συνολικά τη δραστηριότητα, το τι αυτή προσφέρει (ως όφελος) και τι ζητάει από εμάς (με τη μορφή ρίσκου). Αυτός είναι και ο λόγος που το όφελος πια δεν μπορεί να μετριέται σε «θανάτους που αποφεύχθηκαν» αλλά στα πραγματικά οφέλη που προσδοκά από τη δραστηριότητα το άτομο που υπόκειται στο ρίσκο αλλά και η κοινωνία συνολικά.

Τονίζεται ακόμα ότι η μεθοδολογία που περιγράφουμε δεν είναι συμβατή με τα υπάρχοντα όρια. Δεν προτείνεται ως συμπληρωματικό εργαλείο στα *Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου* που έχουμε στη διάθεση μας σήμερα, αλλά ως μια διαφορετική πορεία προς τον καθορισμό *Κριτηρίων* από την αρχή.

Τέλος πρέπει να γίνει σαφές ότι η ανάλυση *ρίσκου-οφέλους* δεν μπορεί να εφαρμόζεται χωρίς φραγμό. Το αναμενόμενο κέρδος από κάποια δραστηριότητα δεν μπορεί να δικαιολογεί το ρίσκο όταν αυτό ξεπερνάει κάποια όρια. Η απαίτηση αυτή συζητήθηκε και στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, απ' όπου διαβάζουμε:

«Παρ' όλα αυτά η ανάλυση ρίσκου-οφέλους δεν μπορεί να δώσει απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις και για παράδειγμα ζητήματα ηθικής τάξης θα πρέπει να αποκτούν προτεραιότητα, στις περιπτώσεις όπου κάτι δεν μπορεί να γίνει αντικείμενο ανταλλαγής ρίσκου-οφέλους επειδή θα είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση της αξιοπρέπειας κάποιου ανθρώπου ή ζώου.»⁶²

⁶² 'PRELIMINARY REPORT ON SCIENTIFIC QUALITY OF LIFE CRITERIA IN RISK BENEFIT ASSESSMENT', European Commission, Health and Consumer Protection Directorate General

14.4.2.3.1 Προσδιορισμός της έννοιας του οφέλους

Η Εθνική Συμβουλευτική Επιτροπή σε θέματα Βιοηθικής των Η.Π.Α. (*National Bioethics Advisory Commission*) όσον αφορά στα οφέλη που προκύπτουν από την χρησιμοποίηση ατόμων με πνευματικές αναπηρίες σε κλινικές έρευνες διαχωρίζει τα οφέλη αυτά σε τρεις κατηγορίες:

- Άμεσα οφέλη για το υποκείμενο στην έρευνα άτομο όπως βελτιωμένη φαρμακευτική αγωγή, καλύτερη εκπαίδευση του προσωπικού για την αντιμετώπιση συμπτωμάτων της ασθένειας του ατόμου κλπ.
- Έμμεσα οφέλη για το άτομο, όπως το αίσθημα της ικανοποίησης από την προσφορά σε έναν θετικό σκοπό (όπως η έρευνα για την καλύτερευση της κατάστασης άλλων ασθενών).
- Οφέλη προς τρίτους, όπου συμπεριλαμβάνονται οφέλη προς τις οικογένειες των ασθενών, οφέλη προς άλλους ασθενείς με την ίδια πάθηση, οφέλη προς μελλοντικούς ασθενείς.

Από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι στην πραγματικότητα δύο τύποι οφέλους υπολογίζονται. Το όφελος που απολαμβάνει το ίδιο το άτομο που εκτίθεται στο ρίσκο και το οποίο μπορεί να είναι είτε άμεσο είτε έμμεσο και το όφελος που απολαμβάνει μια ομάδα τρίτων προσώπων ως αποτέλεσμα της δραστηριότητας- πηγής του ρίσκου.

Η *N.B.A.C.* μάλιστα κάνει ιδιαίτερη μνεία σε εκείνες τις περιπτώσεις όπου τα άμεσα ή έμμεσα ατομικά οφέλη είναι ελάχιστα ως ανύπαρκτα σε αντίθεση με τα οφέλη προς τρίτους που είναι ιδιαίτερα υψηλά. Αναφέρεται, ότι παρ' ότι η γενική πρακτική είναι σε τέτοιες περιπτώσεις να γίνεται προσπάθεια για κατά το δυνατόν μείωση του ρίσκου, υπάρχει μερίδα επιστημόνων που καλεί σε **πλήρη απαγόρευση** ανάλογων ερευνών.

Σε αναλογία με τα όσα είδαμε για το όφελος στην ιατρική έρευνα, μπορούμε να πούμε ότι για κάποια επικίνδυνη δραστηριότητα έχουμε τα οφέλη που προσδοκούν από αυτήν οι άμεσα εκτιθέμενοι στο ρίσκο και τα οφέλη που προσδοκά από αυτήν το σύνολο της κοινωνίας το οποίο ενδεχομένως δεν εκτίθεται σε κανέναν απολύτως κίνδυνο από τη δραστηριότητα.

Για ένα πλοίο που εξυπηρετεί τη γραμμή Πειραιάς- Πάρος μπορούμε να διακρίνουμε,

- το *ατομικό όφελος* που προσδοκούν οι εργαζόμενοι στο πλοίο και το οποίο μπορεί να συνοψιστεί στις απολαβές τους ανηγμένες σε κάποια βάση αναγωγής (είτε αναδρομολόγιο είτε ανά μονάδα χρόνου, ανάλογα και με την αντίστοιχη βάση αναγωγής που χρησιμοποιήθηκε για το ρίσκο)

- το ατομικό όφελος που προσδοκούν οι επιβάτες του πλοίου και το οποίο σχετίζεται με την δυνατότητα που τους παρέχει το πλοίο να μεταφερθούν στην Πάρο.
- το κοινωνικό όφελος των κατοίκων του νησιού όπως προκύπτει από τα έσοδα που θα έχουν για παράδειγμα από τον τουρισμό, από τη μεταφορά με το πλοίο αναγκαίων ειδών διαβίωσης κλπ.
- το κοινωνικό όφελος που επιμερίζεται στο σύνολο των κατοίκων της χώρας και μπορεί να σχετίζεται είτε με τις θέσεις εργασίας που δημιουργεί η δραστηριότητα (το πλήρωμα του πλοίου, θέσεις εργασίας στο νησί λόγω τουρισμού κλπ.), είτε με τα έσοδα που αποκομίζει το κράτος από την ίδια τη δραστηριότητα ή και από άλλες δραστηριότητες που εξαρτώνται από αυτήν.

Από τα παραπάνω είναι σαφές ότι πιθανότατα το κοινωνικό όφελος από τη δραστηριότητα είναι πολλαπλάσιο του ατομικού οφέλους που αποκομίζουν από αυτήν οι άμεσα εκτιθέμενοι στο ρίσκο. Αν θέλουμε να κατασκευάσουμε μια συνάρτηση που να απεικονίζει το όφελος από τη δραστηριότητα, αυτή η παράμετρος θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν. Σε αντίθετη περίπτωση, λίγα μεμονωμένα άτομα θα εκτίθενται σε ρίσκο δυσανάλογα μεγάλο το οποίο όμως θα εξισορροπείται από ένα αντίστοιχα μεγάλο όφελος για την κοινωνία.

Έτσι θα ήταν λάθος να γράψουμε την συνάρτηση οφέλους της δραστηριότητας ως,

$$B = A + K$$

όπου A το ατομικό και K το κοινωνικό όφελος, καθώς ένα πολύ μεγάλο K θα συμπარέσυρε την τιμή όλης της B ενώ τα πραγματικά υποκείμενα του κινδύνου, θα είχαν να προσδοκούν ένα μικρό ατομικό όφελος A .

Ίσως ένας τρόπος για να αντιμετωπιστεί αυτή η αντίφαση θα ήταν να επιλέξουμε μια σχέση της μορφής,

$$B = A + K^q$$

όπου ο συντελεστής q θα επιλέγεται έτσι ώστε να συγκρατεί το K από το να παίρνει πολύ μεγάλες τιμές, δηλαδή θα είναι $q \in (0,1)$. Με αυτό τον τρόπο το κοινωνικό όφελος από τη δραστηριότητα λαμβάνεται μεν υπ' όψιν χωρίς όμως να αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα στον προσδιορισμό της τιμής της B .

Παραμένει βέβαια το ζήτημα του υπολογισμού των A και K . Για το παράδειγμα του πλοίου που κάνει τη γραμμή Πειραιάς- Πάρος θα ήταν σχετικά απλό να υπολογιστεί το ατομικό όφελος για το πλήρωμα του πλοίου ως το άθροισμα των μισθών όλων των μελών του, όπως και το κοινωνικό όφελος των κατοίκων του νησιού αλλά και του κράτους εξ αιτίας του τουρισμού που συνδέεται άμεσα με τη δραστηριότητα «πλοίο».

Ωστόσο πώς θα μπορούσαμε να αποτυπώσουμε το ατομικό όφελος των επιβατών του πλοίου, οι οποίοι ταξιδεύουν με προορισμό την Πάρο είτε για διακοπές, είτε για κάποια δουλειά, είτε γιατί απλά εκεί είναι ο τόπος μόνιμης διαμονής τους;

Για παράδειγμα το όφελος που προσδοκά ο επιβάτης από το ταξίδι έχει να κάνει μόνο με τη δυνατότητα που του παρέχει το πλοίο να πάει στην Πάρο, ή μήπως θα έπρεπε να συνυπολογιστεί και το κέρδος από τις δραστηριότητες του στο νησί; Αν πχ. είναι απλώς επισκέπτης του νησιού, το γεγονός ότι του δίνεται η ευκαιρία να κάνει διακοπές και να ξεκουραστεί μήπως θα έπρεπε κάπως να προσμετρηθεί στα οφέλη; Από την άλλη, μήπως μια τέτοια προσέγγιση θα υπερεκτιμούσε τα πραγματικά οφέλη της δραστηριότητας, που περιλαμβάνει την «μετακίνηση προς την Πάρο» αλλά όχι και τις «ξένοιαστες διακοπές»;

Η πιο μετριοπαθής αλλά και γι' αυτό περισσότερο ασφαλής απάντηση στα παραπάνω ερωτήματα θα ήταν, σε πρώτη φάση τουλάχιστον, να εστιάσουμε στα οφέλη του επιβάτη του πλοίου από το ταξίδι αυτό καθ' αυτό. Για παράδειγμα, υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι μετάβασης στον τόπο προορισμού; Για την Πάρο ο επιβάτης θα μπορούσε να επιλέξει και την μετακίνηση με αεροπλάνο. Το γεγονός ότι επέλεξε το πλοίο τι κέρδος του αποδίδει;

Ξανά, η απάντηση μπορεί να είναι πολυεπίπεδη.

Θα μπορούσαμε να πούμε πως ο επιβάτης κερδίζει τη διάφορα μεταξύ αεροπορικού και ακτοπλοϊκού εισιτηρίου. Έτσι αν τα αεροπορικά εισιτήρια έχουν μια τιμή T_1 και τα εισιτήρια για το πλοίο T_2 η διαφορά $T_1 - T_2$ θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει το κέρδος που έχει ο επιβάτης του πλοίου για Πάρο, από αυτό το ταξίδι.

Όμως εξ ίσου σημαντικό μπορεί να είναι για κάποιον, ότι κερδίζει τη δυνατότητα μεταφοράς στο νησί του δικού του μεταφορικού μέσου, ή την ευχαρίστηση του «ταξιδιού με πλοίο» που φαίνεται να είναι αρκετά σημαντική παράμετρος για κάποιους ανθρώπους. Από την άλλη μεριά θα έχει σίγουρα κάποιο κόστος σε χρόνο, το αεροπλάνο θα διένυε την ίδια απόσταση πολύ γρηγορότερα.

Προφανώς η βαρύτητα που έχει ο κάθε ένας από τους παραπάνω παράγοντες είναι διαφορετική από άνθρωπο σε άνθρωπο. Κατά πάσα πιθανότητα οι απαντήσεις ενός μαθητή που πάει στην Πάρο για τις πρώτες του διακοπές, θα ήταν διαφορετικές από αυτές ενός επιχειρηματία που ταξιδεύει για δουλειά.

Το να προσπαθήσουμε να δώσουμε τις απαντήσεις στα πλαίσια αυτής της *Διπλωματικής Εργασίας* θα ήταν βεβιασμένο και πρόχειρο. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχουν.

Μια μέθοδος που θα περιλάμβανε την κατάστρωση ερωτηματολογίων και μια διαδικασία παρόμοια με αυτή που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 5 για το υποκειμενικό ρίσκο, θα μπορούσε ίσως να παράσχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με το πώς αντιλαμβάνεται ο μέσος ταξιδιώτης το κέρδος του από τη δραστηριότητα «ταξίδι με

το πλοίο με προορισμό την Πάρο» και το πώς επιδρούν στο τελικό αποτέλεσμα οι διάφορες συνιστώσες του.

Βέβαια με αυτό τον τρόπο σίγουρα δεν καλύψαμε όλες οι πτυχές του προβλήματος της εύρεσης της συνάρτησης B του οφέλους κάποιας δραστηριότητας. Επιπλέον το παραπάνω, ήταν ένα μόνο παράδειγμα που αφορά στην ακτοπλοΐα. Αν θέλαμε να διερευνήσουμε τη συνάρτηση οφέλους και σε άλλες βιομηχανίες το πιθανότερο είναι πως θα ανέκυπταν νέα προβλήματα στον προσδιορισμό και την αποτίμηση των διαφόρων κατηγοριών οφέλους.

Καθίσταται όμως σαφής η πολυπλοκότητα του ζητήματος, και επί πλέον δικαιολογείται η δυσπιστία μας απέναντι στην πρόταση του Skjongs για την εισαγωγή της οικονομικής αξίας της δραστηριότητας ως μέτρου της κοινωνικής προσφοράς της. Πολύ απλά το πρόβλημα φαίνεται πολύ περίπλοκο για να μπορεί να περιγραφεί με έναν και μοναδικό αριθμό, του οποίου μάλιστα η «φυσική» σημασία είναι αμφισβητήσιμη.

14.4.2.4 Συνολικά

Από τη στιγμή που κατασκευάσαμε τις R και B μπορούμε να επιστρέψουμε στην αρχική συνάρτηση g και να υπολογίσουμε την τιμή της,

$$g = B - R$$

Εάν είναι $g > 0$ η δραστηριότητα κινείται σε αποδεκτά επίπεδα ρίσκου. Εάν $g < 0$ για να γίνει αποδεκτή θα πρέπει να μεταβάλλουμε είτε το R είτε το B . Σε θεσμικό επίπεδο θα πρέπει να διερευνηθεί μέχρι πιο όριο μπορεί η αύξηση του οφέλους να δικαιολογήσει το ρίσκο από κάποια δραστηριότητα.

Τέλος θα πρέπει να γίνεται μια διάκριση μεταξύ δραστηριοτήτων που δίνουν g μεγαλύτερο μεν, κοντά όμως στο μηδέν και δραστηριοτήτων που δίνουν $g \gg 0$. Οι πρώτες απαιτούν μεγαλύτερη προσοχή καθώς μικρές μεταβολές είτε στο B είτε στο R θα είχαν ως αποτέλεσμα την αλλαγή προσήμου στην τιμή της g . Αυτό σημαίνει ότι το ισοζύγιο οφέλους- ρίσκου είναι μόλις θετικό και συνεπώς η δραστηριότητα μόνο οριακά αποδεκτή.

Εάν θεωρήσουμε ότι η B δεν είναι σταθερή αλλά αποτελεί με τη σειρά της μια κατανομή της πιθανότητας του ενδεχομένου να έχουμε όφελος B , μπορεί να οριστεί η αξιοπιστία της δραστηριότητας,

$$E = P(g > 0) = P(B > R)$$

Προφανώς όσο μεγαλύτερο το Ξ τόσο λιγότερες πιθανότητες έχει η δραστηριότητα να βγει εκτός των ορίων του αποδεκτού ρίσκου.

14.5 Συμπεράσματα

Η ανάλυση ρίσκου- οφέλους είναι μια πολλά υποσχόμενη πρακτική η οποία έχει ένα πολύ σημαντικό μειονέκτημα (που υπό προϋποθέσεις θα μπορούσε να μετατραπεί και σε πλεονέκτημα). Στη βιβλιογραφία της *Ανάλυσης Ρίσκου* ελάχιστες αναφορές υπάρχουν στην έννοια του οφέλους ως αντίστιξη στην έννοια του ρίσκου.

Ο λόγος γι αυτό ίσως συνοψίζεται καλύτερα στα λόγια του Slovic,

« Η εκτέλεση μιας πλήρους Ανάλυσης (Ρίσκου- Οφέλους) προϋποθέτει ότι όλα τα πιθανά σενάρια και οι επιπτώσεις τους θα μπορούν να υπολογιστούν εκ των προτέρων και ότι σε κάθε κέρδος και κόστος θα μπορεί να αποδοθεί μια τιμή, όπως επίσης ότι τα προκύπτοντα κόστη και οφέλη θα είναι πράγματι συγκρίσιμα μεταξύ τους.»

Αυτό βέβαια σημαίνει ότι μια τέτοια ανάλυση δεν μπορεί να είναι άμεσα εφαρμόσιμη. Για παράδειγμα μια εφαρμογή της στην ακτοπλοΐα στην Ελλάδα θα απαιτούσε την κατασκευή ερωτηματολογίων που θα αποτυπώνουν την αντίληψη του επιβατικού κοινού τόσο για τα ρίσκα από τη δραστηριότητα όσο και για τα αντίστοιχα οφέλη. Θα απαιτούσε την εξέταση του οφέλους που προκύπτει από την ακτοπλοΐα σε σχέση τις άλλες δυνατότητες μετακίνησης αγαθών και επιβατών. Θα απαιτούσε μια πολύ πιο προσεκτική εξέταση των ατυχηματικών σεναρίων και των συνεπειών τους, σε σχέση με την απλή ανάγνωση των στατιστικών που έχουμε σήμερα στη διάθεση μας. Τέλος θα απαιτούσε την αποδοχή εκ μέρους των πλοιοκτητών ότι το δικός τους κέρδος δεν αποτελεί μέρος της εξίσωσης *Ρίσκου-Οφέλους*. Κανένα τέτοιο κέρδος δεν μπορεί να είναι «νόμιμο» εάν η εξίσωση *Ρίσκου-Οφέλους* δεν είναι θετική.

Οι παραπάνω δυσκολίες ωστόσο θα ήταν άδικο να οδηγήσουν σε μια συνολική απόρριψη της πρακτικής που περιγράψαμε. Και πάλι ο Slovic μας δείχνει το δρόμο,

« Ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα αυτών των μεθόδων (Ανάλυση Ρίσκου-Οφέλους) κατά την λήψη αποφάσεων στη δημόσια ζωή, είναι ότι είναι πολύ εύκολο να ελεγχθούν. Κάθε ποσοτικό στοιχείο και κάθε ποιοτική υπόθεση βρίσκονται εκεί, διαθέσιμα προς εξέταση από τον οποιοδήποτε, όπως και όλες οι πολύπλοκες διαδικασίες που τα συνδέουν. »

Τα παραπάνω λόγια εκφράζουν ίσως πολύ καλύτερα από τα δικά μας, ένα αίτημα που διατυπώθηκε πολλές φορές σε αυτή τη *Διπλωματική*.

Διαφάνεια!!!

Δεν είναι δυνατόν να βρίσκονται σε χρήση Κριτήρια Αποδοχής Ρίσκου που προέκυψαν *κάπου, κάπως* ως πρόταση *κάποιου* ειδικού. Τέτοια *Κριτήρια* σημαίνουν την αποδοχή μας ότι ανθρώπινες ζώες θα χαθούν ανεξάρτητα από τα μέτρα που λαμβάνονται. Αν πρόκειται όμως να πάρουμε μια τόσο σοβαρή απόφαση τουλάχιστον η πορεία προς τη λήψη της πρέπει να είναι ξεκάθαρη και κατά το δυνατόν ορθολογική.

Σε αυτά τα πλαίσια η *Ανάλυση Ρίσκου- Οφέλους* δίνει την ευκαιρία να ξεκινήσουμε τη μοντελοποίηση από «λευκό χαρτί», με τρόπο ώστε να αντιμετωπίζονται συνολικά οι μέχρι σήμερα παρατηρημένες αδυναμίες της *Ανάλυσης Ρίσκου*.

Ας το θέσουμε απλά, το θέμα πλέον δεν είναι η επιλογή της κλίσης του ορίου στις καμπύλες *F-N*, αλλά το αν οι ίδιες οι *F-N* είναι κατ' αρχήν χρήσιμες στη θέσπιση ορίων.

Βέβαια το μοντέλο που μόλις παρουσιάστηκε δεν πιστεύουμε ότι αποτελεί ένα έτοιμο εργαλείο το οποίο μπορεί άμεσα να χρησιμοποιηθεί στην πράξη.

Έχει όμως ορισμένα θετικά στοιχεία που θα άξιζε να μας απασχολήσουν.

Αρχικά καταφέρνει σε μεγάλο βαθμό να συμπεριλάβει τις ποικίλες συνιστώσες που επηρεάζουν την αποδοχή ή όχι κάποιας δραστηριότητας, με κριτήριο το ρίσκο.

Κατά δεύτερον και αυτό το θεωρούμε εξαιρετικά σημαντικό, κάθε μία από αυτές τις συνιστώσες υπολογίζεται με βάση μια αναλυτική διαδικασία και όχι απλά κάποιες εκτιμήσεις. Πρακτική που χαρακτηρίζει ως σήμερα σε μεγάλο βαθμό την *Ανάλυση Ρίσκου*.

Τέλος, αν μη τι άλλο, επιχειρεί να συνυπολογίσει όλες τις παραμέτρους του προβλήματος κάνοντας τον μικρότερο δυνατό αριθμό απλουστευτικών παραδοχών.

Αν επιστρέψουμε στο παράδειγμα της θαλάσσιας συγκοινωνίας προς Πάρο, με τα σημερινά δεδομένα το όφελος από τη δραστηριότητα θα προέκυπτε ως συνάρτηση της οικονομικής της αξίας (Skjongs). Αυτό υπονοεί ότι η οικονομική αξία της δραστηριότητας θα πρέπει με κάποιον (με ποιόν;) τρόπο να αντανακλά το όφελος τόσο του επιβάτη όσο και της κοινωνίας από αυτήν.

Αντίθετα στο μοντέλο που περιγράφηκε θεωρήσαμε ότι μια τέτοια παραδοχή είναι πολύ μακριά από την πραγματικότητα.

Το όφελος διαχωρίστηκε σε κατηγορίες ανάλογα με το ποιος το «εισπράττει», ενώ καθορίστηκε ότι το κέρδος από τη δραστηριότητα, που αντλούν οι διάφορες κατηγορίες ατόμων πρέπει να συμμετέχει στον υπολογισμό του συνολικού οφέλους με διαφορετική βαρύτητα ανάλογα με το πώς τα άτομα εμπλέκονται στη δραστηριότητα και στους κινδύνους που πηγάζουν από αυτήν.

Στην πορεία έγιναν και απλουστεύσεις. Μια τέτοια ήταν ότι το όφελος που αποκομίζει ο επιβάτης του πλοίου ισούται με τη διαφορά μεταξύ ακτοπλοϊκού και αεροπορικού εισιτηρίου.

Η παραπάνω απλούστευση ωστόσο, απλά δηλώνει την έλλειψη στοιχείων. Μόλις αυτά τα στοιχεία είναι στη διάθεση μας, μπορούν να ενταχθούν σε ένα πλήρως ορισμένο μοντέλο όπως αυτό που περιγράψαμε και να παράγουν αποτελέσματα.

Αντίθετα, στην περίπτωση που γίνεται αποδεκτή η *οικονομική αξία* της δραστηριότητας ως μοναδικό μέτρο του οφέλους από αυτήν, το αποτέλεσμα δεν είναι απλά μια κάποια απλούστευση του μοντέλου αλλά, πολύ σημαντικότερο, ο κακός ορισμός του.

Η σχέση που προτείνεται από τον Skjong για το μέγιστο αριθμό θανάτων ανά έτος από κάποια δραστηριότητα (εδώ ακτοπλοΐα),

$$PLL_A = \frac{\text{Αριθμός Θανάτων στον κλάδο των μεταφορών}}{\text{Συμμετοχή των μεταφορών στο ΑΕΠ}} \cdot EV_{\text{ακτοπλοΐας}}$$

δεν χωράει καμία διάκριση μεταξύ ατομικού και κοινωνικού οφέλους, μεταξύ όσων άμεσα κινδυνεύουν και όσων συμμετέχουν στην συγκομιδή των κερδών χωρίς να συμμετέχουν και στο ρίσκο.

Ακόμα και αν πιο κάτω βρεθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία, για τον υπολογισμό όλων των συνιστωσών του προβλήματος η προηγούμενη σχέση δεν θα επιτρέπει ποτέ τον συνυπολογισμό τους, γιατί απλά σύμφωνα με αυτήν, αυτές οι συνιστώσες δεν υπάρχουν. Το πρόβλημα δεν απλουστεύεται απλώς, αλλά μάλλον παραβλέπεται συνολικά.

Παράρτημα 1

Έστω η σ.π.π. $f(N)$ και η αντίστοιχη αθροιστική συνάρτηση κατανομής $G(N)$.

Εξ' ορισμού είναι,

$$f(N) = (G(N))'$$

Επίσης από τον ορισμό της, για την φθίνουσα αθροιστική συνάρτηση κατανομής $F(N)$ θα έχουμε,

$$F(N) = 1 - G(N) \rightarrow G(N) = 1 - F(N)$$

Επί πλέον γνωρίζουμε ότι τα όρια που χαράσσονται πάνω σε καμπύλες $F-N$ έχουν την μορφή,

$$F(N) = \frac{c}{N^a}$$

Αξιοποιώντας τα παραπάνω,

$$f(N) = (G(N))' \Rightarrow$$

$$f(N) = (1 - F(N))' \Rightarrow$$

$$f(N) = \left(1 - \frac{c}{N^a}\right)' \Rightarrow$$

$$f(N) = -(-a) \cdot c \cdot N^{-a-1} \Rightarrow f(N) = a \cdot \frac{c}{N^{a+1}}$$

$$\text{Για Κριτήρια με κλίση } -1, \alpha=1: f(N) = \frac{c}{N^2}$$

$$\text{Για Κριτήρια με κλίση } -2, \alpha=2: f(N) = \frac{c}{N^3}$$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- ❖ 16th International Ship And Offshore Structures Congress, 2006
- ❖ ABS Consulting, *MARITIME SAFETY, Tools for Risk- Based Decision Making*
- ❖ Albrecht Lentz and Rüdiger Rackwitz, 'Loss-of-Life Modelling in Risk Acceptance Criteria'
- ❖ American Bureau of Shipping, *Guidance notes on Risk Assessment Applications for the Marine and Offshore Oil and Gas Industries*
- ❖ Andrew S. Brierley, Stephen F. Gull, and Maged H. Wafy, 'A Bayesian maximum entropy reconstruction of stock distribution and inference of stock density from line-transect acoustic-survey data', ICES Journal of Marine Science
- ❖ Andrew W. Evans, *Transport fatal accidents and F-N curves: 1967-2001, Research Report 073*, HSE BOOKS 2003
- ❖ B. Jonkman, P. Van Gelder, H. Vrijling, 'An overview of quantitative risk measures and their application for calculation of flood risk', ESREL 2002 European Conference
- ❖ Bilal M Ayyub, 'Methodology for Developing Reliability- Based Load and Resistance Factor Design (LRFD) Guidelines for Hull Girder Bending', Naval Engineers Journal, Spring 2002
- ❖ Christos A. Kontovas, Harilaos N. Psaraftis, 'Assessing Environmental Risk: Is a single figure realistic as an estimate for the cost of averting one tonne of spilled oil?', February 2006, Working Paper NTUA-MT-06-101
- ❖ Christos A. Kontovas, Harilaos N. Psaraftis, 'Formal Safety Assessment: a critical review and ways to strengthen it and make it more transparent' School of Naval Architecture and Marine Engineering (NTUA)
- ❖ D. Vassalos, 'Risk Based Design Concept, Methodology and Framework', Training Course on Risk Based Ship Design', June 2005
- ❖ David J Ball, Peter J Floyd, 'Societal Risks, Final Report', HSE
- ❖ David Vose, 'Risk Analysis. A quantitative guide- second edition' John Wiley & Sons, LTD
- ❖ Defra / Environment Agency-Flood and Coastal Defence R&D Programme, 'Risk, Performance and Uncertainty in Flood and Coastal Defence – A Review', R&D Technical Report FD2302/TR1
- ❖ Dennis C. Henderhot, 'A Simple Problem to Explain and Clarify the Principles of Risk Calculation'
- ❖ Dennis C. Hendershot, 'Risk Analysis of a Chlorine Handling Facility', Presentation to the Technical Seminar on Safety and Health in the Petrochemical Industry
- ❖ European Commission, Health and Consumer Protection Directorate General, 'Preliminary Report on Scientific Quality of Life Criteria in Risk Benefit'
- ❖ Fischhof B., 'Acceptable Risk: A conceptual Proposal'
- ❖ Fujio Kaneko et al., 'Safety levels of Japan flagged ships evaluated by Risk Assessment'
- ❖ Gerald J.S. Wilde, 'Target Risk 2, A new psychology of safety and health'

- ❖ Gerald J.S. Wilde, '*Target Risk dealing with the danger of death, disease and damage in every day decisions*', <http://psyc.queensu.ca/target/>
- ❖ H. Soma, S. Haugen, B. Oygarden, '*Risk Assessment of Passenger Vessels*', June 2003
- ❖ Harilaos N. Psaraftis, '*Maritime Safety: To Be or Not to Be Proactive*', National Technical University of Athens (NTUA)
- ❖ Harilaos N. Psaraftis, '*Safety, risk, probability: or playing with lives?*', Lloyd's List 25 January 2006
- ❖ Health and Safety Executive, '*Marine risk assessment, OFFSHORE TECHNOLOGY REPORT*', 2001/063
- ❖ Health and Safety Executive, '*Transport fatal accidents and F-N curves 1967-2001*'
- ❖ Health and Safety Executive, '*Marine risk assessment*', Offshore Technology Report 2001/063
- ❖ Health and Safety Statistics (1996-2001) HSE Books
- ❖ Hiroyuki Tamura, '*Modelling Ethical Conflict Resolution for Planning a Safe, Secure and Reliable (SSR) Megacity*', School of Engineering Science, Osaka University
- ❖ HSE, '*Reducing risks, protecting people*'
- ❖ IMO, '*Sub Committee on Safety of Navigation, 51st Session, Passenger Ship Safety: Effective Voyage Planning for Passenger Ships*', 4th March 2005
- ❖ IMO, '*Guidelines for Formal Safety Assessment for use in the IMO rule making process*', April 2002
- ❖ INSAG, '*Potencial Exposure in Nuclear Safety*', A report by the International Nuclear Safety Advisory Group
- ❖ J.K. Vrijling et al, '*Criteria for acceptable risk in the Netherlands*'
- ❖ J.K. Vrijling et al. '*A Framework for Risk Criteria for Critical Infrastructures, Fundamentals and Case Studies in the Netherlands*'
- ❖ J.K. Vrijling, '*Societal risk and the concept of risk aversion*'
- ❖ Kontovas Christos, '*Formal Safety Assessment, Critical Review and Future Role*', Diploma Thesis, National Technical University of Athens (NTUA)
- ❖ National Bioethics Advisory Commission, '*Research involving persons with Mental Disorders that may affect decision-making capacity*'
- ❖ Neale Leslie Fulton, B. E., '*Regional Airspace Design: A structured Systems Engineering Approach*', PhD thesis, University of New South Wales (UNSW)
- ❖ Nuclear News Magazine, '*Apostolakis: On PRA*', March 2000
- ❖ O' Neil and Allan Williams, '*Risk Homeostasis, a Rebuttal*' και Evans L. '*Risk homeostasis theory and traffic accident data*'.
- ❖ Office of Safety and Mission Assurance NASA Headquarters, '*Probabilistic Risk Assessment Procedures Guide for NASA Managers and Practitioners*', August, 2002
- ❖ Ove Ditlevsen, '*Risk Acceptance Criteria and/or Decision Optimization*', 1996
- ❖ P. F. Hansen, '*Collision and Grounding*', Training Course on Risk Based Ship Design', June 2005
- ❖ P. B. Sayers, BP Gouldby, JD Simm, I Meadowcroft, J Hall Risk, '*Performance and Uncertainty in Flood and Coastal Defence – A*

- Review*, 2003
- ❖ Porsteinn Arnalds, Kristjan Jonasson, Sven Siggurdsson ‘ *Avalanche hazard zoning in Iceland based on Individual Risk*’
 - ❖ R. Cooke, T. Bedford, ‘ *Probabilistic Risk Analysis: Foundations and Methods*’, Cambridge University Press

 - ❖ Robert Kauer et al ‘ *Risk Acceptance Criteria and Regulatory Aspects*’, OMMI (Vol. 1, Issue 2), Dec. 2002
 - ❖ Rolf Skjong, Erik Vanem, Oyvind Endresen, *SAFEDOR, Risk Evaluation Criteria*, DNV 2005, page 93
 - ❖ Rolf Skjong, ‘ *Safety Assessment and Risk Acceptance Criteria, Training Course on Risk Based Ship Design*’, June 2005
 - ❖ Rolf Skjong, ‘ *Criteria for Establishing Risk Acceptance*’, June 2003
 - ❖ S.I. Suddle, ‘ *A logarithmic approach for Individual Risk: the Safety Index*’, 2003
 - ❖ S.I. Suddle, P.H. Waarts, ‘ *The Safety of Risk or the Risk of Safety*’, 2003
 - ❖ S. Kristiansen, ‘ *Maritime Transportation – Safety Management and Risk Analysis*’, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005
 - ❖ Slovic P. et al, ‘ *Facts and Fears: Understanding Perceived Risk in Societal Risk Assessment, How safe is safe enough?*’, 1980
 - ❖ Th. Plattner et al, ‘ *Integrating Risk Perception Into Risk Assessment*’
 - ❖ The World Medical Association, ‘ *World Medical Association Declaration of Helsinki, Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects*’
 - ❖ Tim Bedford, ‘ *Decision making for risk reduction using multicriteria analysis*’
 - ❖ V.M. Trbojevic, ‘ *Risk Criteria in EU*’, Risk Support Limited, London
 - ❖ Vicki M. Bier, Louis Anthony Cox, Jr. ‘ *Probabilistic Risk Analysis for Engineered Systems*’
 - ❖ Vijay P Singh, ‘ *The entropy theory as a tool for modelling and decision-making in environmental and water resources*’, Department of Civil and Environmental Engineering, Louisiana State University
 - ❖ Yung-wen Liu, ‘ *New decision models of quality of life measures for interventions evaluation for prostate cancer patients*’, Industrial Engineering, University of Washington
 - ❖ B. Render, R.M. Stair, ‘ *Quantitative Analysis For Management*’
 - ❖ Γ.Α. Αθανασούλης, ‘ *Πράξεις και μετασχηματισμοί τυχαίων μεταβλητών – Ανεμογενείς θαλάσσιοι κυματισμοί*’, Ε.Μ.Π. Αθήνα 2003
 - ❖ Γ.Ν. Παντελίδης, *ΑΝΑΛΥΣΗ, Τόμος I*
 - ❖ Γιάννης Γκαρούτσος, ‘ *Μαθήματα Θεωρίας Πιθανοτήτων*’
 - ❖ Γιάννης Γκαρούτσος, *Μαθηματική Ανάλυση, Τεύχος II*
 - ❖ Κοκολάκης Γ. Σπηλιώτης Ι, ‘ *Εισαγωγή στη Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική*’, Ε.Μ.Π
 - ❖ Νικόλαος Π. Βεντίκος, ‘ *Οικονομική Θαλασσιών Μεταφορών III*’