

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



«Ανάπτυξη ηλεκτρονικής πλατφόρμας εκμάθησης για τον  
κανονισμό της Solas Chapter II-2: Construction-Fire protection  
fire detection and fire extinction»

Διπλωματική Εργασία

Ανδρέου Αντώνιος

Επίβλεψη: Νικόλαος Π. Βεντίκος, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΠΡΙΛΗΣ 2014

ΑΘΗΝΑ

ΑΝΔΡΕΟΥ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

«Ανάπτυξη ηλεκτρονικής πλατφόρμας εκμάθησης για τον  
κανονισμό της Solas Chapter II-2: Construction-Fire protection  
fire detection and fire extinction»

8 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2014

Διπλωματική Εργασία

Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών  
Τομέας Μελέτης Πλοίου & Θαλασσίων Μεταφορών

Συγγραφέας: Ανδρέου Αντώνιος

Τριμελής Επιτροπή:

Νικόλαος Π. Βεντικός, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ (Επιβλέπων)  
Δημήτριος Β. Λυρίδης, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ  
Απόστολος Δ. Παπανικολάου, Καθηγητής ΕΜΠ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω το κ.Βεντίκο για την καθοδήγηση, το χρόνο και την υπομονή που αφιέρωσε ώστε η διπλωματική εργασία να είναι όσο το δυνατόν πιο πλήρης.

Επίσης, ευχαριστώ την οικογένειά μου για τη στήριξη και την αγάπη τους όλα αυτά τα χρόνια.

Στους γονείς μου Λέττα και Γιώργο.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύχθηκε η ηλεκτρονική διαδικτυακή πλατφόρμα ©Solearn. Η εφαρμογή ©Solearn αποσκοπεί στην φιλικότερη και αποδοτικότερη εκμάθηση και εκπαίδευση στους διεθνείς κανονισμούς πυρασφάλειας των πλοίων βάσει του (Safety of Life at Sea) Solas Chapter II-2, μέσω τεστ ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής(quiz), και σεναρίων(scenarios) που έχουν δημιουργηθεί από δείγμα πραγματικών ατυχημάτων.

Αρχικά γίνεται ιστορική αναφορά της διαμόρφωσης του κανονισμού πυρασφάλειας όπως έχει εξελιχθεί ως τη σημερινή του μορφή, καθώς και μια σύντομη περιγραφή των επιμέρους ρυθμίσεών του. Στη συνέχεια γίνεται στατιστική ανάλυση του δείγματος των ατυχημάτων για τη παραγωγή της βάσης δεδομένων των σεναρίων, αποδίδοντας ,τελικά, κατάλληλη κατανομή σε κάθε ορισμένη παράμετρο. Ακολουθεί η ανάλυση της δημιουργίας του quiz και το τελικό στάδιο τη δημιουργίας των σεναρίων, με χρήση της κατάλληλης δειγματοληπτικής μεθόδου.

Ως απόρροια της παρούσας μελέτης, δημιουργήθηκε η ηλεκτρονική πλατφόρμα © Solearn, της οποίας η δομή, τα βασικά στοιχεία και οι λειτουργίες της παρουσιάζονται στο τελευταίο στάδιο της εργασίας.

## ABSTRACT

The creation of an e-learning web platform regarding the regulations of Solas Chapter II-2 is the subject of the present thesis. The application, created under the name ©Solearn, aims at learning and training everyone interested in the regulations and requirements of fire protection in international shipping as mentioned in Solas Chapter II-2, by playing a game of quizzes, and scenarios based on real-life accidents.

After the historical reference of Solas fire protection requirements, and a brief description of the parts and regulations that are included in the Solas Ch.II-2, the initial process for the building of the scenarios data base is presented. Statistical analysis of the extracted ship accident data sample is carried out, ending with the distribution fitting of the data parameters. In order to build the quiz questions base, data analysis and separation of the regulations of Solas Chapter II-2 in sub categories, depending on ship type, follows the statistical analysis. The final step for the creation of scenarios by using a proper sampling method, is then displayed.

Finally, the web application ©Solearn is presented with screenshots, examples and explanations of its functions and elements, in order to visualize the result of the previous mentioned work.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	1
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:Η ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ ΚΑΤΑ SOLAS.....	10
2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	10
2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ SOLAS CHAPTER II-2:CONSTRUCTION – FIRE PROTECTION, FIRE DECTION AND FIRE EXTINCTION .....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΑ ΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ©SOLEARN .....	18
3.1 Το Δείγμα.....	19
3.2 Οι Παράμετροι.....	19
3.2.1 Ανάλυση Παραμέτρων .....	20
3.2.2 Ανάλυση Παραμέτρων - All Ships.....	26
3.3 Συνοπτικά αποτελέσματα της απόδοσης κατανομών.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ©SOLEARN .....	67
4.1 Ανάλυση-διαμερισμός του κανονισμού Solas chapter II-2.....	67
4.2 Η παραγωγή των σεναρίων .....	69
4.2.1 Latin Hypercube Sampling-LHS .....	72
4.2.2 Παρουσίαση Σεναρίων .....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:Η ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ©SOLEARN.....	80
5.1 Το εργαλείο σχεδίασης Joomla .....	80
5.2 Οι λειτουργίες της ©SOLEARN .....	83
5.2.1 About.....	83
5.2.2 Info.....	84
5.2.3 Create an account.....	85
5.2.4 Quiz .....	87
5.2.5 Scenarios .....	93
5.2.6 Player’s info .....	97
5.2.7 Links .....	98
5.2.8 Contact.....	99
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	102
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	104

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α:ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΤΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ PASSENGER SHIPS, TANKERS, CARGO SHIPS. ....	107
A.1 PASSENGER SHIPS .....	107
A.2 TANKERS .....	124
A.2 CARGO SHIPS .....	140
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β:ΣΕΝΑΡΙΑ ΤΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ PASSENGER SHIPS, TANKERS, CARGO SHIPS.....	157
B.1 PASSENGER SHIPS .....	157
B.2 TANKERS .....	160
B.3 CARGO SHIPS .....	163
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ:ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΣΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ @RISK ...	166
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ:ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ CRYSTAL BALL.....	170



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1: Σύγκριση διαφόρων κατανομών για τη μεταβλητή του παραδείγματος.....	20
Σχήμα 3.2: Σύγκριση αθροιστικών συναρτήσεων για τη μεταβλητή.....	21
Σχήμα 3.3: Σχηματική αναπαράσταση της διαφοράς Dn.....	25
Σχήμα 3.4: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Ship type.....	27
Σχήμα 3.5: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Ship type.....	28
Σχήμα 3.6: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Ship type.....	29
Σχήμα 3.7: Ιστόγραμμα της παραμέτρου GT.....	31
Σχήμα 3.8: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου GT.....	32
Σχήμα 3.9: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου GT.....	32
Σχήμα 3.10: Γραφική απεικόνιση της κατανομής βήτα για διάφορες τιμές των παραμέτρων της.....	34
Σχήμα 3.11: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Ship location.....	35
Σχήμα 3.12: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Ship location.....	36
Σχήμα 3.13: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Ship location.....	36
Σχήμα 3.14: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Ship state.....	38
Σχήμα 3.15: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Ship state.....	39
Σχήμα 3.16: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Ship state.....	39
Σχήμα 3.17: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Accident sequence.....	41
Σχήμα 3.18: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Accident sequence.....	41
Σχήμα 3.19: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Accident sequence.....	42
Σχήμα 3.20: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Accident cause.....	44
Σχήμα 3.22: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Accident cause.....	45
Σχήμα 3.21: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Accident cause.....	45
Σχήμα 3.23: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Accident origin.....	47
Σχήμα 3.24: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Accident origin.....	48
Σχήμα 3.25: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Accident origin.....	48
Σχήμα 3.26: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Combustible materia.....	50
Σχήμα 3.27: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Combustible material.....	51
Σχήμα 3.28: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Combustible material.....	51
Σχήμα 3.29: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Fire Extension.....	53
Σχήμα 3.30: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Fire Extension.....	53
Σχήμα 3.31: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Fire Extension.....	54
Σχήμα 3.32: Συνάρτηση πιθανότητας της κατανομής Poisson.....	55
Σχήμα 3.33: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Fire Suppression.....	56
Σχήμα 3.34: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Fire Suppression.....	57
Σχήμα 3.35: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Fire Suppression.....	57
Σχήμα 3.36: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Vessel's fate.....	59
Σχήμα 3.37: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Vessel's fate.....	59
Σχήμα 3.38: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Vessel's fate.....	60
Σχήμα 3.39: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Fatalities.....	61
Σχήμα 3.40: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Fatalities.....	62
Σχήμα 3.41: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Fatalities.....	62
Σχήμα 4.1: Δενδροειδή αναπαράσταση της ανάλυσης του κανονισμού με βάση τον τύπο του πλοίου.....	68
Σχήμα 4.2: Διαχωρισμός της κατανομής μιας μεταβλητής σε διαστήματα ίσης πιθανότητας.....	72
Σχήμα 4.3α: Απεικόνιση της τεχνικής της Latin Hypercube sampling.....	73
Σχήμα 4.3β: Απεικόνιση της μεθόδου LHS.....	74
Σχήμα 4.4: Απεικόνιση Σεναρίων 1-1000.....	77
Σχήμα 5.2: Παράδειγμα του ιστότοπου <a href="http://gsas.harvard.edu">http://gsas.harvard.edu</a> από το Joomla.....	81
Σχήμα 5.3: Παράδειγμα του ιστότοπου <a href="http://www.greenmaven.com">www.greenmaven.com</a> από το Joomla.....	82
Σχήμα 5.1: Παράδειγμα του ιστότοπου <a href="http://www.quizilla.com">www.quizilla.com</a> από το Joomla.....	82
Σχήμα 5.4: Στιγμιότυπο της εφαρμογής στη σελίδα About.....	84
Σχήμα 5.5: Στιγμιότυπο της εφαρμογής στη σελίδα Info.....	85

<b>Σχήμα.5.6:</b> Στιγμιότυπο της εφαρμογής στο σύνδεσμο create an account. ....	86
<b>Σχήμα.5.7:</b> Στιγμιότυπο της εφαρμογής στο σύνδεσμο Quiz.....	88
<b>Σχήμα.5.8:</b> Στιγμιότυπο της εφαρμογής στο σύνδεσμο Quiz for all ships.....	88
<b>Σχήμα.5.9-5.14:</b> Παράδειγμα ερώτησης στο σύνδεσμο Quiz for all ships.....	89
<b>Σχήμα.5.15:</b> Πίνακας αποτελεσμάτων κατά την ολοκλήρωση του Quiz for all ships.....	92
<b>Σχήμα.5.16:</b> Στιγμιότυπο από την εφαρμογή στο σύνδεσμο Scenarios.....	94
<b>Σχήμα.5.17:</b> Στιγμιότυπο από ερώτηση στο σύνδεσμο Scenarios for all ships.....	94
<b>Σχήμα.5.18α-γ:</b> Παράδειγμα από το σύνδεσμο Scenarios for cargo/all ships.....	95
<b>Σχήμα.5.19:</b> Στιγμιότυπο από το σύνδεσμο Player's info.....	97
<b>Σχήμα.5.20:</b> Στιγμιότυπο από το σύνδεσμο Links.....	98
<b>Σχήμα.5.21:</b> Στιγμιότυπο από το σύνδεσμο Contact.....	99
<b>Σχήμα.5.22:</b> Στιγμιότυπο από το άνοιγμα του SAFETY FIRST.....	100

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1:	Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Ship type.....	29
Πίνακας 3.2:	Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου GT.....	33
Πίνακας 3.3:	Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Ship location.....	37
Πίνακας 3.4:	Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Ship state.....	40
Πίνακας 3.5:	Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Accident sequence....	42
Πίνακας 3.6:	Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Accident cause.....	46
Πίνακας 3.7:	Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Accident origin.....	49
Πίνακας 3.8:	Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Combustible material.	52
Πίνακας 3.9:	Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Fire Extension.....	54
Πίνακας 3.10:	Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Fire Suppression.....	58
Πίνακας 3.11:	Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Fire Suppression.....	60
Πίνακας 3.12:	Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Fatalities.....	63
Πίνακας 3.13:	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την επιλογή κατανομών των παραμέτρων.....	64
Πίνακας 3.14:	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την επιλογή κατανομών των παραμέτρων.....	65
Πίνακας 3.15:	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την επιλογή κατανομών των παραμέτρων.....	65
Πίνακας 3.16:	Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την επιλογή κατανομών των παραμέτρων.....	66
Πίνακας 4.1:	Στατιστική σύνοψη των αποτελεσμάτων των σεναρίων.....	75
Πίνακας 4.2:	Εκατοστημόρια επί των παραμέτρων των σεναρίων.....	76
Πίνακας 4.3:	Παράδειγμα σεναρίου.....	79

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα θαλάσσια ατυχήματα έχουν υψηλό κόστος τόσο σε ανθρώπινες απώλειες, όσο και σε περιβαλλοντικές και οικονομικές καταστροφές. Ακόμη και στην εποχή μας με σύμμαχο τη σύγχρονη ναυπηγική τεχνολογία, ατυχήματα πλοίων εξακολουθούν να συμβαίνουν με μεγάλη συχνότητα. Αυτό ανάγκασε το διεθνή θαλάσσιο οργανισμό *International Maritime Organization* (IMO), να προβεί σε μια εκτενή μελέτη των ατυχημάτων, των αιτιών τους και του κόστους τους σε ανθρώπινες ζωές, ιδιοκτησία και περιβάλλον. Η μελέτη ανακάλυψε ότι τα ανθρώπινα λάθη αποτέλεσαν αιτία για το 80% των ατυχημάτων ενώ το ποσοστό όλων των άλλων αιτιών ήταν μόνο 20%.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας ηλεκτρονικής διαδικτυακής πλατφόρμας/εφαρμογής, εκμάθησης και εκπαίδευσης στους διεθνείς κανονισμούς πυρασφάλειας και πυροπροστασίας των πλοίων βάσει του κεφαλαίου Chapter II-2 της σύμβασης (Safety of Life at Sea) Solas. Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε ονομάστηκε ©Solearn και τα δύο βασικά στοιχεία της εφαρμογής είναι α) τα τεστ ερωτήσεων-quiz, που βασίζονται στο κεφάλαιο της Solas Ch.II-2, και β) τα σενάρια ατυχημάτων-scenarios που βασίζονται σε δείγμα αληθινών ατυχημάτων πυρκαγιών και εκρήξεων. Τα quiz όπως και τα scenarios έχουν διαχωριστεί σε κατηγορίες βάσει των αντίστοιχων κατηγοριών πλοίων που ορίζονται και εξετάζονται στο κεφάλαιο της Solas Ch.II-2.

Το αντικείμενο του δευτέρου κεφαλαίου είναι ο διεθνής κανονισμός για την πυρασφάλεια στα πλοία κατά Solas Ch.II-2.

Στο πρώτο μέρος αναφέρεται όλη η ιστορική αναδρομή των γεγονότων και των συνεδρίων που διαμόρφωσαν το σχετικό κεφάλαιο του κανονισμού για την πυρασφάλεια στη σημερινή του μορφή. Στο δεύτερο μέρος ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των επιμέρους κανονισμών και ρυθμίσεων του κεφαλαίου.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται η στατιστική ανάλυση και η προεργασία του δείγματος των πραγματικών ατυχημάτων για τη δημιουργία των σεναρίων.

Αρχικά γίνεται η επιλογή των κρίσιμων παραμέτρων του δείγματος, στη συνέχεια για κάθε μία παραμέτρο δημιουργείται το ιστογράμμο με τη συχνότητα εμφάνισης των στοιχείων της και τελικά γίνεται η απόδοση της κατανομής που την εκφράζει ακριβέστερα.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στα βασικά στοιχεία της διαδικτυακής εφαρμογής ©Solearn, που όπως έχει προαναφερθεί είναι τα quiz και τα scenarios.

Στο πρώτο μέρος του κεφαλαίου αναλύεται η διαδικασία της δημιουργίας των quiz, με την κατηγοριοποίηση και διαχώριση των ρυθμίσεων του κανονισμού ανάλογα με τον τύπο του πλοίου κατά Solas. Στο δεύτερο μέρος αναλύεται το τελικό στάδιο της δημιουργίας των σεναρίων. Από τις επιλεχθείσες κατανομές του προηγούμενου κεφαλαίου και με χρήση προσωμοίωσης, στην οποία εφαρμόζεται εξειδικευμένη μέθοδος δειγματοληψίας, παράχθηκαν σενάρια ατυχημάτων, δηλαδή καταστάσεις στις οποίες οι επιλεγμένες παράμετροι λαμβάνουν συγκεκριμένες τιμές και προκαλούν συγκεκριμένες συνέπειες.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των λειτουργιών και των βασικών στοιχείων της εφαρμογής ©Solearn που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία.

Στο έκτο κεφάλαιο περιλαμβάνονται τα συμπεράσματα της στατιστικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Η ΠΥΡΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ ΚΑΤΑ SOLAS

#### 2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ίσως το πιο επίφοβο των πιθανών ατυχημάτων ενός πλοίου, να είναι το ατύχημα από φωτιά. Ο χαρακτήρας της φωτιάς, καθώς και οι πολλοί και απρόβλεπτοι παράμετροι που συντελούν στη δημιουργία αλλά και στην εξάπλωσή της, είναι οι λόγοι που την καθιστούν παράγοντα μέγιστης επικινδυνότητας και θανάσιμη απειλή για τη ζωή στη θάλασσα. Εκτεταμένες έρευνες και μελέτες κατέληξαν στην θέσπιση κοινώς αποδεκτών κανονισμών, αναγκαίων για την προστασία και ασφάλεια των πλοίων, καθώς και στη δημιουργία μεθόδων για την αποτελεσματική καταπολέμηση ενδεχόμενης πυρκαγιάς. Η ανάγκη να υπάρξει ένας διεθνής ναυτιλιακός οργανισμός που θα καθορίζει τα κοινά παγκόσμια κριτήρια ασφαλείας και ναυσιπλοΐας οδήγησε στη δημιουργία του Διεθνή Οργανισμού Ναυσιπλοΐας *IMCO (International Maritime Cooperation Organization)* από τον ΟΗΕ το 1948, ο οποίος το 1982 μετονομάστηκε σε *IMO (International Maritime Organization)*.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι οι πρώτες προσπάθειες για τη δημιουργία ενός τέτοιου οργανισμού ξεκίνησαν μετά την βύθιση του Τιτανικού το 1914. Μέχρι τότε κάθε χώρα είχε τους δικούς της κανόνες ασφαλείας, καθώς αρκετές χώρες δεν είχαν ασχοληθεί ιδιαίτερα με ανάλογες νομοθεσίες και άλλες δεν ήταν πρόθυμες να μοιραστούν την εμπειρία τους. Το ναυάγιο του Τιτανικού ανέδειξε την αναγκαιότητα θέσπισης διεθνών και διευρυμένων κανόνων ασφαλείας προς αποφυγήν περισσότερων και ακόμα μεγαλύτερων ναυτικών ατυχημάτων. Οι πρώτοι οργανισμοί, αν και εν μέρει πέτυχαν τον σκοπό τους, αποτελούσαν πρωτοβουλίες μεμονωμένων κρατών. Οι δύο Παγκόσμιοι Πόλεμοι σταμάτησαν όμως την όποια δραστηριότητά τους

Ο IMO τελεί υπό την αιγίδα του ΟΗΕ έχοντας θεσπίσει ιδιαίτερα αυστηρές προδιαγραφές και δεσμευτικούς όρους, τουλάχιστον για τις Χώρες-μέλη. Οι συμβάσεις SOLAS (*Safety Of Life At Sea*) και MARPOL που αφορούν, η πρώτη την ασφάλεια στη ναυσιπλοΐα και η δεύτερη την προστασία από ρύπανση στη Θάλασσα, παρέχουν διεθνείς δεσμευτικούς κανόνες για όλες τις νέες κατασκευές πλοίων. Αναβαθμίζονται τακτικά ανάλογα με την ανάπτυξη της ναυπηγικής επιστήμης και τις παρατηρήσεις και υποδείξεις των νηογνομόνων. Όλοι οι ναυπηγοί και τα ναυπηγικά γραφεία υποχρεούνται να ναυπηγούν τα πλοία σύμφωνα με τις προδιαγραφές αυτές. Επιπροσθέτως συμπεριλαμβάνει και τομείς ναυτικής

υποδομής, όπως το ικανοποιητικό επίπεδο εκπαίδευσης των ναυτών, αλλά και την σωστή διαχείριση κάθε είδους φορτίου, από πετρέλαιο μέχρι των πλέον επικίνδυνων.

Η παλαιότερη και ίσως σημαντικότερη σύμβαση είναι η διεθνής σύμβαση για την ασφάλεια της ζωής στη θάλασσα, SOLAS, η οποία αποτελεί την κύρια σύμβαση για την αξιοπλοΐα των πλοίων και μπορεί να υποστηρίξει κάποιος ότι αλληλοσυμπληρώνεται με τη σύμβαση MARPOL 73/78 όσον αφορά την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και την καταπολέμηση της θαλάσσιας ρύπανσης.

- **1914 and 1929 SOLAS Conventions**

Η πρώτη συνθήκη πυροπροστασίας για τη διεθνή ναυτιλία συνομολογήθηκε το 1914 στο πλαίσιο της σύμβασης SOLAS, μετά τον όλεθρο του Titanic το 1912. Αν και η έναρξη ισχύος της σύμβασης του 1914 απειράπη λόγω του Α' Παγκοσμίου Πολέμου, περιείχε βασικές απαιτήσεις πυρασφάλειας οι οποίες συμπεριλήφθηκαν αργότερα στη σύμβαση SOLAS του 1929.

- **1948 and 1960 SOLAS Conventions**

Μετά την έγκριση της σύμβασης SOLAS του 1929, πολλά ατυχήματα λειτούργησαν ως διδάγματα για την ασφάλεια των θαλάσσιων μεταφορών γενικότερα, αλλά και της αντιπυρικής προστασίας, που οδήγησαν στην υιοθέτηση της σύμβασης SOLAS του 1948. Το 1934 μια πυρκαγιά στο επιβατηγό πλοίο *Morro Castle* προκάλεσε εκατόν τριάντα τέσσερις απώλειες. Η έρευνα της πυρκαγιάς, και τα συμπεράσματα που αντλήθηκαν διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των κανονισμών αντιπυρικής κατασκευής που σήμερα αποτελούν τη βάση των κανόνων ασφαλείας για φωτιά στα επιβατηγά πλοία. Επιπλέον οι εξελίξεις στην ναυτιλιακή τεχνολογία κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου συνέβαλαν στη διαμόρφωση της σύμβασης SOLAS του 1948, στην οποία δόθηκε μεγαλύτερη έμφαση στην πυρασφάλεια των πλοίων. Τούτο είναι εμφανές από την προσθήκη τριών νέων τμημάτων (parts D, E and F) στο κεφάλαιο II της σύμβασης SOLAS του 1948 το οποίο ήταν αποκλειστικά για την πυρασφάλεια. Επίσης οι απαιτήσεις της SOLAS 1948 έχουν διευρυμένη εφαρμογή εκτός των επιβατηγών πλοίων (*passenger ships*) και σε φορτηγά (*cargo ships*). Η σύμβαση του 1948 καθιέρωσε τρεις μεθόδους κατασκευής για τα επιβατηγά πλοία και βασικές απαιτήσεις πυροπροστασίας για τα φορτηγά. Η σύμβαση του 1948 αναβαθμίστηκε τελικά με τη σύμβαση

SOLAS του 1960. Η σημαντικότερη αλλαγή που ενσωματώθηκε στην εν λόγω σύμβαση και αφορά την πυρασφάλεια, είναι ότι επιπλέον ορισμένες απαιτήσεις των επιβατηγών πλοίων επεκτάθηκαν και στα φορτηγά.

- **1974 SOLAS Convention**

Οι συμβάσεις SOLAS του 1914 , 1929 , 1948 και 1960 περιελάμβαναν σημαντικές απαιτήσεις πυρασφάλειας, εν τούτοις αποδείχθηκαν ανεπαρκείς για τα επιβατηγά πλοία. Στη δεκαετία του 1960 μια σειρά πυρκαγιών που διαδραματίστηκαν σε διεθνή επιβατηγά πλοία, ήταν η αιτία να επισημανθούν πολλές παραλήψεις, η αντιμετώπιση των οποίων ενσωματώθηκε στη σύμβαση SOLAS του 1974 . Στη σύμβαση του 1974 ( που τέθηκε σε ισχύ το 1980 και εξακολουθεί να ισχύει έως σήμερα, όπως τροποποιήθηκε) διαχώρισε τις απαιτήσεις πυρασφάλειας σε ένα εντελώς ξεχωριστό κεφάλαιο. Συγκεκριμένα το SOLAS Chapter II–Κατασκευή (Construction) της σύμβασης SOLAS του 1960 χωρίστηκε σε δύο νέα κεφάλαια: Chapter II-1 που αφορά την κατασκευή, την υποδιαίρεση, την ευστάθεια, καθώς και τις μηχανολογικές και ηλεκτρολογικές απαιτήσεις (Construction-Structure, subdivision and stability, machinery and electrical requirements), και στο κεφάλαιο II-2 που αναφέρεται στην κατασκευή, την πυροπροστασία, την πυρανίχνευση και την πυρόσβεση (Construction-Fire protection, fire detection and fire extinction). Η σύμβαση SOLAS του 1974 ορίζει όλα τα νέα επιβατηγά πλοία να κατασκευάζονται από μη εύφλεκτα υλικά και να έχουν εγκατεστημένο είτε ένα σταθερό σύστημα ψεκαστήρων πυρόσβεσης ή ένα σταθερό σύστημα πυρανίχνευσης. Επιπρόσθετα οι απαιτήσεις για τα φορτηγά πλοία αναβαθμίστηκαν με ειδικούς κανονισμούς για συγκεκριμένους τύπους φορτηγών πλοίων όπως τα δεξαμενόπλοια.

- **1981 Revision**

Στις τροπολογίες (Amendments) της σύμβασης του 1981, η οποία τέθηκε σε ισχύ την 1η Σεπτεμβρίου 1984, αναθεωρήθηκε πλήρως το Κεφάλαιο II–2 της SOLAS. Οι τροποποιήσεις που περιλαμβάνονται στους κανονισμούς των ψηφισμάτων A.327 (IX) (σύσταση σχετικά με τις απαιτήσεις πυρασφάλειας για τα φορτηγά πλοία-ενσωματώθηκε στη (Maritime Safety Committee)MSC.1(XLV)-), και A.372 (X) (σύσταση σχετικά με τις απαιτήσεις πυρασφάλειας για τα επιβατηγά πλοία που δεν φέρουν περισσότερους από 36 επιβάτες-ενσωματώθηκε στη MSC.1( XLV)-), υιοθετήθηκαν το 1975 και το 1977 αντίστοιχα, μαζί με τις διατάξεις για



πυροσβεστικά συστήματα αλογονωμένων υδρογονανθράκων και έναν νέο κανονισμό για συστήματα αδρανούς αερίου.

- **1990 Scandinavian Star and the 1992 Fire Safety Amendments**

Η πυρκαγιά που συνέβη το 1990 στο επιβατηγό πλοίο Scandinavian Star με 158 απώλειες ήταν η αφορμή να τεθεί μια σειρά ζητημάτων που αφορούν την προστασία από πυρκαγιά και την ασφαλή εκκένωση του πλοίου. Το Δεκέμβριο του 1992, ο IMO εξέδωσε μια περιεκτική δέσμη τροπολογιών πυρασφάλειας, που ισχύει όχι μόνο για καινούργιες κατασκευές, αλλά και για τα υπάρχοντα επιβατηγά πλοία. Οι τροποποιήσεις απαιτούν την εγκατάσταση τελευταίας τεχνολογίας εξοπλισμού πυρασφάλειας ανάλογο με αυτόν που υπάρχει σε κάθε σύγχρονο ξενοδοχείο, όπως αυτόματο σύστημα καταιονισμού και ανίχνευσης καπνού (automatic sprinkler and smoke detection systems). Την αναβάθμιση των φρακτών ώστε να είναι από άκαυστα υλικά, καθώς και βελτιωμένες μεθόδους για την ασφαλή διαφυγή των επιβαινόντων, όπως η εγκατάσταση φωτισμού σε χαμηλά σημεία. Το 1992 η Υπο-Επιτροπή για την Πυρασφάλεια (Sub-Committee on Fire Protection) συμφώνησε να προβεί σε συνολική αναθεώρηση της σύμβασης SOLAS του κεφαλαίου II-2, καθώς κρίθηκε ότι οι τροποποιήσεις των προηγούμενων ετών, καθιστούσαν το κεφάλαιο δύσκολο στη χρήση και εφαρμογή του. Επιπλέον οι τεχνολογικές εξελίξεις και οι εμπειρίες των ατυχημάτων που συνέβησαν από την τελευταία αναθεώρηση του κεφαλαίου το 1981, κατέστησαν απαραίτητη την υιοθέτηση νέων επιπρόσθετων διατάξεων και τροποποιήσεων για τις ήδη υπάρχουσες. Το αποτέλεσμα αυτής της προσπάθειας, οκτώ ετών, οδήγησε σε μια βελτιωμένη αναθεώρηση και δόμηση του κεφαλαίου II-2, που το καθιστά πιο εύχρηστο, περιορίζοντας πολλές ασαφείς και αόριστες φράσεις, όπως «προς ικανοποίηση της Διοίκησης», ή «πρέπει να προβλέπεται ένα μέσο». Στην πραγματικότητα, υπήρχαν πάνω από 200 τέτοιες φράσεις που χρησιμοποιούνταν σε όλο το κεφάλαιο. Επίσης το μέχρι τότε κεφάλαιο δεν είχε καμία δομή ώστε να υποστηριχθούν νέοι σχεδιασμοί και καινούρια χαρακτηριστικά. Το σημαντικότερο όλων είναι ότι έδινε ελάχιστη έμφαση στο ανθρώπινο στοιχείο, παράγοντας στον οποίο πλέον οφείλεται το 80 % των θαλάσσιων ατυχημάτων.

- **1996 Amendments and International Code for Application of Fire Test Procedures**

Οι τροποποιήσεις του 1996 του κεφαλαίου II-2, οι οποίες τέθηκαν σε ισχύ το 1998, περιλαμβάνουν αλλαγές στα ακόλουθα μέρη: General introduction, Part B (fire safety measures for passenger ships), Part C (fire safety measures for cargo ships), and Part D (fire safety measures for tankers). Ένας νέος Διεθνής Κώδικας για την Εφαρμογή των Κανονισμών Πυρασφαλείας (International Code for the Application of Fire Test Procedures-*FTP Code*), δημιουργήθηκε και τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιουλίου 1998. Ο κώδικας θέτει τις προϋποθέσεις για την έγκριση εγκατάστασης προϊόντων σε πλοία από τις διοικήσεις των χωρών που φέρουν τη σημαία τους. Ο κώδικας FTP παρέχει διεθνείς απαιτήσεις για εργαστηριακές δοκιμές, έγκριση του τύπου και τις διαδικασίες δοκιμής πυρός για τα ακόλουθα:

- non-combustibility test;
- smoke and toxicity test;
- test for "A", "B" and "F" class divisions;
- test for fire door control systems;
- test for surface flammability;
- test for primary deck coverings;
- test for vertically supported textiles and films;
- test for upholstered furniture;
- test for bedding components.

- **2000 Amendments - Revised Chapter II-2**

Το Δεκέμβριο του 2000, ο IMO υιοθέτησε μια πλήρως αναθεωρημένη έκδοση της SOLAS Chapter II-2, η οποία τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιουλίου 2002. Η νέα δομή στο κεφάλαιο αυτό επικεντρώνεται περισσότερο σε «fire scenario process» και όχι τόσο στον τύπο του πλοίου, όπως ήταν δομημένη η προηγούμενη έκδοση της SOLAS Chapter II-2. Έτσι, οι κανονισμοί ξεκινούν με την πρόληψη, την ανίχνευση και την καταστολή και συνεχίζουν με όλη τη διαδικασία μέχρι τη διαφυγή από το πλοίο. Ακόμα, η αναθεωρημένη SOLAS Chapter II-2 διαθέτει δύο νέα τμήματα, το part E, που ασχολείται αποκλειστικά με θέματα ανθρώπινου παράγοντα όπως είναι η εκπαίδευση, ασκήσεις και θέματα συντήρησης και το part F, που ορίζει μια μεθοδολογία για την έγκριση εναλλακτικών (ή νέων) σχεδιασμών και ρυθμίσεων.

## **Κώδικας για τα Διεθνή Συστήματα Πυρασφάλειας ( FSS Code)**

Μερικές από τις αρχικές τεχνικές διατάξεις μεταφέρθηκαν από τη σύμβαση σε έναν ειδικά διαμορφωμένο κώδικα, τον κώδικα για τα Διεθνή Συστήματα Πυρασφάλειας( FSS Code). Επίσης, πολλές άλλες τεχνικές διατάξεις της Σύμβασης αναγράφονται αναλυτικότερα σε αυτό τον κώδικα. Ο κύριος λόγος για την ύπαρξη ενός ξεχωριστού κώδικα ήταν ο διαχωρισμός των λειτουργικών και νομοθετικού περιεχομένου απαιτήσεων, που είναι σαφές ότι ανήκουν στη σύμβαση, η εφαρμογή των οποίων αφορά τη διοίκηση της χώρας της σημαίας του πλοίου, από τις καθαρά τεχνικές απαιτήσεις, που ενσωματώθηκαν στον κώδικα και απευθύνονται σε εξειδικευμένο προσωπικό (κατασκευαστές μηχανημάτων κλπ).

Ο σκοπός του FSS Code είναι να παρέχει τα διεθνή πρότυπα, για τα συστήματα πυρασφάλειας που απαιτούνται μέσα από την αναθεωρημένη SOLAS CH.II-2. Ο FSS Code αποτελείται από 15 κεφάλαια. Σε κάθε κεφάλαιο υπάρχουν ειδικές διατάξεις συστημάτων και λειτουργιών, εκτός του κεφαλαίου I, το οποίο περιέχει διάφορους ορισμούς και γενικές απαιτήσεις για την έγκριση εναλλακτικών σχεδιασμών και τοξικών μέσων πυρόσβεσης.

## **2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ SOLAS CHAPTER II-2:**

### **CONSTRUCTION – FIRE PROTECTION, FIRE DETECTION AND FIRE EXTINGUISHION**

Στο σημείο αυτό θα γίνει μια σύντομη περιγραφή των κεφαλαίων και του περιεχομένου του κανονισμού της Solas Chapter II-2:Construction – fire protection, fire detection and fire extinction. Ο κανονισμός τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιουλίου του 2002.

Το κεφάλαιο αποτελείται από 7 μέρη(part A-G) και στα μέρη υπάρχουν συνολικά 20 κανονισμοί (regulation 1-20).

#### **PART A – GENERAL**

Regulation 1-Application: Η εφαρμογή του κανονισμού ισχύει για πλοία ναυπηγημένα από την 1η Ιουλίου του 2002 και μετέπειτα. Για τα πλοία που ναυπηγήθηκαν νωρίτερα από αυτή την ημερομηνία, πρέπει να ισχύουν οι απαιτήσεις του αμέσως προηγούμενου εν ισχύει κανονισμού. Παρά ταύτα, υπάρχουν διατάξεις για τα υπάρχοντα πλοία στον αναθεωρημένο κανονισμό.

Regulation 2-Fire safety objectives and functional requirements:

Αναφέρονται οι στόχοι της πυρασφάλειας και οι λειτουργικές απαιτήσεις του κεφαλαίου.

Regulation 3-Definitions: Διευκρινίσεις και ορισμοί για όρους του κεφαλαίου.

**PART B - PREVENTION OF FIRE AND EXPLOSION**

Regulation 4-Probability of ignition: Σκοπός του συγκεκριμένου κανονισμού είναι η αποφυγή της έναυσης εύφλεκτων υλικών ή υγρών.

Regulation 5-Fire growth potential: Σκοπός του παρόντος κανονισμού είναι η μείωση της πιθανότητας επέκτασης της πυρκαγιάς σε κάθε χώρο του πλοίου.

Regulation 6-Smoke generation potential and toxicity: Σκοπός του συγκεκριμένου κανονισμού είναι η μείωση της επικινδυνότητας για τη ζωή από τον καπνό και τα τοξικά προϊόντα που παράγονται κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς σε χώρους εργασίας ή διαμονής ανθρώπων.

**PART C- SUPPRESSION OF FIRE**

Regulation 7-Detection and alarm: Σκοπός του κανονισμού είναι ο εντοπισμός της φωτιάς στο χώρο έναυσης, και η έγκαιρη ειδοποίηση για ασφαλή διαφυγή και λήψη πυροσβεστικών ενεργειών.

Regulation 8-Control of smoke spread: Σκοπός του κανονισμού είναι ο έλεγχος της διάδοσης του καπνού, ώστε να μειωθεί ο ενδεχόμενος κίνδυνος.

Regulation 9-Containment of fire: Σκοπός του παρόντος κανονισμού είναι ο περιορισμός της πυρκαγιάς στο χώρο της έναυσης.

Regulation 10-Firefighting: Σκοπός του κανονισμού είναι η ταχεία κατάσβεση της πυρκαγιάς στο χώρο έναυσής της.

Regulation 11-Structural integrity: Σκοπός του συγκεκριμένου κανονισμού είναι η διατήρηση της κατασκευαστικής ακεραιότητας του πλοίου, αποφεύγοντας τη μερική ή ολική κατάρρευσή του, λόγω μείωσης της αντοχής από τη θερμότητα.

**PART D - ESCAPE**

Regulation 12-Notification of crew and passengers: Σκοπός του κανονισμού είναι η ειδοποίηση των επιβατών και του πληρώματος για την πυρκαγιά και η ασφαλής, ομαλή και γρήγορη εκκένωση του πλοίου.

Regulation 13-Means of escape: Σκοπός του συγκεκριμένου κανονισμού είναι η παροχή μέσων διαφυγής, ώστε τα άτομα που βρίσκονται στο πλοίο να μπορούν να μεταβούν με ασφάλεια στο κατάστρωμα που βρίσκονται οι οσωτικές λέμβοι.

#### **PART E - OPERATIONAL REQUIREMENTS**

Regulation 14-Operational readiness and maintenance: Σκοπός του παρόντος κανονισμού είναι η συντήρηση και επίβλεψη των μέτρων πυρασφάλειας που διαθέτει το πλοίο.

Regulation 15-Instructions, onboard training and drills: Σκοπός του παρόντος κανονισμού είναι η άμβλυση των συνεπειών της πυρκαγιάς μέσω καταλλήλων οδηγιών και ασκήσεων για την εκπαίδευση του πληρώματος σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

Regulation 16-Operations: Σκοπός του κανονισμού είναι η παροχή πληροφοριών και οδηγιών για τον κατάλληλο χειρισμό του πλοίου και του φορτίου σε σχέση με την πυρασφάλεια.

#### **PART F - ALTERNATIVE DESIGN AND ARRANGEMENTS**

Regulation 17-Alternative design and arrangements: Σκοπός του συγκεκριμένου κανονισμού είναι η παροχή της μεθοδολογίας για την έγκριση εναλλακτικών σχεδιασμών και απαιτήσεων για την πυρασφάλεια.

#### **PART G - SPECIAL REQUIREMENTS**

Regulation 18-Helicopter facilities: Σκοπός του συγκεκριμένου κανονισμού είναι η παροχή επιπρόσθετων μέτρων για την εξασφάλιση των στόχων της πυρασφάλειας σε πλοία με ειδικές εγκαταστάσεις για ελικόπτερα.

Regulation 19-Carriage of dangerous goods: Σκοπός του παρόντος κανονισμού είναι η παροχή επιπρόσθετων μέτρων για την εξασφάλιση των στόχων της πυρασφάλειας σε πλοία με επικίνδυνα φορτία (dangerous goods).

Regulation 20 - Protection of vehicle, special category and ro-ro spaces: Σκοπός του παρόντος κανονισμού είναι η παροχή επιπρόσθετων μέτρων για την εξασφάλιση των στόχων της πυρασφάλειας σε πλοία με χώρους οχημάτων, ειδικής κατηγορίας και Ro-Ro.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΑ ΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ©SOLEARN

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η προεργασία για τη διαδικασία της παραγωγής των σεναρίων. Τα σενάρια θα προκύψουν βάσει των κατανομών που ακολουθούν συγκεκριμένα επιλεγμένοι παράμετροι του δείγματος πραγματικών ατυχημάτων πυρκαγιάς και έκρηξης που λήφθηκε από τη βάση δεδομένων της Sea-Web, για την περίοδο 04/01/2011–27/05/2013.

Ως σενάρια θεωρούμε καταστάσεις με συγκεκριμένες τιμές για κάθε επιλεγμένη παράμετρο και συγκεκριμένη τιμή των συνεπειών. Σενάρια παράχθηκαν ξεχωριστά για κάθε τύπο πλοίου, σε συνάρτηση με τους τύπους πλοίων που αναλύθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στο τεστ ερωτήσεων–*quiz* της εφαρμογής ©*Solearn*:

- All ships
- Passenger ships
- Tanker ships
- Cargo ships

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν κατά τη διαδικασία και που θα αναλυθούν λεπτομερώς στη συνέχεια, είναι τα εξής:

- 1) Καταγραφή των παραμέτρων για τις περιπτώσεις των ατυχημάτων του δείγματος.
- 2) Διαχωρισμός των ατυχημάτων του δείγματος ανάλογα με τον τύπο του πλοίου.
- 3) Παραγωγή των αντίστοιχων ιστογραμμάτων από τις τιμές των επιλεγμένων παραμέτρων.
- 4) Από τα ιστογράμματα με την κατάλληλη μεθολογία θα καθοριστούν οι αντιπροσωπευτικές πιθανοθεωρητικές κατανομές για την κάθε μεταβλητή/παράμετρο του προβλήματος.
- 5) Βάσει των καθορισμένων κατανομών και με τη χρήση κατάλληλων μεθόδων δειγματοληψίας, θα καταλήξουμε σε ορισμένα σενάρια (*θα παρουσιαστούν στο κεφάλαιο 4*).

Τα βήματα 3-5 έγιναν για κάθε ένα τύπο πλοίου ξεχωριστά.

### 3.1 Το Δείγμα

Το δείγμα που εξήχθη αφορά πλοία όλων των τύπων για ατυχήματα πυρκαγιάς και έκρηξης. Στην αρχική εξαγωγή των δεδομένων από τη βάση δεδομένων της Sea-Web αριθμήσαμε 383 συμβάντα. Καθώς όμως, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, σκοπός είναι τα ατυχήματα να αναφέρονται σε πλοία που βρίσκει εφαρμογή ο κανονισμός της Solas, από το δείγμα δεν έχουν ληφθεί υπόψη: α)τα ψαράδικα (*fishing vessels*) και β)τα πλοία μεγέθους <500GT.

Τελικά, όπως διαμορφώθηκε με τις παραπάνω εξαιρέσεις, το δείγμα αναφέρεται σε 258 ατυχήματα, που συνέβησαν κατά την περίοδο 06/01/2011-21/05/2013.

### 3.2 Οι Παράμετροι

Οι παράμετροι/μεταβλητές που θα χειριστούμε, θα εκτιμηθούν ως προς τη συμβολή και την επίδρασή τους στις συνέπειες ενός ατυχήματος και κυρίως, στις ανθρώπινες απώλειες.

Οι τελικές παράμετροι/μεταβλητές που κρίθηκαν ως οι καταλληλότερες και χρησιμοποιηθήκαν στη μελέτη που ακολουθεί, είναι οι κάτωθι (για κάθε κατηγορία τύπου πλοίου):

1. Ο τύπος του πλοίου\* –*ship type*
2. Το μέγεθος του πλοίου σε GT –*GT*
3. Η τοποθεσία του πλοίου –*ship location*
4. Η κατάσταση του πλοίου –*ship state*
5. Το είδος/αλληλουχία του ατυχήματος –*accident sequence*
6. Το αίτιο του ατυχήματος –*accident cause*
7. Η πηγή της έναυσης –*accident origin*
8. Η εξάπλωση της πυρκαγιάς –*fire extension*
9. Το υλικό της έναυσης –*combustible material*
10. Συντελεστές στην κατάσβεση της φωτιάς –*fire suppression*
11. Η κατάληξη του πλοίου –*vessel's fate*
12. Οι ανθρώπινες απώλειες –*fatalities*

/\*Μόνο για την κατηγορία *all ships*/\*

### 3.2.1 Ανάλυση Παραμέτρων

Στην ανάλυση που ακολουθεί, με βάση το ιστόγραμμα που θα παρουσιαστεί για την κάθε παράμετρο, θα αποδοθεί και μια συγκεκριμένη πιθανοθεωρητική συνάρτηση κατανομής, για αυτό το λόγο κρίνεται σκόπιμο να αναλυθεί στο σημείο αυτό η διαδικασία *απόδοσης κατανομής στα δεδομένα-fitting distribution to data*.

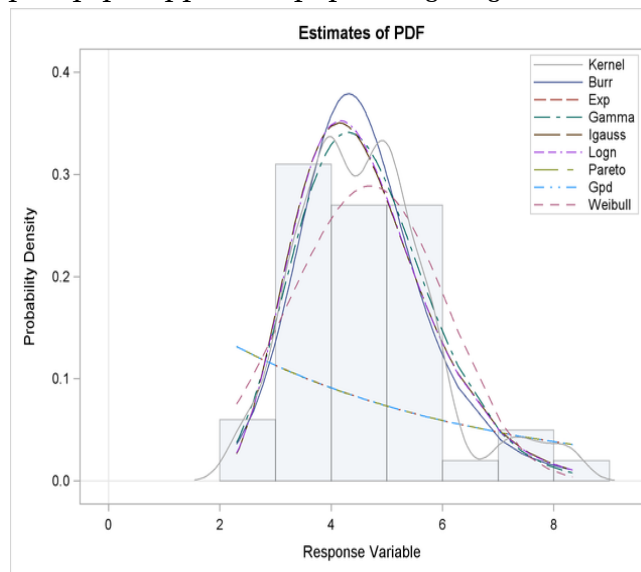
#### 3.2.1.1 Απόδοση Κατανομής στα Δεδομένα-Fitting Distribution to Data

Απόδοση πιθανοθεωρητικής κατανομής στα δεδομένα (Fitting Distribution to Data or Fitting Distribution) είναι η διαδικασία για την επιλογή μιας στατιστικής κατανομής πιθανότητας σε μια σειρά από δεδομένα που αφορούν την επαναλαμβανόμενη μέτρηση μιας μεταβλητής. Πιο απλά, είναι η διαδικασία όταν έχουμε ένα τυχαίο δείγμα δεδομένων και θέλουμε να εξετάσουμε ποια κατανομή το περιγράφει καλύτερα.

Σκοπός είναι να προβλέψει την πιθανότητα ή τη συχνότητα εμφάνισης του μεγέθους του φαινομένου σε ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών. Μπορεί να θεωρηθεί ως ένα εργαλείο για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας σε ειδικούς υπολογισμούς και να βοηθήσει στην λήψη σημαντικών αποφάσεων.

Υπάρχουν πολλές κατανομές πιθανότητας από τις οποίες ορισμένες μπορούν να ταιριάζουν καλύτερα με την παρατηρούμενη συχνότητα των δεδομένων από άλλες, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των στοιχείων του δείγματος της μεταβλητής και της κατανομής. Προς πληρέστερη κατανόηση παρατίθεται το παρακάτω παράδειγμα:

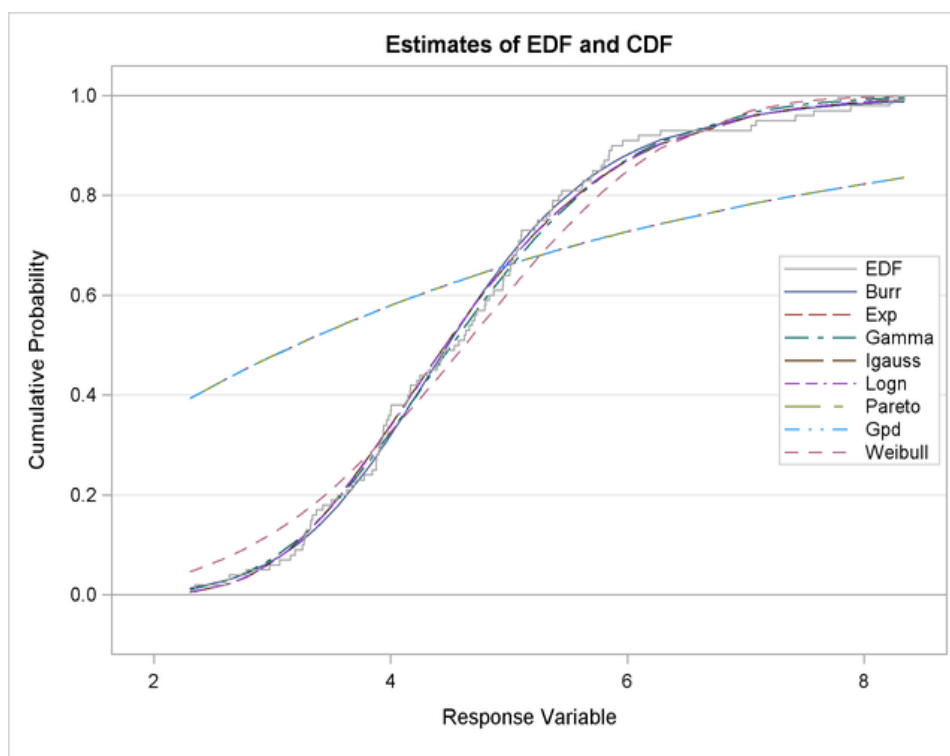
Στο πρώτο σχήμα απεικονίζεται ένα σετ δεδομένων παράλληλα με διάφορες κατανομές για να γίνει η εκτίμηση της κατανομής που αποδίδει καλύτερα τη συγκεκριμένη μεταβλητή που εξετάζεται.



Σχήμα 3.1: Σύγκριση διαφόρων κατανομών για τη μεταβλητή του παραδείγματος.



Παρατίθεται στο παρακάτω σχήμα μια εναλλακτική μορφή απεικόνισης, αυτή της αθροιστικής συνάρτησης, που μας βοηθά στο να ελεγχθεί αν μια κατανομή ταιριάζει με τα δεδομένα.



Σχήμα 3.2: Σύγκριση αθροιστικών συναρτήσεων για τη μεταβλητή.

Στην όλη διαδικασία δημιουργείται ένα πολύ σημαντικό ερώτημα. Εκτός από την οπτική αναγνώριση πως μια κατανομή ταιριάζει περισσότερο από μια άλλη σε μια ομάδα δεδομένων, έλεγχος που φυσικά δεν υπάγεται σε κάποιο νόμο, με ποιον άλλο τρόπο και κριτήριο ο εκάστοτε μελετητής θα είναι σε θέση να επιλέξει την καταλληλότερη κατανομή για τα δεδομένα του.

Η αναγκαιότητα που υπάρχει να απαντηθεί το παραπάνω ερώτημα είναι μεγάλη, καθώς είναι κρίσιμο να επιλεχτεί η καταλληλότερη κατανομή. Χρήση ενός λανθασμένου εργαλείου θα οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα και αυτά με τη σειρά τους θα οδηγήσουν σε λανθασμένες αποφάσεις.

Ο τομέας της Στατιστικής που θα μας βοηθήσει σε αυτή την απάντηση καλείται *έλεγχος καλής προσαρμογής* **Goodness-of-Fit Statistics (GOF)**, με διάφορα κριτήρια-τεστ που υπάρχουν για να συνοψίσουν την απόκλιση μεταξύ των παρατηρούμενων τιμών και των τιμών που αναμένονται από το κάθε τεστ.

Για την αξιολόγηση της καταλληλότητας μιας δεδομένης κατανομής για ένα σύνολο δεδομένων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ακόλουθα κριτήρια-τεστ:

- i. Kolmogorov–Smirnov test
- ii. Cramér–von Mises criterion
- iii. Anderson–Darling test
- iv. Shapiro–Wilk test
- v. Chi Square test
- vi. Akaike information criterion
- vii. Hosmer–Lemeshow test

Τα τεστ που χρησιμοποιεί το υπολογιστικό πακέτο στην παρούσα εργασία έχει τρία από τα προαναφερθέντα κριτήρια:

- i. Chi-Squared -  $\chi^2$
- ii. Kolmogorov-Smirnoff - **K-S**
- iii. Anderson-Darling - **A-D**

Τα τεστ αυτά δίνουν την πιθανότητα τα δεδομένα τα οποία παράγονται από την επιλεγμένη κατανομή να δίνουν μια τιμή για τα τεστ τόσο μικρή όσο υπολογίζεται για τα δεδομένα των παρατηρήσεων. Και αυτό γιατί όσο μικρότερη είναι η τιμή των παραπάνω τεστ τόσο καλύτερα η επιλεγμένη κατανομή περιγράφει τα δεδομένα που προέρχονται από τις παρατηρήσεις. Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί ότι τα κριτήρια αυτά δε δίνουν ένα αληθινό μέτρο της πιθανότητας να περιγράφονται τα δεδομένα από την επιλεγμένη κατανομή.

#### i. Chi-Squared $\chi^2$

Το στατιστικό τεστ Chi-Squared- $\chi^2$  είναι ίσως η πιο δημοφιλής μέθοδος και χρησιμοποιείται ουσιαστικά για να διερευνήσουμε αν υπάρχει συνάφεια μεταξύ θεωρίας και πραγματικότητας (γι' αυτό και ονομάζεται και goodness-of-fit statistic). Το συγκεκριμένο κριτήριο συγκρίνει την πραγματική συχνότητα με την αναμενόμενη συχνότητα σε κάθε κατηγορία και ελέγχει αν όλες οι κατηγορίες περιλαμβάνουν τις ίδιες αναλογίες τιμών (ελέγχοντας δηλαδή τη μηδενική υπόθεση ότι δεν υπάρχει σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών).

Το Chi-Squared τεστ κάνει τις παρακάτω υποθέσεις:

- 1) Το δείγμα των παρατηρήσεων αποτελείται από ένα τυχαίο δείγμα με  $n$  ανεξάρτητα στοιχεία.

- 2) Η κλίμακα μέτρησης μπορεί να είναι ονομαστική (nominal) ή αριθμητική (numerical).
- 3) Τα  $n$  στοιχεία μπορούν να οργανωθούν σε ένα ιστογράμμα με  $N$  γειτονικές κλάσεις οι οποίες οριοθετούν το σύνολο των πιθανών τιμών της μεταβλητής που περιγράφει το δείγμα.

Η εξίσωση του  $\chi^2$  κριτηρίου είναι η παρακάτω:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{\{O(i) - E(i)\}^2}{E(i)}$$

- $O(i)$  είναι η παρατηρούμενη συχνότητα της  $i$ -κλάσης του ιστογράμματος.
- $E(i)$  είναι η αναμενόμενη συχνότητα της επιλεγμένης κατανομής από τις  $x$ -τιμές που βρίσκονται εντός του  $x$ -εύρους της  $i$ -κλάσης του ιστογράμματος.

Όπου το  $E(i)$  υπολογίζεται από τη σχέση:

$$E(i) = \{F(i_{\max}) - F(i_{\min})\} \cdot n$$

- $F(x)$  = η συνάρτηση της επιλεγμένης κατανομής
- $i_{\max}$  = η τιμή του πάνω ορίου της  $i$ -κλάσης του ιστογράμματος
- $i_{\min}$  = η τιμή του κάτω ορίου της  $i$ -κλάσης του ιστογράμματος

Το γεγονός ότι η συνάρτηση  $\chi^2$  αθροίζει τα τετράγωνα των διαφορών-σφαλμάτων  $\{O(i) - E(i)\}$  καθιστά πιθανό το ενδεχόμενο να γίνει δυσάναλογα ευαίσθητη σε μεγάλα σφάλματα. Η συνάρτηση  $\chi^2$  εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον αριθμό των κλάσεων  $N$  που χρησιμοποιούνται στο ιστογράμμα. Αλλάζοντας τον αριθμό  $N$  των κλάσεων μπορεί η πρωτίστως επιλεγμένη ως καταλληλότερη κατανομή να μην είναι πλέον η βέλτιστη. Δυστυχώς, δεν υπάρχουν κανόνες επιλογής του αριθμού  $N$  των κλάσεων ώστε να επιτυγχάνεται το καλύτερο αποτέλεσμα.

## ii. Kolmogorov-Smirnoff K-S

Ο έλεγχος  $\chi^2$  τις περισσότερες φορές δεν είναι ο καλύτερος έλεγχος καλής προσαρμογής για συνεχή δεδομένα διότι προϋποθέτει ομαδοποίηση των δεδομένων (διαμερίζουμε το πεδίο τιμών των παρατηρήσεων σε  $k$  σύνολα  $A_1, A_2, \dots, A_k$ ) με συνέπεια την απώλεια πληροφορίας (επίσης η διαμέριση είναι τις περισσότερες φορές αυθαίρετη). Σε αυτήν την περίπτωση (δεδομένα από συνεχή κατανομή) συνήθως προτιμάται ο έλεγχος Kolmogorov-Smirnov (K-S) ο οποίος βασίζεται στην εμπειρική συνάρτηση κατανομής του δείγματος και δεν προϋποθέτει κάποια ομαδοποίηση των δεδομένων.

Το Kolmogorov-Smirnoff (K-S) GOF τεστ χρησιμοποιείται για να αποφανθεί αν ένα δείγμα προέρχεται από ένα πληθυσμό, που ακολουθεί μια συγκεκριμένη κατανομή. Το K-S one-sample GOF τεστ βασίζεται στη μέγιστη διαφορά μεταξύ της αθροιστικής συνάρτησης κατανομής του δείγματος, ή αλλιώς της 'εμπειρικής αθροιστικής συνάρτησης κατανομής' ECDF (Experimental Cumulative Distribution Function), και της αθροιστικής συνάρτησης κατανομής CDF της κατανομής που υποθέτουμε πως ακολουθεί το δείγμα μας.

Ένα θετικό χαρακτηριστικό του ελέγχου αυτού είναι ότι δεν εξαρτάται από την εξεταζόμενη κατανομή (distribution free), έχει όμως και σημαντικούς περιορισμούς:

- 1) Εφαρμόζεται μόνο για συνεχείς κατανομές.
- 2) Τείνει να είναι περισσότερο ευαίσθητος στο κέντρο της κατανομής παρά στις άκρες της.
- 3) Ίσως ο πιο σημαντικός περιορισμός είναι ότι η κατανομή πρέπει να είναι πλήρως ορισμένη. Αυτό σημαίνει ότι αν οι παράμετροι θέσης, κλίμακας, και σχήματος της κατανομής υπολογίζονται από τα δεδομένα, η κρίσιμη περιοχή του ελέγχου K-S δεν είναι πλέον έγκυρη και τυπικά πρέπει να καθοριστεί από προσομοίωση.

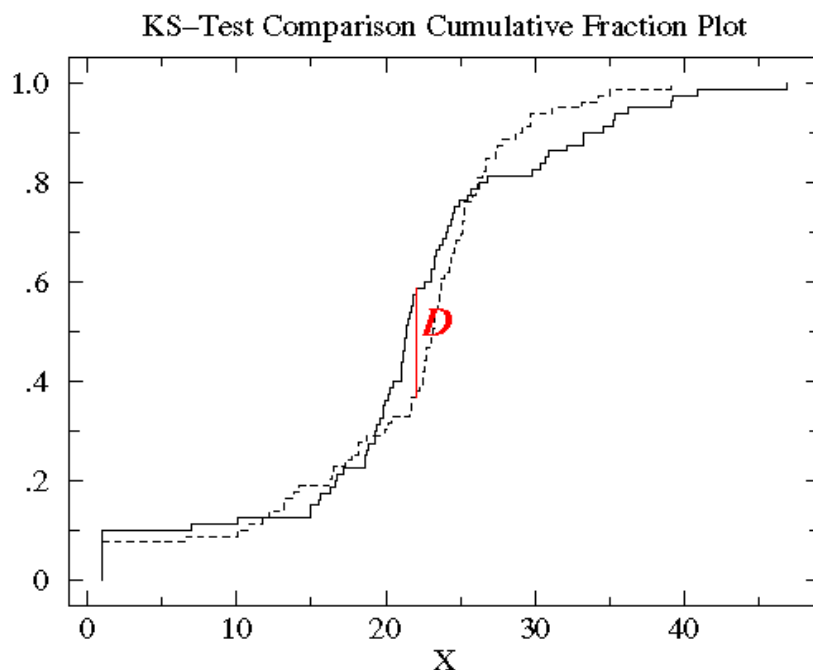
Η μέθοδος K-S βασίζεται στη συνάρτηση  $D_n$  η οποία ορίζεται ως εξής:

$$D_n = \max [(F_n(x) - F(x))]$$

- $D_n$  = είναι γνωστή ως η απόσταση K-S
- $n$  = ο συνολικός αριθμός των δεδομένων του δείγματος
- $F(x)$  = η συνάρτηση της επιλεγμένης κατανομής
- $F_n(x) = i/n$ , με  $i$  τη θέση του στοιχείου κατ'άθροισμα.

Η συνάρτηση K-S υπολογίζεται για τη μέγιστη κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της αθροιστικής συνάρτησης κατανομής της επιλεγμένης κατανομής

και την αθροιστική κατανομή των δεδομένων του δείγματος. Το επόμενο σχήμα απεικονίζει αυτή ακριβώς τη διαφορά.



Σχήμα 3.3: Σχηματική αναπαράσταση της διαφοράς  $D_n$ .

Για την κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της κατανομής των παρατηρήσεων  $F_n(x)$  και της θεωρητικής κατανομής  $F(x)$  σε κάθε σημείο, έστω  $x_0$ , έχει η ίδια μια κατανομή με μέση τιμή ίση με μηδέν και τυπική απόκλιση  $\sigma_{K-S}$  η τιμή της οποίας ακολουθεί τη διωνυμική κατανομή σύμφωνα με τη σχέση:

$$\sigma_{K-S} = \sqrt{\frac{F(x_0) \cdot [1 - F(x_0)]}{n}}$$

Η τιμή της συνάρτησης K-S καθορίζεται μόνο από τη μεγαλύτερη ασυμφωνία και δεν λαμβάνει καθόλου υπόψιν τις διαφορές της υπόλοιπης κατανομής.

### iii. Anderson-Darling A-D

Η μέθοδος A-D είναι μια πιο εξελιγμένη εκδοχή της μεθόδου K-S. Έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα έναντι της K-S:

Η υψηλή διακύμανση  $\sigma_{K-S}^2$  των κατακόρυφων αποστάσεων μεταξύ της κατανομής των δεδομένων και της επιλεγμένης κατανομής αντισταθμίζεται από τη συνάρτηση  $\Psi(x)$ . Οι διακυμάνσεις των παρατηρήσεων ώστε μια τιμή

να παράγεται σε αυτή τη x-τιμή, σταθμίζεται από τη συνάρτηση  $f(x)$ . Οι ολοκληρώσεις των κατακόρυφων αποστάσεων γίνονται σε όλο το εύρος των τιμών x, ώστε να γίνεται χρήση όσο δυνατόν μεγαλύτερου ποσοστού του δείγματος. Η μέθοδος A-D είναι πιο χρήσιμη από τη μέθοδο K-S, καθώς υπολογίζει ικανοποιητικά τα δεδομένα τόσο στις ακραίες τιμές όσο και στο κύριο τμήμα της κατανομής. Παρά ταύτα, υπάρχει και εδώ το μειονέκτημα ότι η επιλεγμένη κατανομή πρέπει να υπολογίζεται θεωρητικά και όχι από τα δεδομένα.

Η μέθοδος A-D βασίζεται στη συνάρτηση  $A_n^2$  η οποία ορίζεται ως εξής:

$$A_n^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} |F_n(x) - F_x|^2 \cdot \Psi(x) \cdot f(x) dx$$

$$\text{Με } \Psi(x) = \frac{n}{F(x) \cdot \{1 - F(x)\}}$$

- n = ο συνολικός αριθμός των δεδομένων του δείγματος
- F(x) = η συνάρτηση της επιλεγμένης κατανομής
- f(x) = η συνάρτηση πυκνότητας της επιλεγμένης κατανομής
- $F_n(x) = i/n$
- i = η θέση του σημείου κατ'άθροισμα

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, το υπολογιστικό πακέτο που χρησιμοποιήθηκε για την απόδοση κατανομών στις παραμέτρους είναι το **@Risk**, και η επιλογή των πιθανοθεωρητικών κατανομών για κάθε παράμετρο έγινε με βάση τη συνάρτηση **Chi-squared-X<sup>2</sup>**. Ενδεικτική παρουσίαση για το περιβάλλον του προγράμματος και τον τρόπο ρύθμισης των απαραίτητων παραμέτρων παρουσιάζεται στο παράρτημα Γ.

### 3.2.2 Ανάλυση Παραμέτρων - All Ships

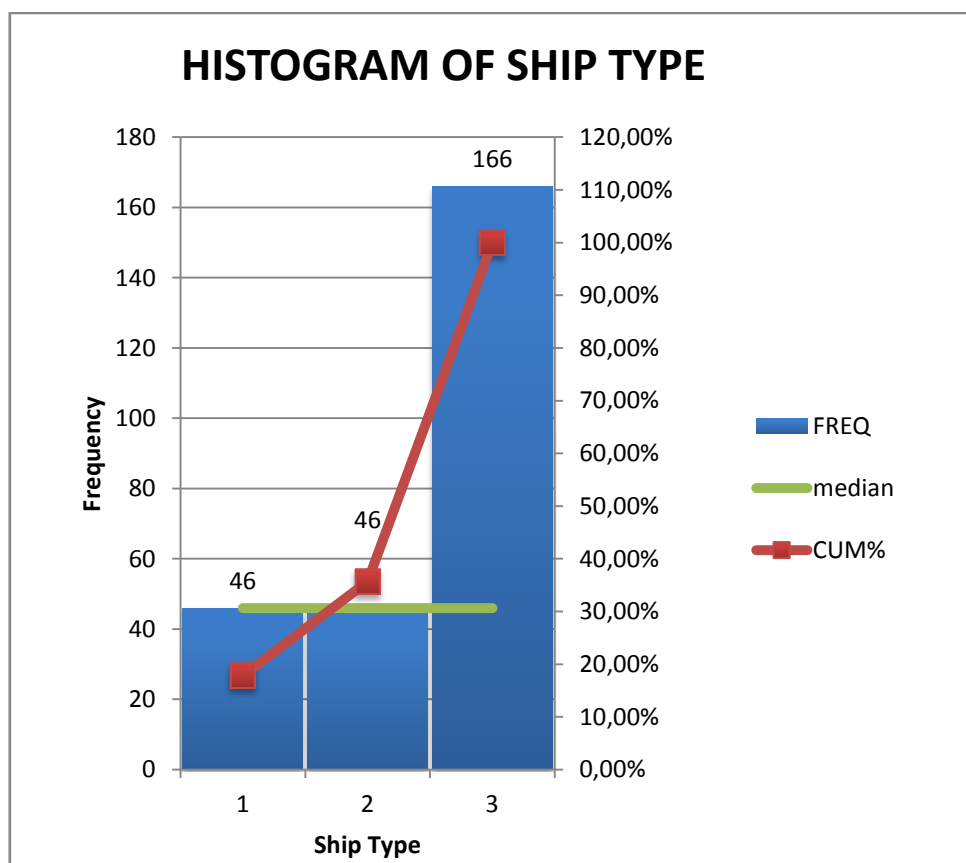
#### 3.2.2.1 Τύπος πλοίου - Ship type

Η γραφική παράσταση ενός δείγματος με ομαδοποιημένα δεδομένα γίνεται με το ιστόγραμμα. Στον οριζόντιο άξονα του συστήματος ορθογωνίων αξόνων σημειώνουμε τα όρια των κλάσεων. Στη συνέχεια κατασκευάζουμε διαδοχικά ορθογώνια, το καθένα από τα οποία έχει ύψος ίσο με τη συχνότητα (ή σχετική συχνότητα) της κλάσης αυτής. Επίσης, σε κάθε ιστόγραμμα που θα συναντήσουμε στη συνέχεια απεικονίζεται και η αθροιστική συνάρτηση της συχνότητας των παραμέτρων, καθώς και η διάμεσος.

Από τις παρατηρήσεις που προέκυψαν για τη συγκεκριμένη παράμετρο κατασκευάστηκε το παρακάτω ιστόγραμμα από τη συχνότητα εμφάνισης κάθε ενδεχομένου του κάθε πλοίου του δείγματος να είναι, είτε επιβατηγό-passenger ship, είτε δεξαμενόπλοιο-tanker ship, είτε φορτηγό πλοίο-cargo ship. Παρατηρούμε ότι τα περισσότερα πλοία του δείγματος είναι cargo ships.

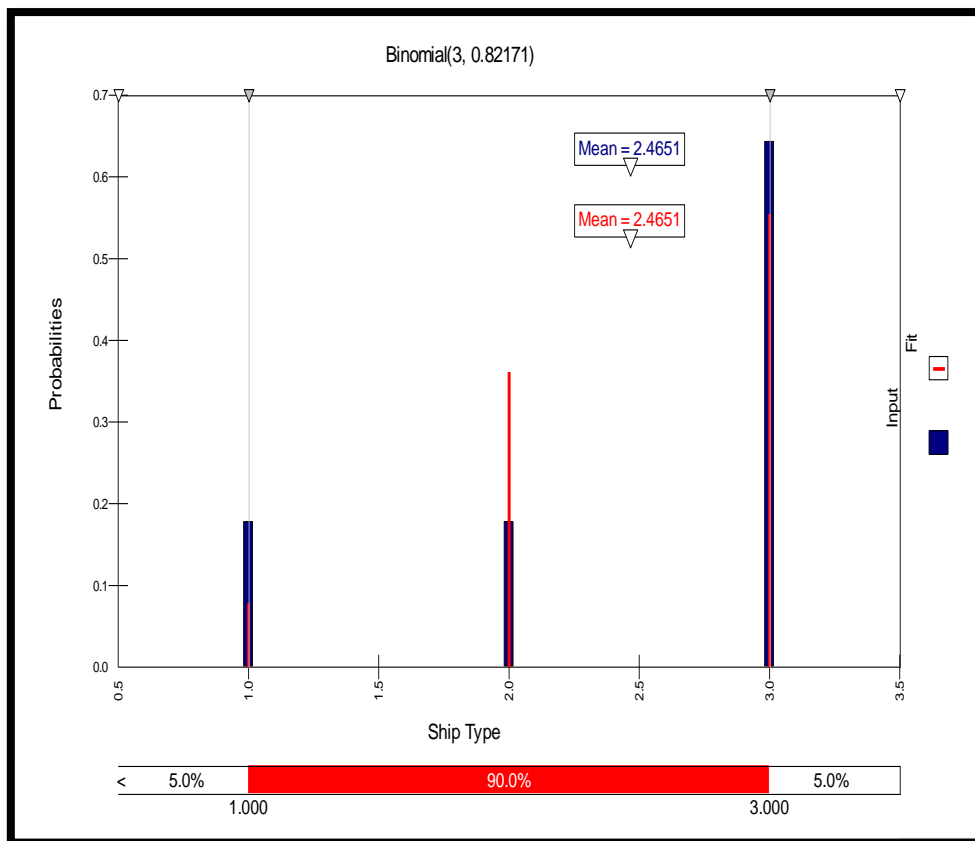
Στο σημείο αυτό, για να μπορέσουμε να έχουμε μια μαθηματική απεικόνιση της συγκεκριμένης παραμέτρου, αποφασίστηκε να αντιστοιχιστεί ένας αριθμός για κάθε κατηγορία ατυχήματος. Οι παρατηρήσεις αυτής της παραμέτρου είναι διακριτές και η κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε είναι η 1-3 με τη σειρά:

1. passenger ship
2. tanker ship
3. cargo ship



Σχήμα 3.4: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Ship type.

Για αυτή τη παράμετρο, μετά την εισαγωγή των δεδομένων στο @Risk προέκυψε η κατανομή του επόμενου σχήματος.

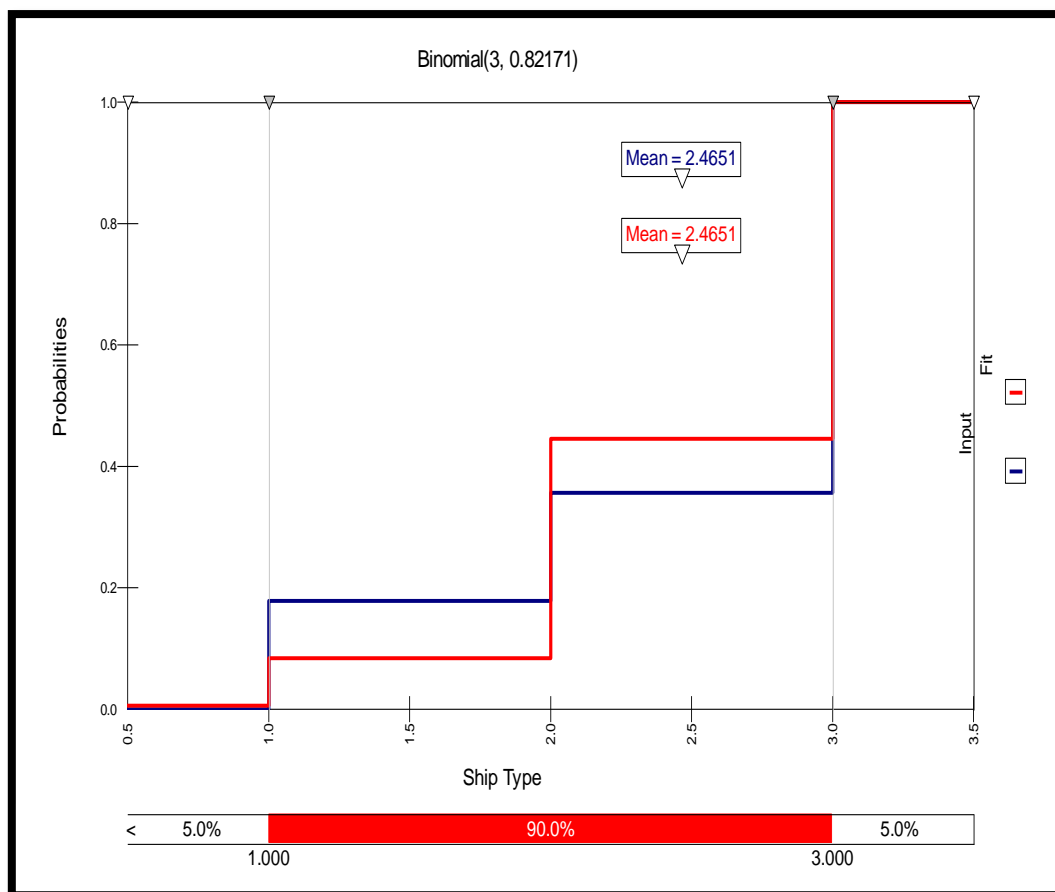


Σχήμα 3.5: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Ship type.

Στην παραπάνω γραφική απεικόνιση, με μπλε χρώμα απεικονίζεται η κατανομή που προκύπτει από τα δεδομένα του δείγματος ενώ, με κόκκινο χρώμα είναι η επιλεγμένη κατανομή με βάση το  $\chi^2$  test που θεωρείται ότι περιγράφει καλύτερα τα δεδομένα μας. Στον x-άξονα είναι οι τιμές που έχουμε ορίσει ανάλογα με τον τύπο πλοίου, και στον y-άξονα είναι οι τιμές πιθανότητας. Η μπάρα στο κάτω μέρος του γραφήματος απεικονίζει το ποσοστό των δεδομένων που βρίσκεται σε ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών. Παρατηρούμε ότι η διαφορά των 2 μέσων τιμών είναι μηδενική, δηλαδή ταυτίζονται. Η κατανομή που επιλέχτηκε για την παράμετρο, όπως φαίνεται στο πάνω μέρος του γραφήματος είναι η **Binomial**(3; 0,82171), δηλαδή η Διωνυμική( $n=3$ ;  $p=0,82171$ ).

Στο παρακάτω σχήμα, απεικονίζονται και οι δύο αντίστοιχες αθροιστικές συναρτήσεις κατανομής. Τα χρώματα απεικόνισης είναι τα ίδια με το αρχικό διάγραμμα. Επιβεβαιώνουμε ότι και σε αυτήν την περίπτωση απεικόνισης, η επιλεγμένη κατανομή αποδίδει σε μεγάλο βαθμό τα δεδομένα του δείγματος. Ωστόσο, πέραν της οπτικής επιβεβαίωσης, παρατίθενται και οι τιμές χαρακτηριστικών μεγεθών των δύο κατανομών για έναν πιο ενδελεχή έλεγχο. Σε μερικές παραμέτρους παρατηρείται ότι η αθροιστική συνάρτηση της επιλεγμένης κατανομής συνεχίζει και μετά το εύρος τιμών του δείγματος λόγω διαφοράς στις τιμές των ορίων της επιλεγμένης κατανομής με αυτές του δείγματος.





Σχῆμα 3.6: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Ship type.

Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Ship type.

	Fit	Input
Function	Binomial(3; 0,82171)	N/A
Shift	N/A	N/A
n	3	N/A
p	0,821705426	N/A
Minimum	0	1
Maximum	3	3
Mean	2,4651	2,4651
Mode	3	3
Median	3	3
Std. Deviation	0,66296	0,77957
Variance	0,43952	0,60537

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή της Διωνυμικής κατανομής.

## Διωνυμική κατανομή

Η διωνυμική κατανομή είναι μια διακριτή συνάρτηση κατανομής τυχαίας μεταβλητής. Περιγράφει ένα τυχαίο πείραμα με δυο πιθανά αποτελέσματα (επιτυχία-αποτυχία) και πιθανότητα επιτυχίας  $p$  που επαναλαμβάνεται  $n$  φορές.

Θεωρούμε την τυχαία μεταβλητή  $X$  που εκφράζει τον αριθμό των επιτυχιών. Η πιθανότητα να έχουμε  $k$  επιτυχίες σε  $n$  ανεξάρτητα πειράματα με πιθανότητα επιτυχίας  $p$  κάθε φορά είναι:

$$P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k}$$

συνάρτηση πιθανότητας      παράμετροι      μέση τιμή διακύμανση

$$\binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k} \quad p \in (0, 1), n \in \mathbb{N} \quad np \quad np(1 - p)$$

Όσον αφορά τη σχέση της με άλλες κατανομές, έχουμε τα εξής:

- Αν πραγματοποιήσουμε μόνο μια λήψη  $n=1$ , τότε η τυχαία μεταβλητή που δηλώνει η μπάλα να είναι λευκή ακολουθεί την κατανομή Bernoulli.
- Αν η δειγματοληψία γίνει χωρίς επαναφορά, η τυχαία μεταβλητή που δηλώνει τον αριθμό των λευκών μπαλών ακολουθεί την υπεργεωμετρική κατανομή.
- Για μεγάλο  $n$  η διωνυμική κατανομή συγκλίνει σύμφωνα με το θεώρημα de Moivre–Laplace στην κανονική κατανομή με

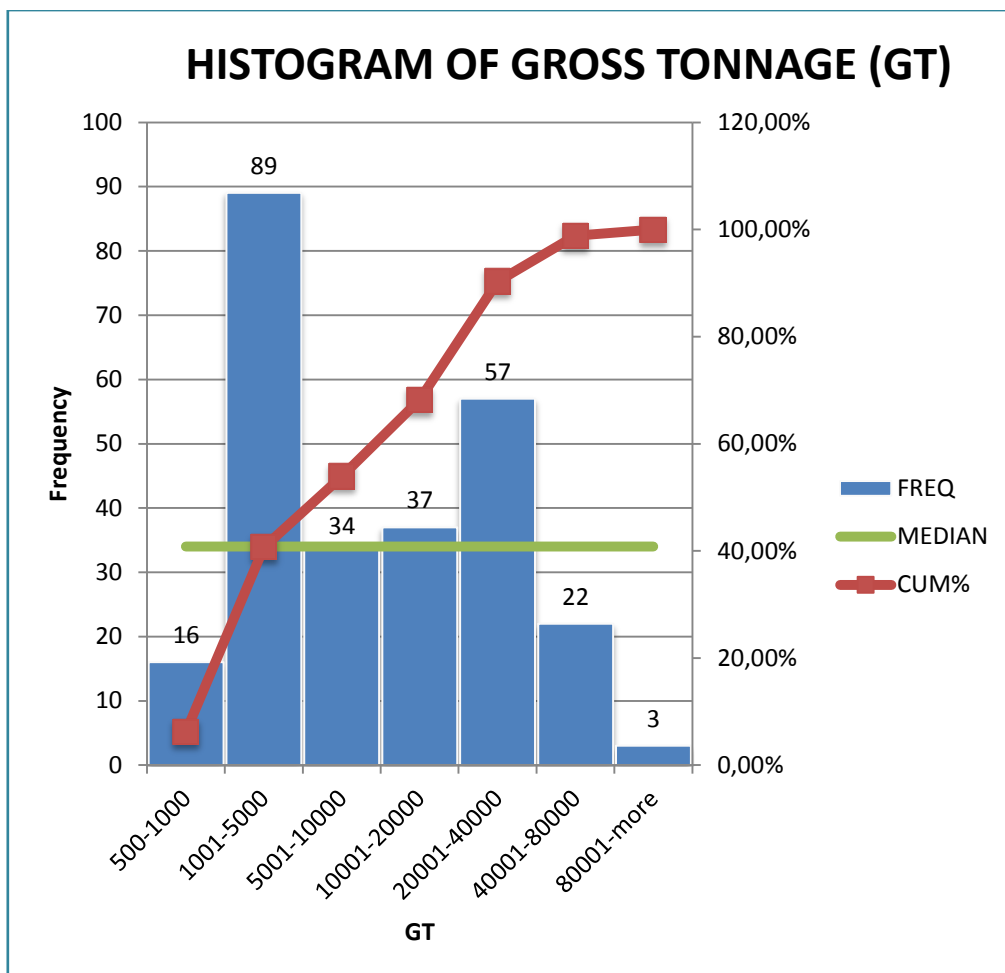
μέση τιμή      και διασπορά  
 $np$                        $np(1 - p)$

$$\mathcal{N}(np, np(1 - p)).$$

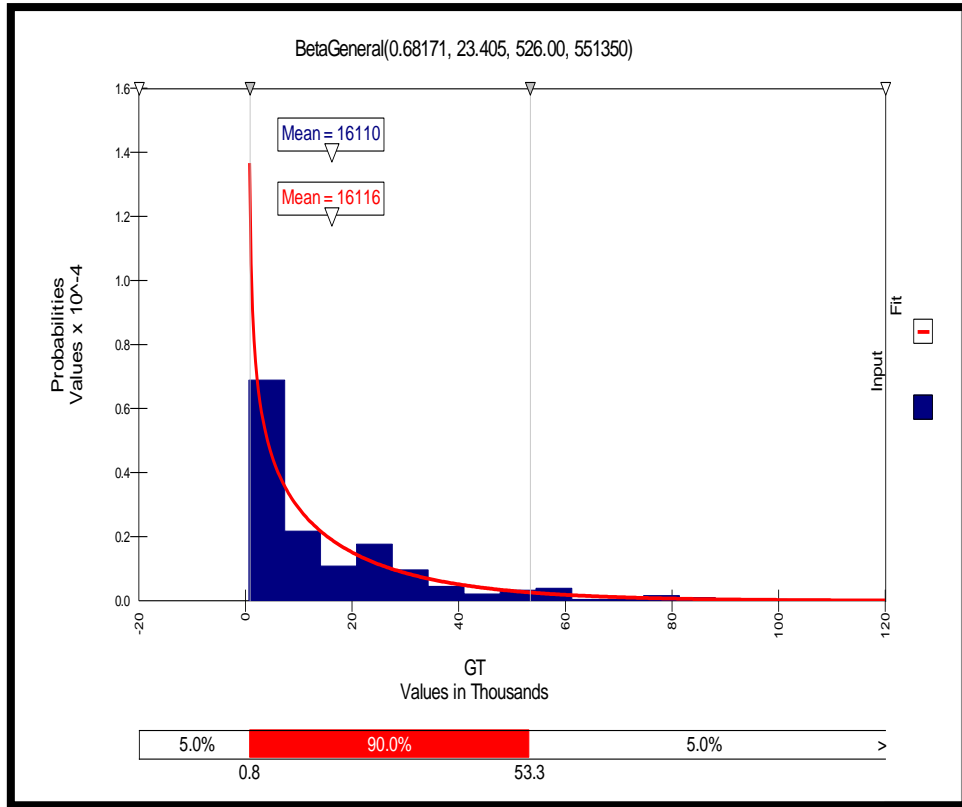
### 3.2.2.2 Το μέγεθος του πλοίου σε Gross Tonnage - GT

Δεύτερη παράμετρος που εξετάζεται είναι το μέγεθος του πλοίου μετρούμενο σε ολική χωρητικότητα—gross tonnage-GT. Στο παρακάτω ιστόγραμμα θα δούμε τη συχνότητα εμφάνισης περιπτώσεων ατυχημάτων όπου το πλοίο είχε μέγεθος που ανήκε σε μια συγκεκριμένη περιοχή GT.

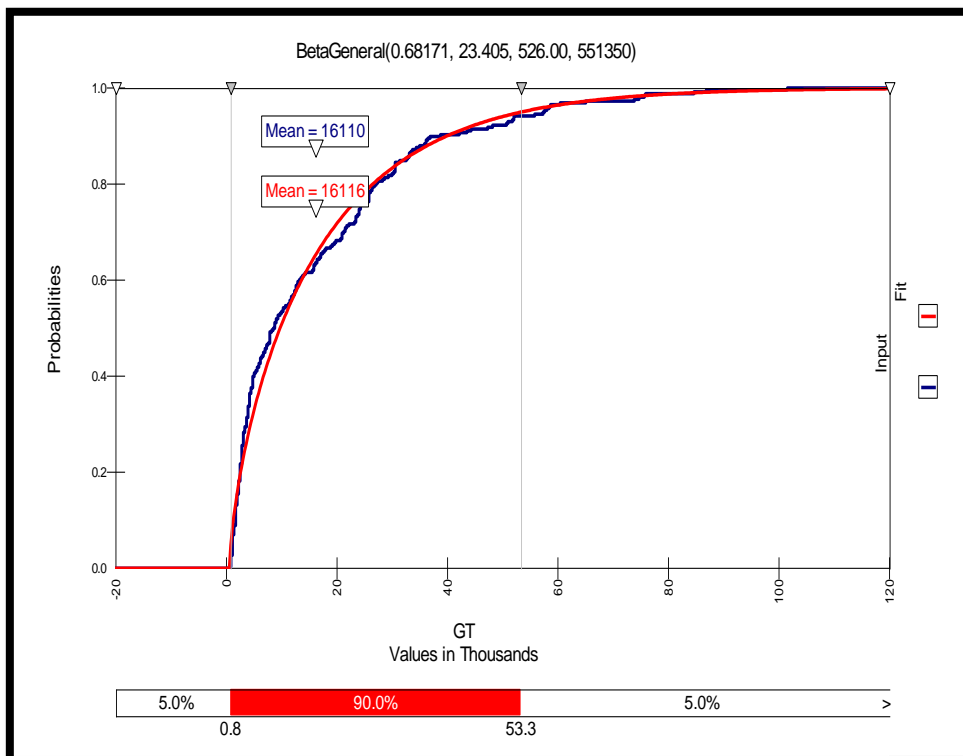
Στο ιστόγραμμα που παρατίθεται κάτωθι, παρατηρούμε ότι το ένα τρίτο περίπου, του δείγματος, είναι μεγέθους 1001-5000GT. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα γραφήματα σύγκρισης των συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας και των αθροιστικών κατανομών για τις τιμές του δείγματος και της κατανομής που επιλέχτηκε για να τα περιγράψει από το πρόγραμμα.



Σχημα 3.7: Ιστόγραμμα της παραμέτρου GT.



Σχημα 3.8: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου GT.



Σχημα 3.9: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου GT.

Η κατανομή που επιλέχτηκε είναι η Βήτα, BetaGeneral (0,68171; 23,405; 526; 551350). Οι μέσες τιμές των δύο κατανομών συμπίπτουν, ενώ για τη σύγκριση άλλων στατιστικών μεγεθών απάντηση δίνει ο Πίνακας 3.2.

Αναφορά στα γενικά στοιχεία για τη συγκεκριμένη κατανομή γίνεται αμέσως παρακάτω.

**Πίνακας 3.2:** Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου GT.

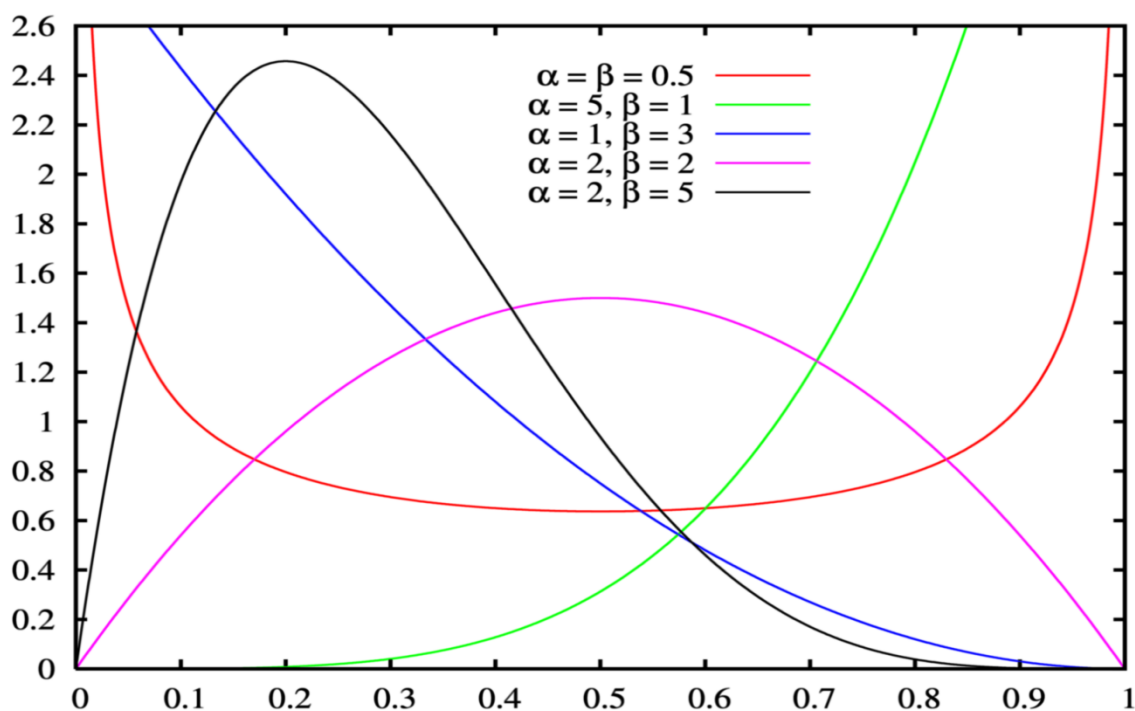
	Fit	Input
Function	BetaGeneral(0,68171; 23,405; 526;551350)	N/A
Shift	N/A	N/A
a1	0,681708541	N/A
a2	23,40490707	N/A
min	526	N/A
max	551349,7184	N/A
Minimum	526	526
Maximum	551350	101509
Mean	16116	16110
Mode	526	2478.0 [est]
Median	9700,3	8373
Std. Deviation	18238	18467
Variance	332611516	339711202

Ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή της Κατανομής Βήτα.

## Η κατανομή Βήτα -Beta Distribution

Συχνά η ακριβής μορφή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας δεν είναι γνωστή, αλλά υπάρχουν ορισμένες ενδείξεις, ότι η πυκνότητα παρουσιάζει μέγιστο κοντά σε κάποια τιμή. Η κατανομή Βήτα, η οποία έχει δύο θετικές παραμέτρους, έχει συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας η οποία μπορεί να έχει μία ποικιλία μορφών ανάλογα με την επιλογή των τιμών των παραμέτρων, όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.

Επομένως, είναι δυνατόν σε πολλές περιπτώσεις να προσαρμοσθεί η κατάλληλη θεωρητική πυκνότητα στα εμπειρικά δεδομένα.



Σχῆμα 3.10: Γραφική απεικόνιση της κατανομής βήτα για διάφορες τιμές των παραμέτρων της.

Ἐστω  $X$  συνεχῆς τυχαία μεταβλητῆ. Λέμε ὅτι ἡ  $X$  ἀκολουθεῖ τὴν κατανομὴ βήτα (beta distribution) με παραμέτρους  $\alpha$  καὶ,  $\beta$  ἀν ἡ συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας δίνεται ἀπὸ τὸν τύπο

$$f_x(x) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1} I_{(0,1)}(x)$$

$$\text{Διακύμανση: } \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2(\alpha + \beta + 1)}$$

Μέση τιμὴ:  $\alpha/(\alpha+\beta)$

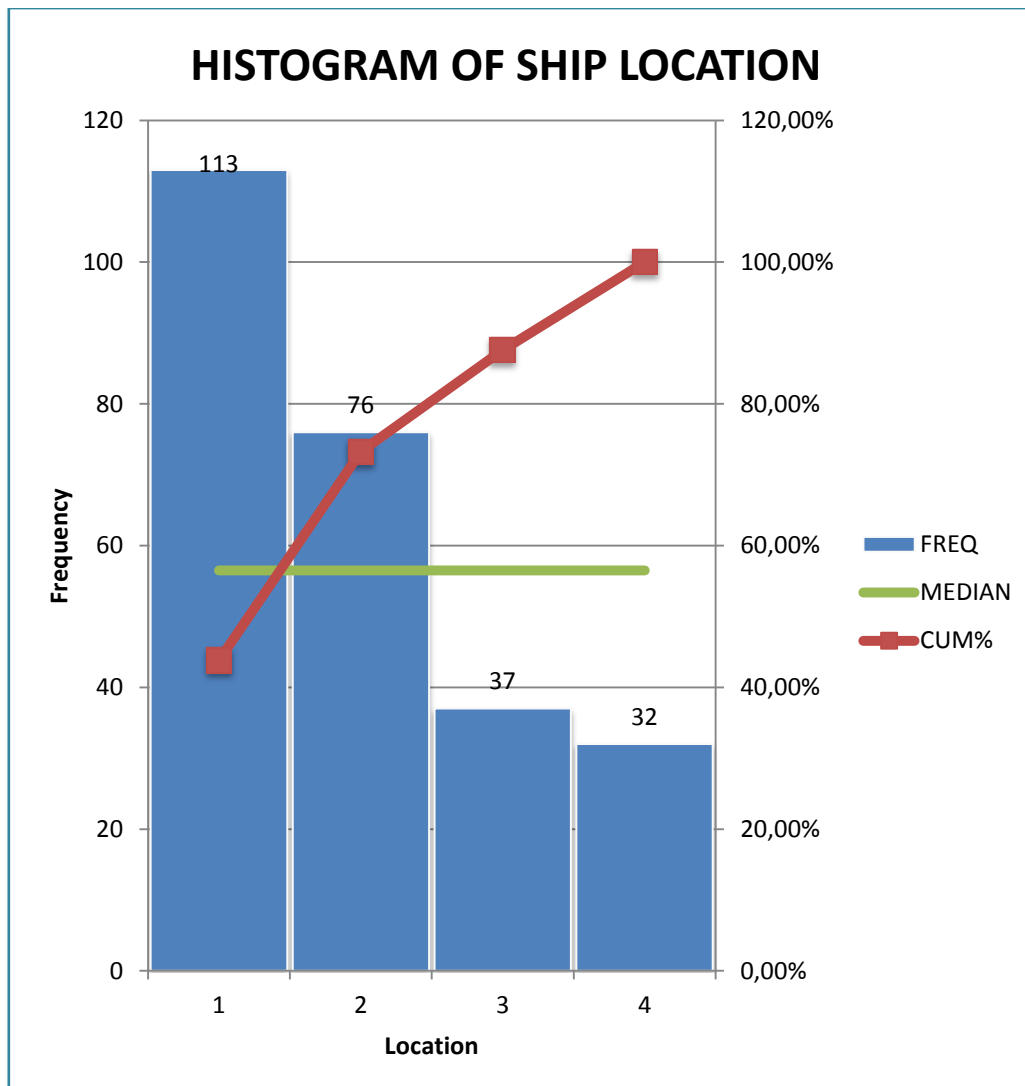
Ἡ ομοιόμορφη κατανομὴ ἀποτελεῖ εἰδικὴ περίπτωση τῆς κατανομῆς βήτα γιὰ  $\alpha=1$  καὶ  $\beta=1$ .

### 3.2.2.3 Τοποθεσία του πλοίου - Ship Location

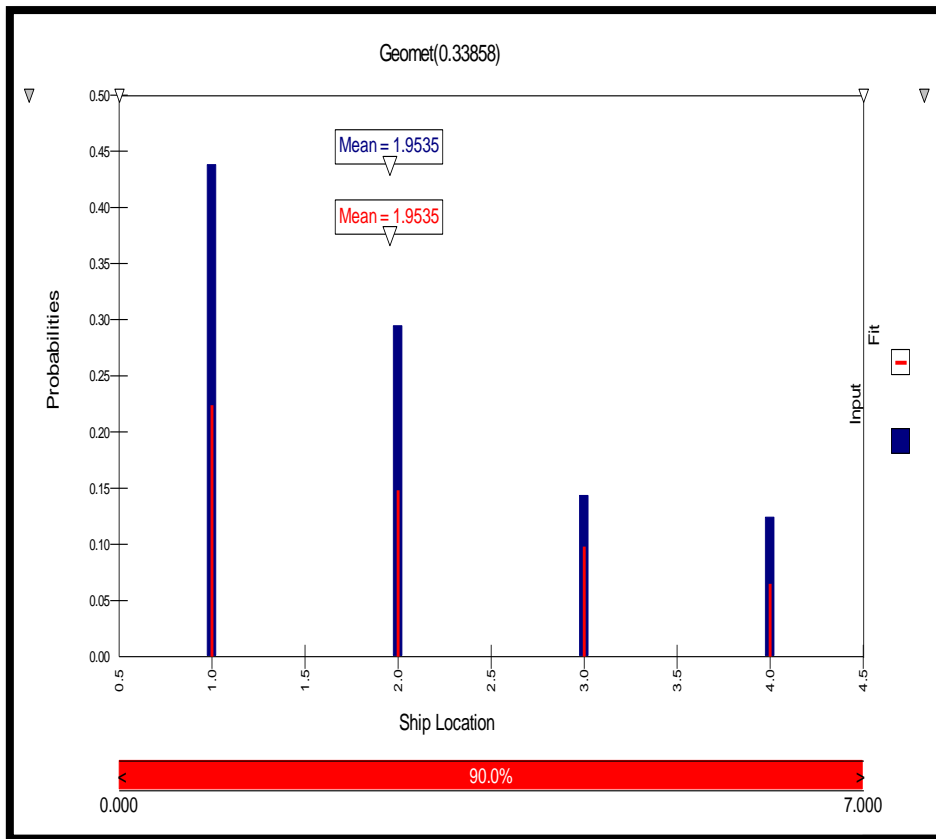
Δεύτερη παράμετρος που εξετάζεται εἶναι ἡ τοποθεσία τοῦ πλοίου. Με τὸν ὄρο τοποθεσία ἐννοοῦμε, ἀν τὴ στιγμὴ τοῦ ατυχήματος, τὸ πλοῖο βρισκόταν στὰ ανοιχτὰ-at sea, σὲ παράκτια νερά-coastal waters, σὲ προστατευμένα νερά-protected waters, ἢ ἀν ἦταν στὸ λιμάνι-at port, ὅπως αὐτὸ ἀναφέρεται στὴ βάση δεδομένων τῆς Sea-Web. Ἐχοῦμε θεωρήσει καὶ σὲ αὐτὴ τὴ διακριτὴ παράμετρο κλίμακα ἀπὸ 1-4 με τὴν παρακάτω σειρά:

1. Port
2. At sea
3. Coastal waters
4. Protected waters

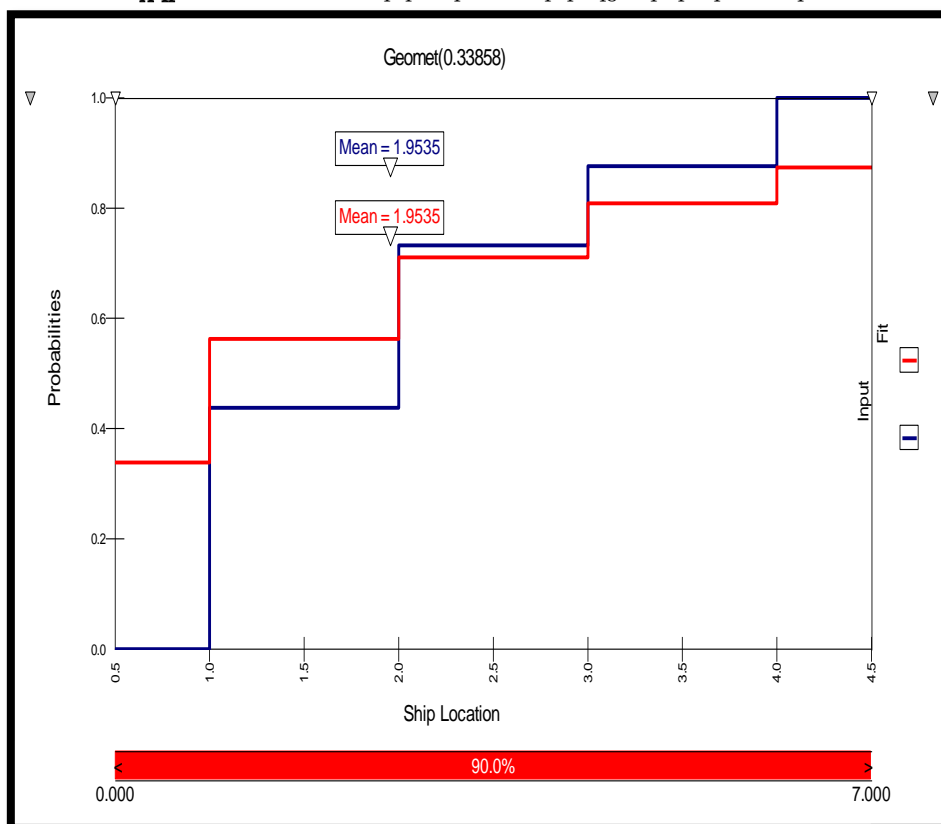
Από το ιστόγραμμα που παρατίθεται κάτωθι, παρατηρούμε ότι πολλά πλοία την ώρα του ατυχήματος βρίσκονταν στο λιμάνι, όμως συνολικά τα περισσότερα ήταν στη θάλασσα. Στη συνέχεια παρατίθενται τα γραφήματα σύγκρισης των συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας και των αθροιστικών κατανομών για τις τιμές του δείγματος και της κατανομής που επιλέχτηκε για να τα περιγράψει από το πρόγραμμα.



Σχήμα 3.11: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Ship location.



Σχημα 3.12: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Ship location.



Σχημα 3.13: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Ship location.



Η κατανομή που επιλέχτηκε είναι η Γεωμετρική (geometric distribution) με παραμέτρο  $p = 0.33858$ , Geomet (0.338583). Οι μέσες τιμές των δύο κατανομών είναι πάλι ταυτόσημες, ενώ για τη σύγκριση άλλων στατιστικών μεγεθών απάντηση δίνει ο Πίνακας 3.2.

Αναφορά στα γενικά στοιχεία για τη συγκεκριμένη κατανομή γίνεται αμέσως μετά.

**Πίνακας 3.3:** Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Ship location.

	Fit	Input
Function	Geomet(0,33858)	N/A
Shift	N/A	N/A
$p$	0,338582677	N/A
Minimum	0	1
Maximum	+Infinity	4
Mean	1,9535	1,9535
Mode	0	1
Median	1	2
Std. Deviation	2,402	1,039
Variance	5,7696	1,0754

Ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή της Γεωμετρικής Κατανομής.

## Γεωμετρική κατανομή – Geometric distribution

Γεωμετρική κατανομή είναι μια διακριτή συνάρτηση κατανομής τυχαίας μεταβλητής. Περιγράφει ένα τυχαίο πείραμα με δυο πιθανά αποτελέσματα (επιτυχία-αποτυχία) και πιθανότητα επιτυχίας  $p$  που επαναλαμβάνεται μέχρι να έχουμε μια επιτυχία.

Θεωρούμε την τυχαία μεταβλητή  $X$  που εκφράζει τον αριθμό των δοκιμών. Η πιθανότητα να χρειαστούμε  $n$  δοκιμές έως ότου να έχουμε μια επιτυχία με πιθανότητα επιτυχίας  $p$  κάθε φορά είναι:

$$P(X = n) = p(1 - p)^{n-1}$$

συνάρτηση πιθανότητας	παραμέτροι	μέση τιμή	διακύμανση
$p(1 - p)^{n-1}$	$p \in (0, 1)$	$\frac{1}{p}$	$\frac{1 - p}{p^2}$

Ονομάζεται και κατανομή του Pascal.

Συμβολικά:  $X \sim Ge(p)$ .

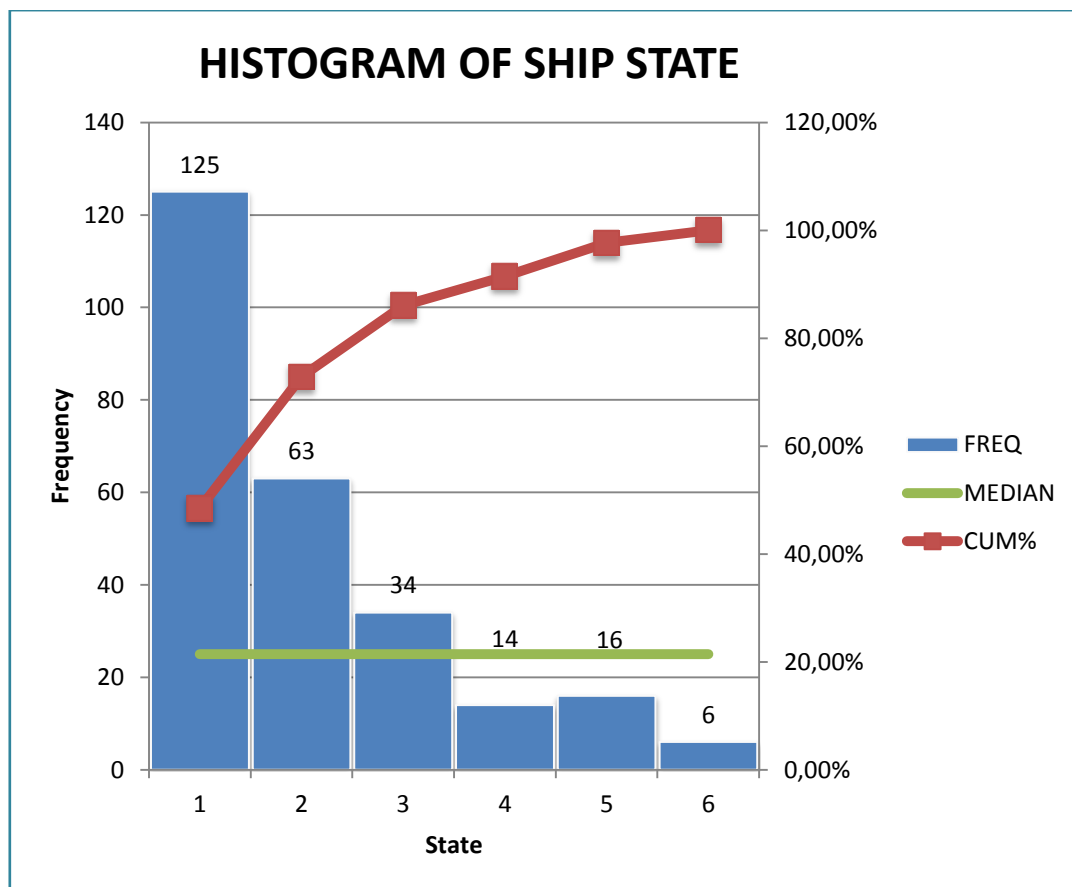
### 3.2.2.4 Κατάσταση του πλοίου - Ship State

Επόμενη παράμετρος που εξετάζεται είναι η κατάσταση του πλοίου. Με τον όρο κατάσταση εννοούμε το πού βρισκόταν το πλοίο τη στιγμή του ατυχήματος, για παράδειγμα, αν βρισκόταν εν πλω, ή στη διάρκεια επισκευών, ή στη φορτοεκφόρτωση του στο λιμάνι.

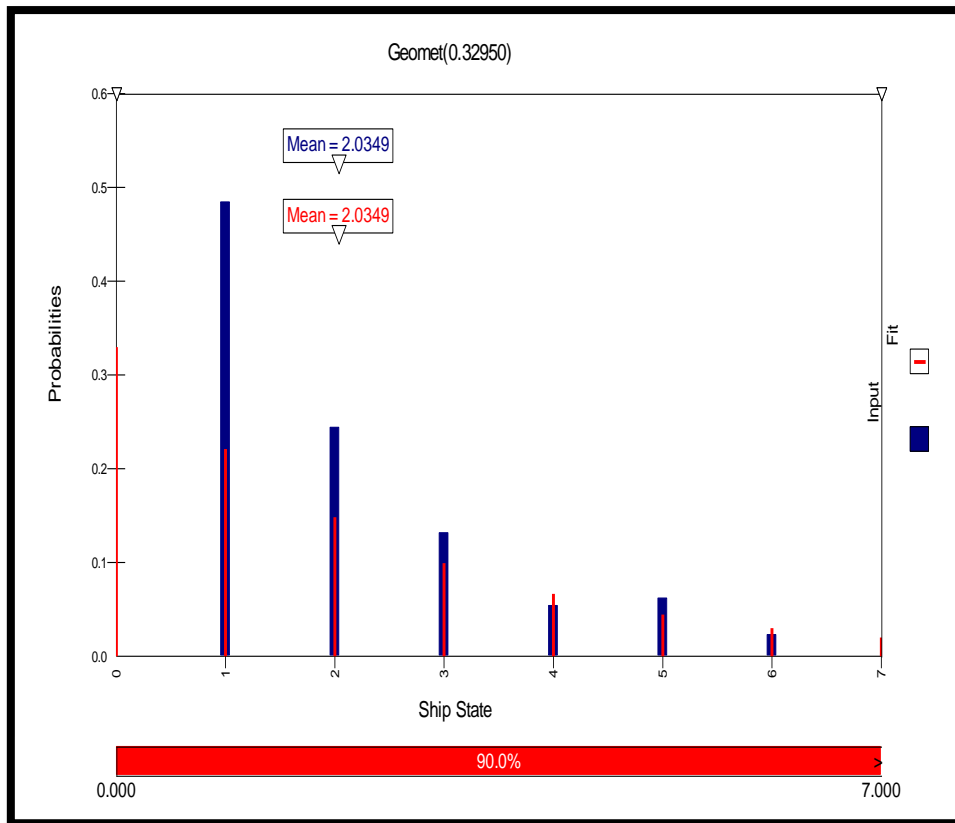
Συγκεκριμένα, εξετάζουμε τα παρακάτω ενδεχόμενα που τα έχουμε θεωρήσει στην κλίμακα 1-6 με την παρακάτω σειρά:

1. Sailing
2. Berthed
3. Under Repair
4. Discharging/Loading Cargo
5. Anchored
6. Maneuvering

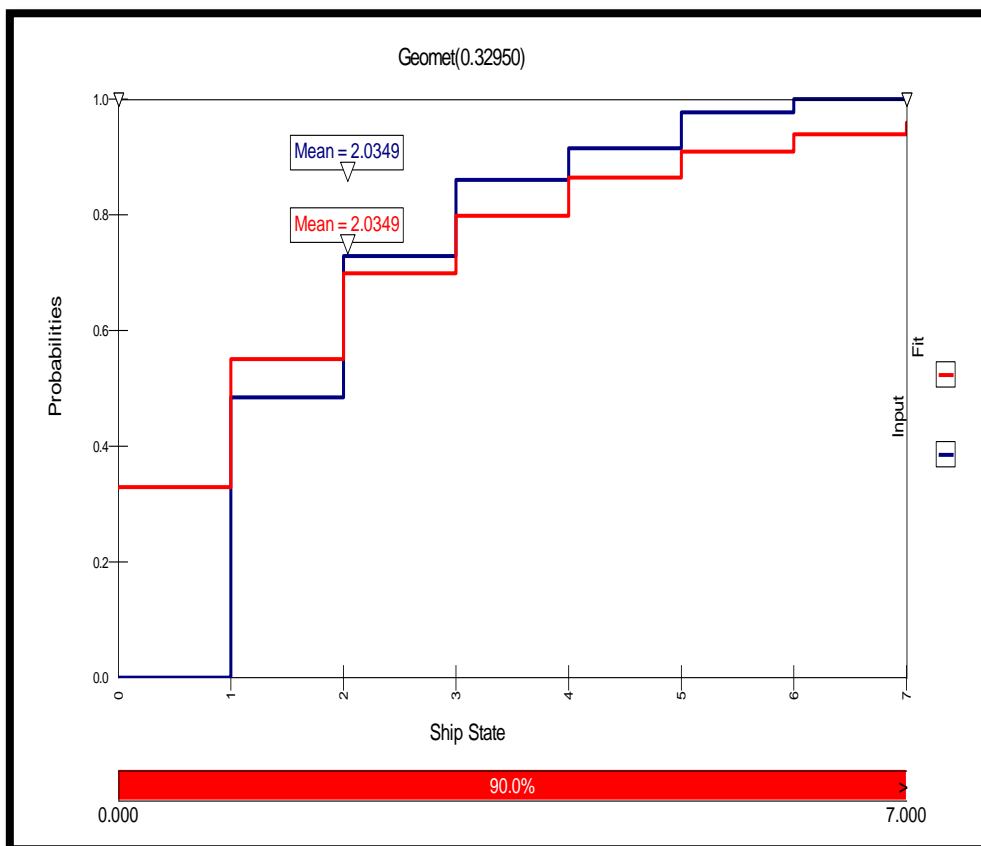
Στη συνέχεια, παρατίθενται τα γραφήματα σύγκρισης των συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας και των αθροιστικών κατανομών για τις τιμές του δείγματος και της κατανομής που επιλέχτηκε για να τα περιγράψει από το πρόγραμμα.



Σχημα 3.14: Ιστογράμμα της παραμέτρου Ship state.



Σχῆμα 3.15: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Ship state.



Σχῆμα 3.16: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Ship state.

Η κατανομή που επιλέχτηκε είναι η Geomet (geometric distribution) με παραμέτρο Geomet ( $p=0.3295$ ). Παρατηρούμε, ότι η μέση τιμή και των δύο κατανομών είναι ίδια, ενώ για τη σύγκριση άλλων στατιστικών μεγεθών απάντηση δίνει ο Πίνακας 3.4.

**Πίνακας 3.4:** Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Ship state.

	Fit	Input
Function	Geomet(0,3295)	N/A
Shift	N/A	N/A
p	0,329501916	N/A
Minimum	0	1
Maximum	+Infinity	6
Mean	2,0349	2,0349
Mode	0	1
Median	1	2
Std. Deviation	2,4851	1,3301
Variance	6,1756	1,7623

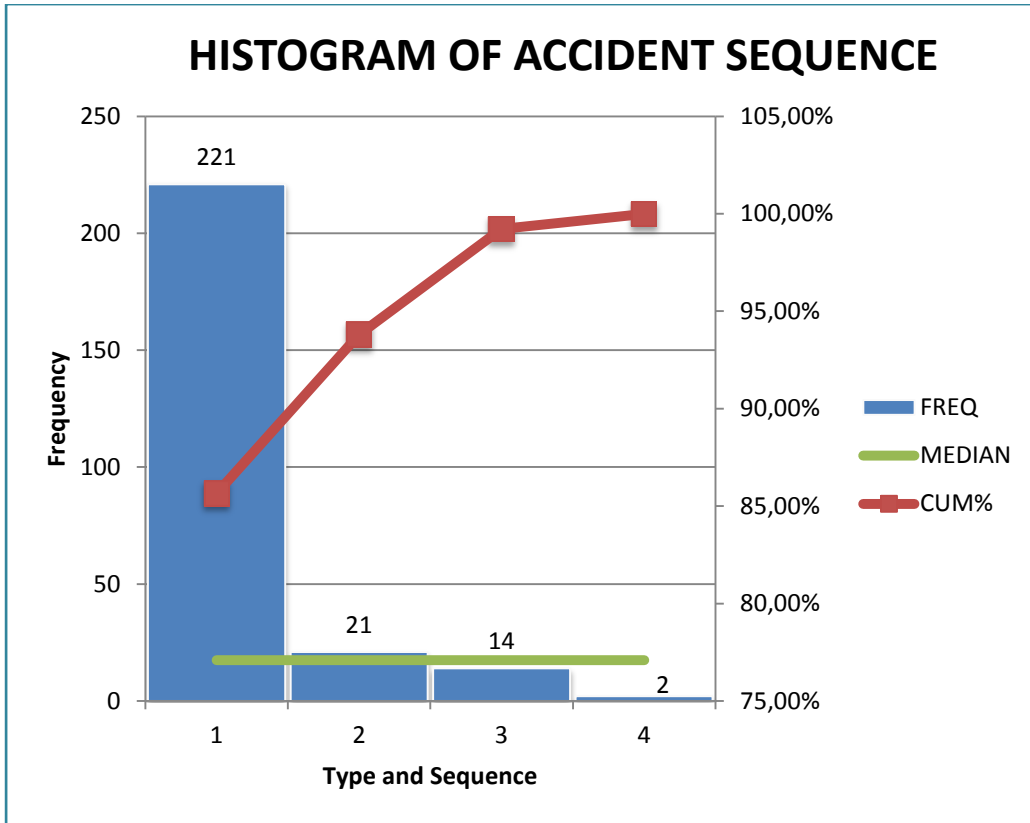
### 3.2.2.5 Το είδος (και η αλληλουχία) του ατυχήματος – *Accident Sequence*

Η παρούσα παράμετρος αναφέρεται στον τύπο του ατυχήματος και στην αλληλουχία που αυτό συνέβη (για τα ατυχήματα που έγινε έκρηξη και κατόπιν ακολούθησε πυρκαγιά, ή το αντίστροφο). Όλα τα ατυχήματα που εξετάζονται στην παρούσα μελέτη είναι ατυχήματα πυρκαγιάς και εκρήξεων, οπότε οι τύποι που έχουμε ορίσει είναι ως εξής:

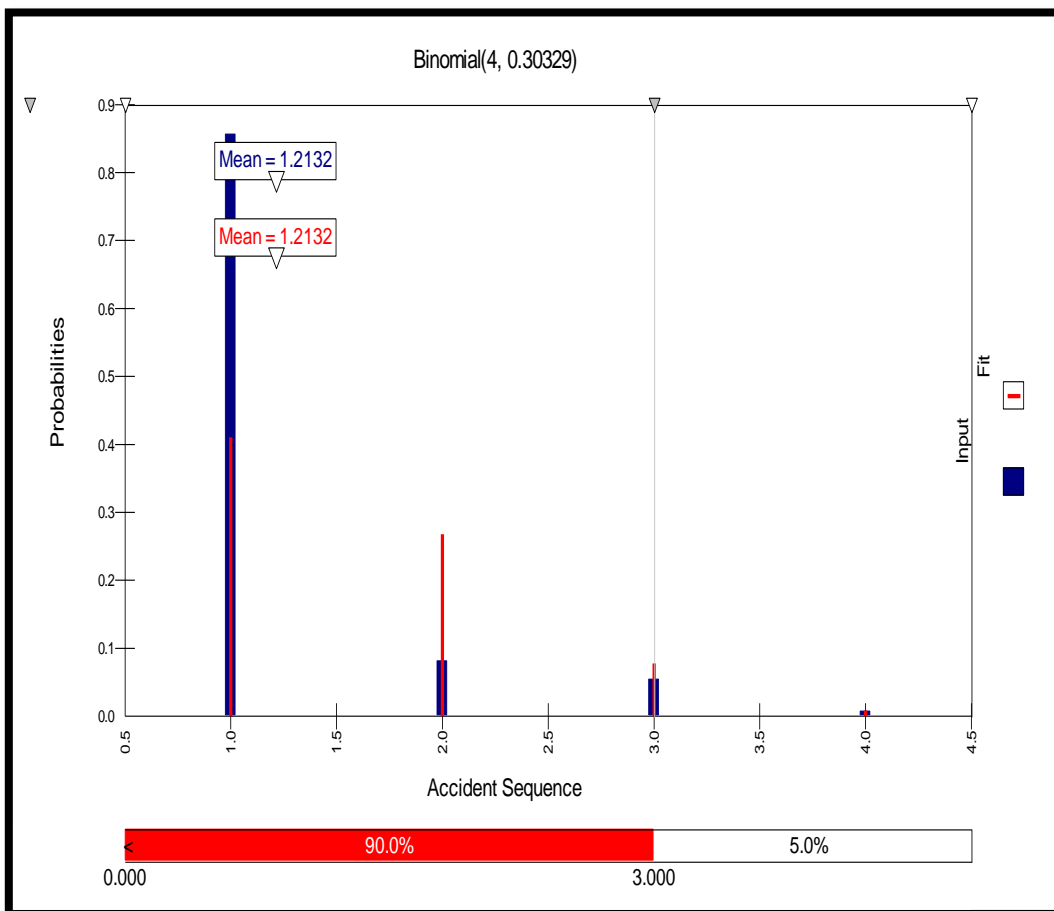
1. Fire
2. Explosion
3. Fire following an explosion
4. Explosion following a fire

Τα παραπάνω ενδεχόμενα τα έχουμε θεωρήσει στην κλίμακα 1-4 με την προαναφερθείσα σειρά.

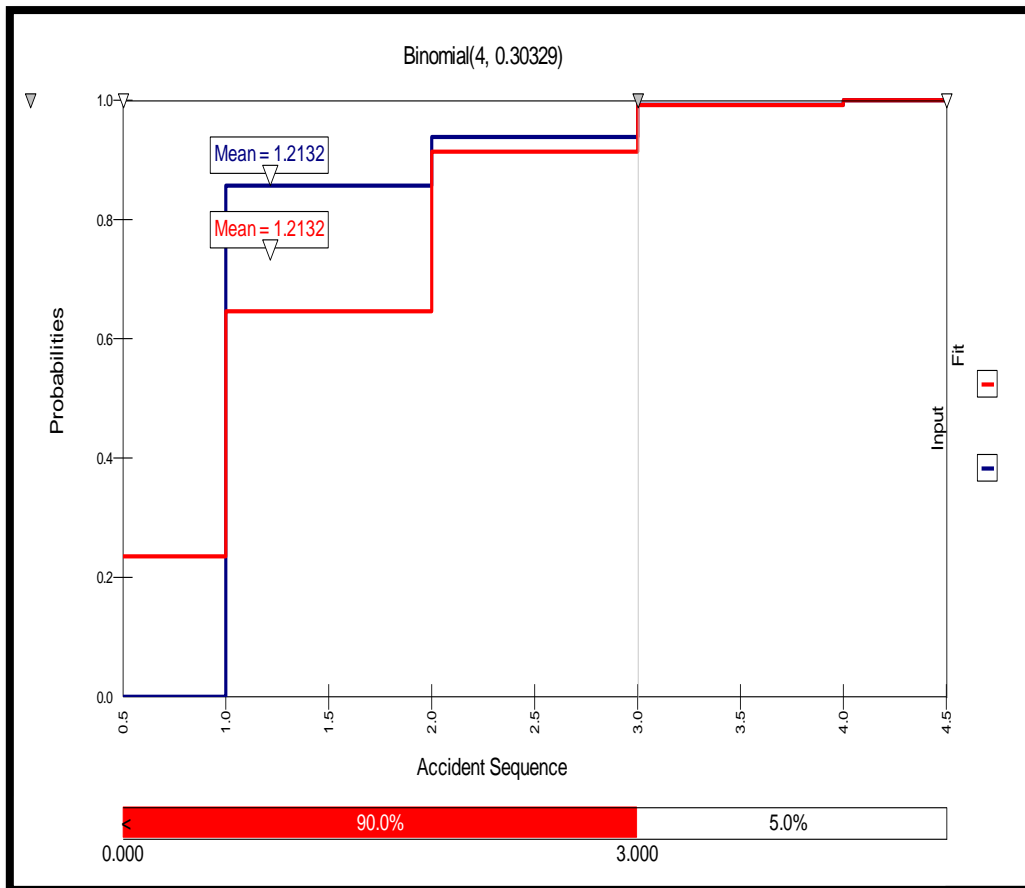
Ακολουθούν τα γραφήματα σύγκρισης των συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας και των αθροιστικών κατανομών για τις τιμές του δείγματος και της κατανομής που επιλέχτηκε για να τα περιγράψει από το πρόγραμμα.



Σχημα 3.17: Ιστογράμμα της παραμέτρου Accident sequence.



Σχημα 3.18: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Accident sequence.



**Σχημα 3.19:** Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Accident sequence.

Η κατανομή που επιλέχτηκε είναι η Binomial( $n=4$ ;  $p=0,30329$ ). Η μέση τιμή των δύο κατανομών είναι πάλι ταυτόσημη ενώ για τη σύγκριση άλλων στατιστικών μεγεθών απάντηση δίνει ο Πίνακας 3.5.

**Πίνακας 3.5:** Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Accident sequence.

	Fit	Input
Function	Binomial(4; 0,30329)	N/A
Shift	N/A	N/A
n	4	N/A
p	0,303294574	N/A
Minimum	0	1
Maximum	Infinity	6
Mean	2,0349	2,0349
Mode	0	1
Median	1	2
Std. Deviation	2,4851	1,3301
Variance	6,1756	1,7623

### 3.2.2.6 Αίτια ατυχήματος – Accident Cause

Η παράμετρος που θα εξεταστεί το αίτιο που προκάλεσε το ατύχημα στο κάθε πλοίο. Τα αίτια που έχουν οριστεί ως:

- Τα ανθρώπινα αίτια - Human cause:

Εδώ συνοψίζονται οι επιτηδευμένες πράξεις πρόκλησης πυρκαγιάς, τα πεταμένα τσιγάρα, απροσεξία στο χειρισμό εύφλεκτων αντικειμένων όπως, για παράδειγμα, κουρέλια που έχουν εμποτιστεί με λάδια.

- Εργασίες συγκόλλησης/κοπής με οξυγόνο - Hot work:

Σε επισκευές, είτε κατά την περίοδο επισκευών του πλοίου, είτε σε μικροεπισκευές εν πλω, οι εργασίες συγκόλλησης και κοπής με οξυγόνο. Οι εργασίες αυτές χωρίς προσεκτικό έλεγχο και τη λήψη των απαραίτητων προφυλακτικών μέτρων, είναι από τα σημαντικότερα αίτια πρόκλησης πυρκαγιών στα πλοία.

- Διαρροές εύφλεκτων προϊόντων – Leakage:

Διαρροή εύφλεκτων αερίων ή υγρών προϊόντων ή καυσίμων.

- Μηχανική Βλάβη - Machinery failure:

Μηχανικές βλάβες σε διάφορα μηχανήματα είτε μηχανοστασίου, είτε καταστρώματος.

- Ηλεκτρική Βλάβη - Electrical failure:

Ηλεκτρικές/ηλεκτρολογικές βλάβες όπως βραχυκυκλώματα, που προκάλεσαν την έναυση της πυρκαγιάς.

- Αίτιο φορτίου – Cargo cause:

Αναφλέξιμο υλικό που είτε δεν είχε αναφερθεί για να μεταχειριστεί καταλλήλως, είτε οι συνθήκες ευνόησαν την ανάφλεξη του.

- Αίτιο καιρικών συνθηκών - Weather cause:

Ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως ένα τσουνάμι, είναι ικανά να προκαλέσουν μεγάλες ζημιές σε ένα πλοίο, και πολλές φορές και την έναυση πυρκαγιάς.

- Εξωτερικός παράγοντας/αίτιο - External source:

Η εξάπλωση της φωτιάς ενός πλοίου και στα παραπλήσια.

- Άγνωστο αίτιο – Unknown cause:

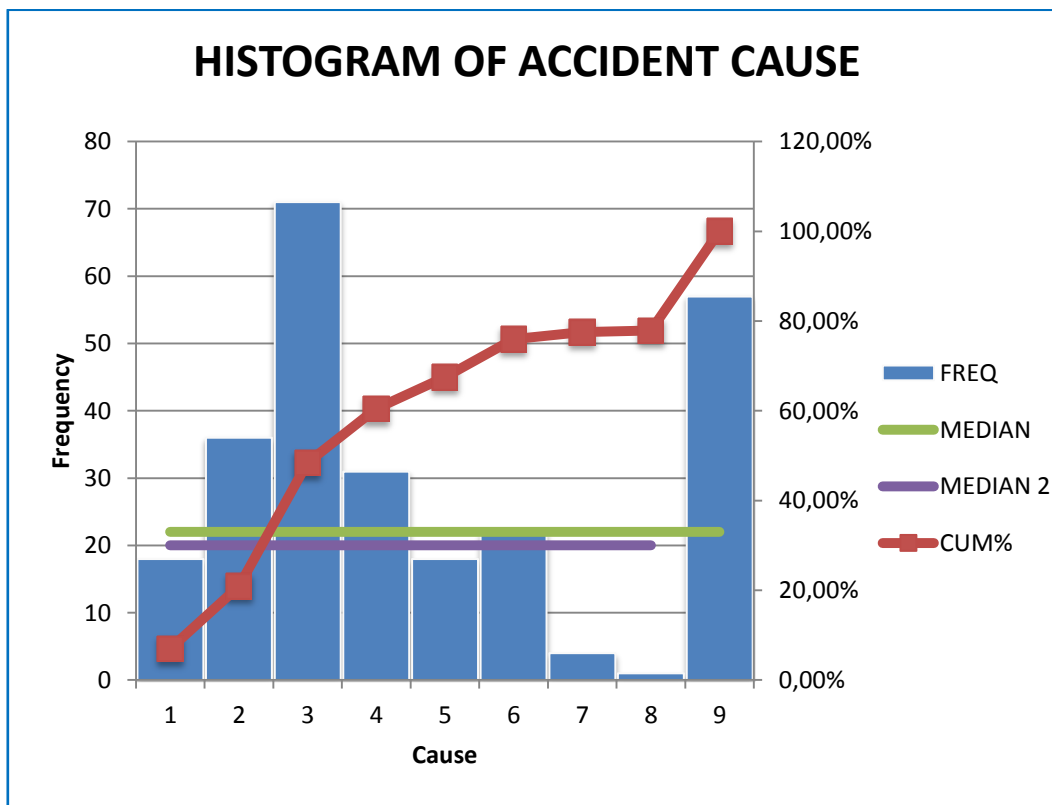
Υπάρχουν στοιχεία του δείγματος που, είτε δεν έχει διευκρινιστεί το αίτιο της πυρκαγιάς/έκρηξης, είτε αναφέρεται ως unknown στη βάση δεδομένων της Sea-Web.

Τα παραπάνω ενδεχόμενα τα έχουμε θεωρήσει στην κλίμακα 1-9 με την κάτωθι σειρά:

1. Human cause
2. Hot work
3. Leakage
4. Machinery failure
5. Electrical failure
6. Cargo
7. Weather
8. External source
9. Unknown

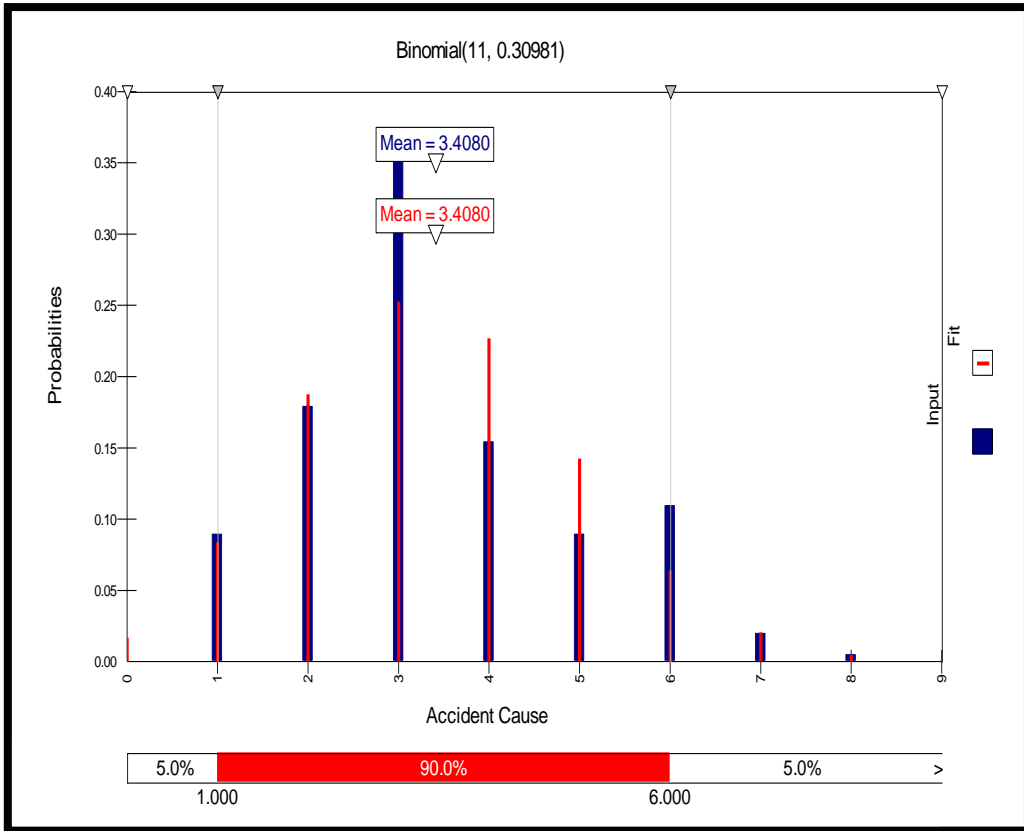
Παρακάτω παρατίθενται το ιστόγραμμα, καθώς και τα γραφήματα σύγκρισης των συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας και των αθροιστικών κατανομών για τις τιμές του δείγματος και της κατανομής που επιλέχτηκε από το πρόγραμμα.

Να σημειωθεί σε αυτό το σημείο, ότι σε όλες τις παραμέτρους της παρούσας μελέτης, όπου υπάρχει το στοιχείο unknown, δεν έχει υπολογιστεί στα γραφήματα για την απόδοση κατανομής, καθώς θα επηρεάσει την πραγματική εικόνα της κατανομής οδηγώντας ενδεχομένως σε λάθος συμπεράσματα. Ακόμα στα ιστογράμματα των προαναφερθέντων παραμέτρων υπάρχει και ο διάμεσος MEDIAN 2 που είναι ο διάμεσος των τιμών της παραμέτρου χωρίς να συνυπολογίζεται το στοιχείο unknown.

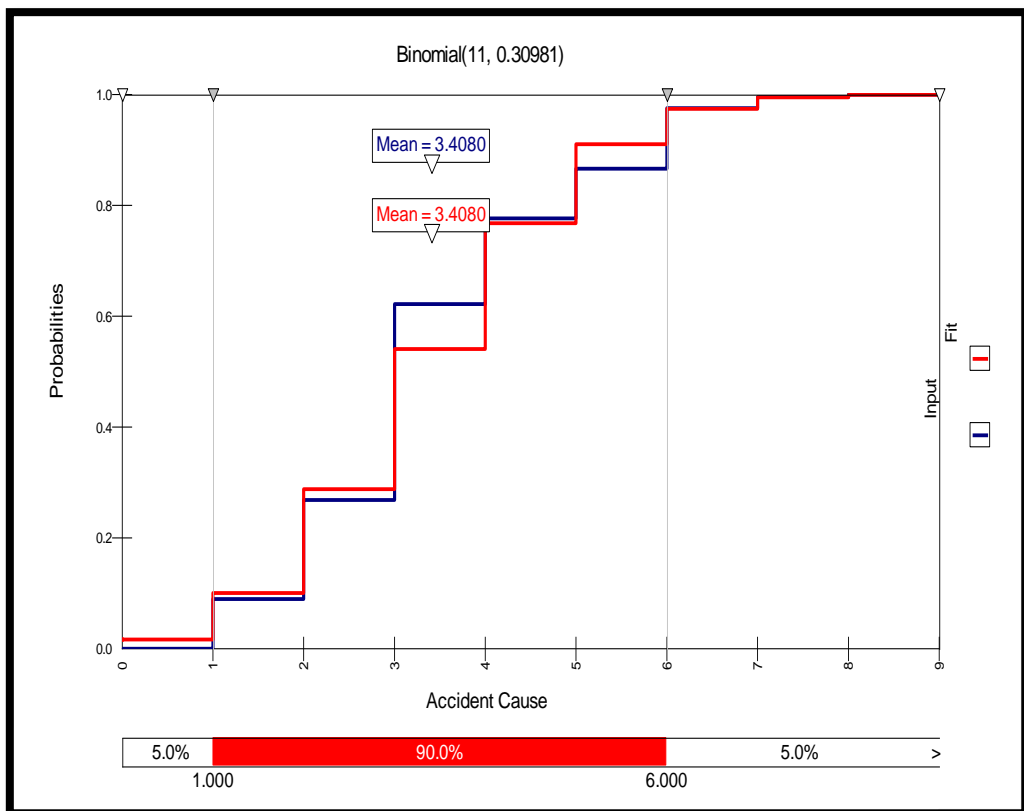


Σχήμα 3.20: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Accident cause.





Σχημα 3.21: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Accident cause.



Σχημα 3.22: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Accident cause.

Η κατανομή που επιλέχτηκε είναι η Binomial( $n=11$ ;  $p=0,30981$ ). Η μέση τιμή και των δύο κατανομών είναι πάλι ταυτόσημη ενώ για τη σύγκριση άλλων στατιστικών μεγεθών ακολουθεί ο Πίνακας 3.6.

**Πίνακας 3.6:** Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Accident cause.

	Fit	Input
Function	Binomial(11; 0,30981)	N/A
Shift	N/A	N/A
n	11	N/A
p	0,309814564	N/A
Minimum	0	1
Maximum	11	8
Mean	3,408	3,408
Mode	3	3
Median	3	3
Std. Deviation	1,5337	1,5241
Variance	2,3521	2,3112

### 3.2.2.7 Η πηγή της έναυσης – accident origin.

Η πηγή της έναυσης αφορά το μέρος που ξεκίνησε το ατύχημα της πυρκαγιάς ή της έκρηξης. Στο δείγμα έχουμε τις κατηγορίες:

- **Deck:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: All decks, safety locker, storage compartment, forecastle.

- **Accommodation:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: Laundry room, crew and passengers accommodation, stationary store, and navigation bridge.

- **Engine Room:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: Boiler, bow thruster compartment, vacuum room, pump room, funnel.

- **Cargo spaces:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: Cargo hold, cargo tank, cargo deck, luggage storage.

- **Fuel Oil Tank/Slop tanks:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: Fuel oil tanks, and slop tanks.

- **Forward Part:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: Bow, forward hull part, bow thruster.

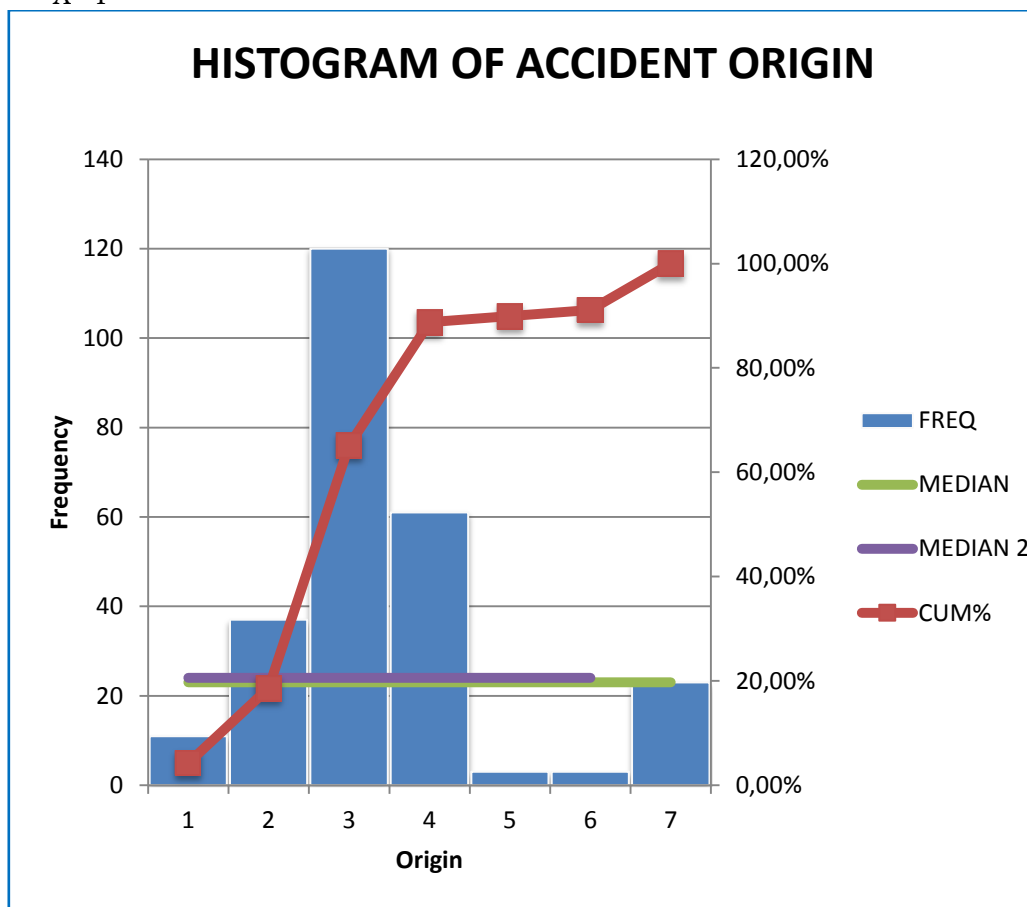
- **Unknown:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: στοιχεία του δείγματος που, είτε δεν έχει διευκρινιστεί το αίτιο της πυρκαγιάς/έκρηξης, είτε αναφέρεται ως unknown στη βάση δεδομένων της Sea-Web.

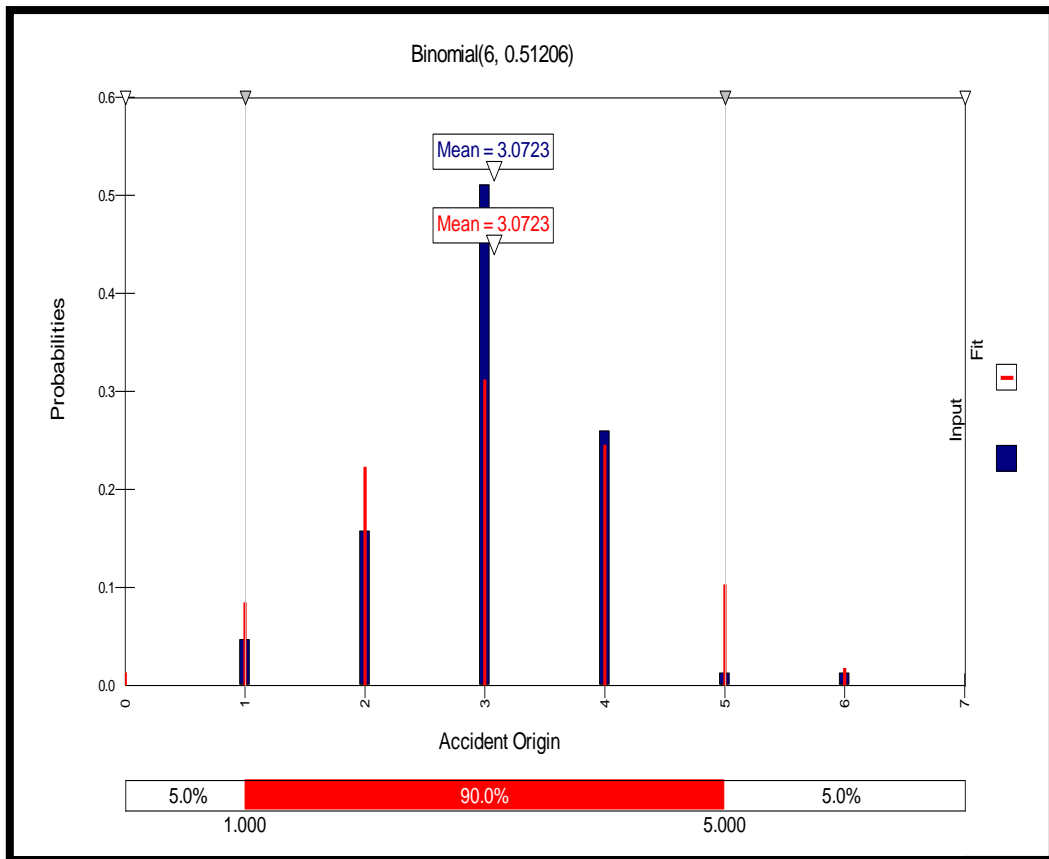
Τα παραπάνω ενδεχόμενα τα έχουμε θεωρήσει στην κλίμακα 1-7 με την κάτωθι σειρά:

1. Deck
2. Accommodation (including bridge spaces)
3. Engine Room
4. Cargo spaces
5. Fuel Oil Tank/Slop tanks
6. Forward Part
7. Unknown

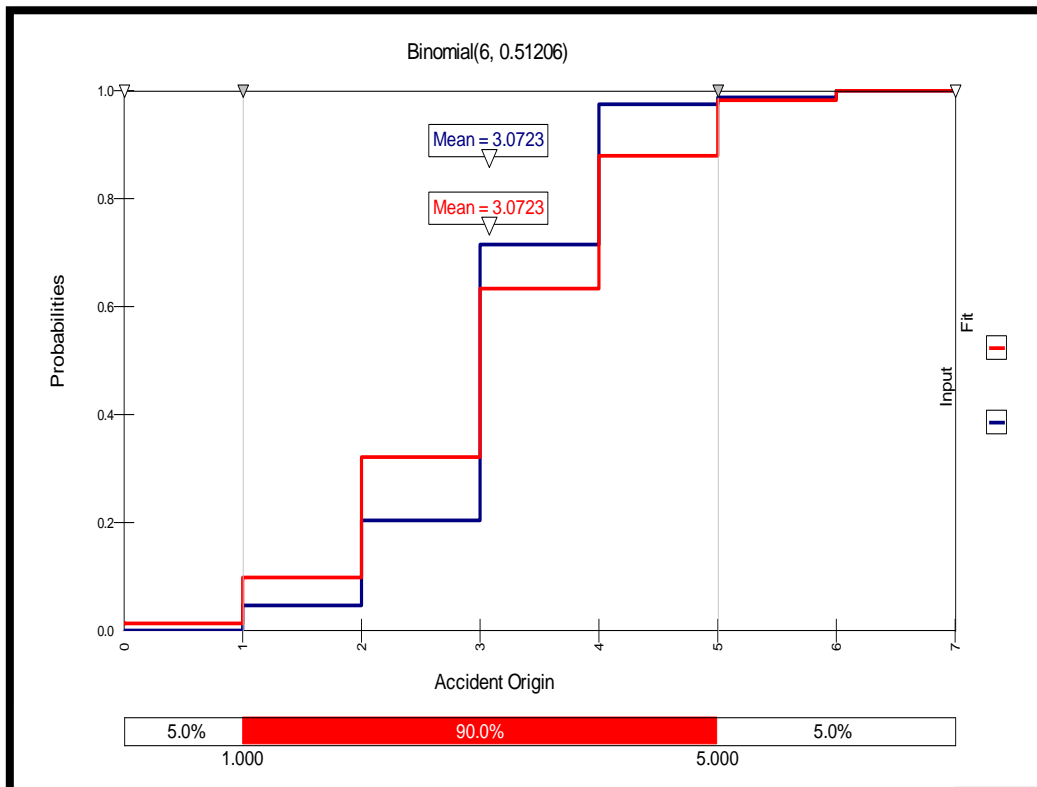
Στη συνέχεια παρατίθενται παρακάτω το ιστόγραμμα, καθώς και τα γραφήματα σύγκρισης των συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας και των αθροιστικών κατανομών για τις τιμές του δείγματος και της κατανομής που επιλέχτηκε:



Σχῆμα 3.23: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Accident origin.



Σχῆμα 3.24: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Accident origin.



Σχῆμα 3.25: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Accident origin.

Η κατανομή που επιλέχτηκε είναι η Binomial( $n=6$ ;  $p=0,51206$ ). Για περισσότερα χαρακτηριστικά του δείγματος και της κατανομής παρατίθεται ο Πίνακας 3.7.

**Πίνακας 3.7:** Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Accident origin.

	Fit	Input
Function	Binomial(6; 0,51206)	N/A
Shift	N/A	N/A
n	6	N/A
p	0,512056738	N/A
Minimum	0	1
Maximum	6	6
Mean	3,0723	3,0723
Mode	3	3
Median	3	3
Std. Deviation	1,2244	0,8765
Variance	1,4991	0,76498

### ***3.2.2.8 Το υλικό της έναυσης – combustible material.***

Στο σημείο αυτό, η παράμετρος που εξετάζεται είναι το υλικό της έναυσης. Στο δείγμα έχουμε τις κατηγορίες:

- **Cargo:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: Containers, Various cargos

- **Oil / Gases:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: oil, gases, oil and gas.

- **Electrical equipment:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: Electric panels, cables, and various electrical equipment.

- **Insulation material:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: Insulation material in accommodation, insulation material on bulkheads.

- **Plastic material:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: plastic cases, plastic bases.

- **Wooden material:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: wooden material from accommodation equipment, wooden material on deck.

- **Clothing:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: towels, rugs.

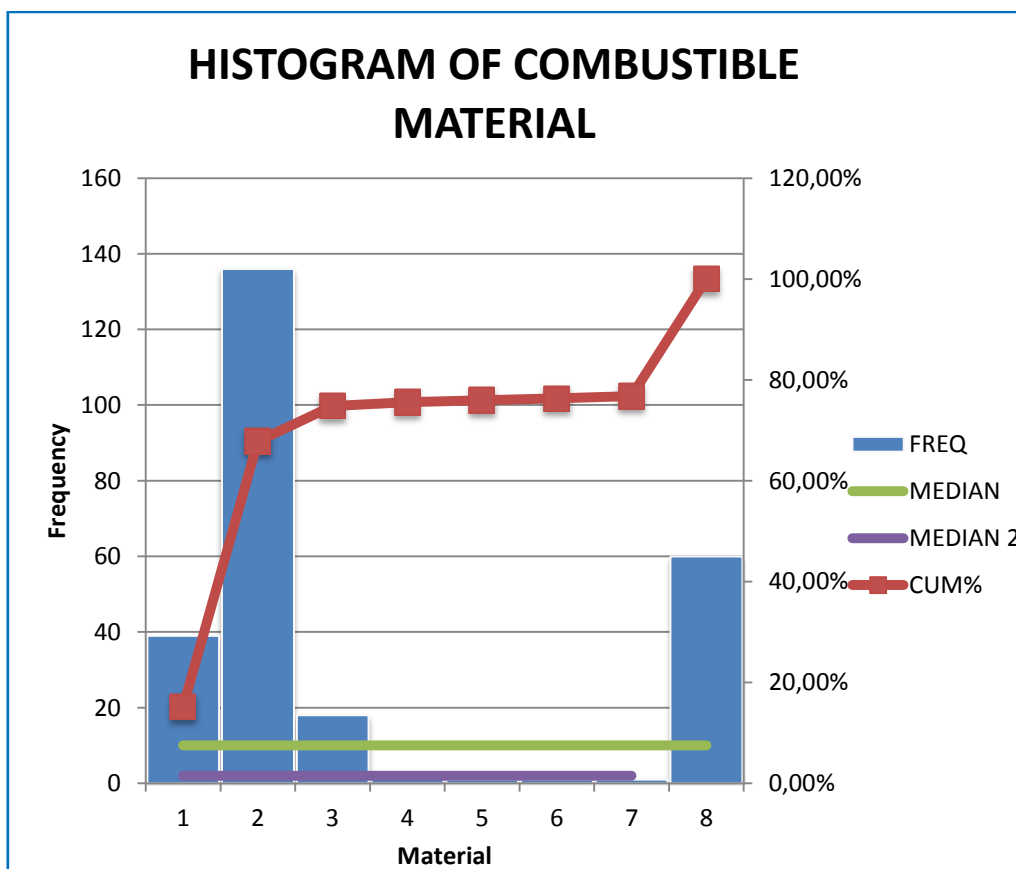
- **Unknown:**

Σε αυτή την κατηγορία έχουν θεωρηθεί: στοιχεία του δείγματος που, είτε δεν έχουν διευκρινιστεί, είτε αναφέρονται ως unknown στη βάση δεδομένων της Sea-Web.

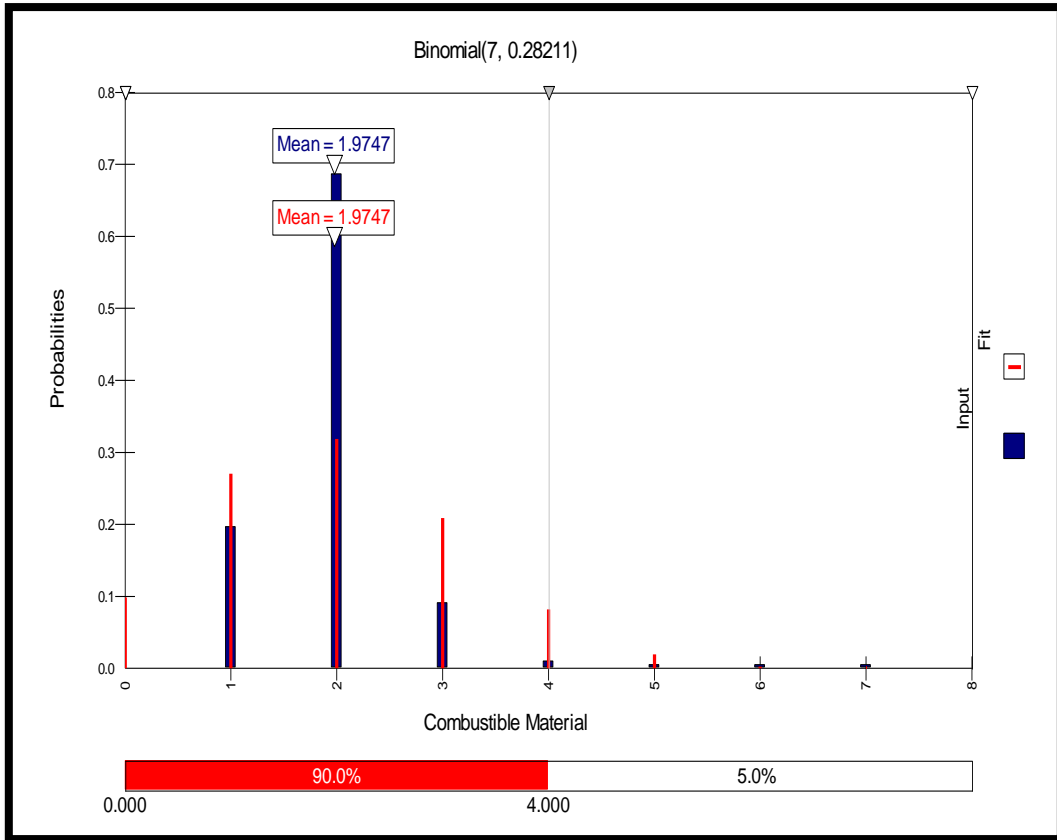
Τα παραπάνω ενδεχόμενα τα έχουμε θεωρήσει στην κλίμακα 1-7 με την κάτωθι σειρά:

1. Cargo
2. Oil/Gases
3. Electrical Equipment
4. Insulation material
5. Plastic material
6. Wooden material
7. Clothing
8. Unknown

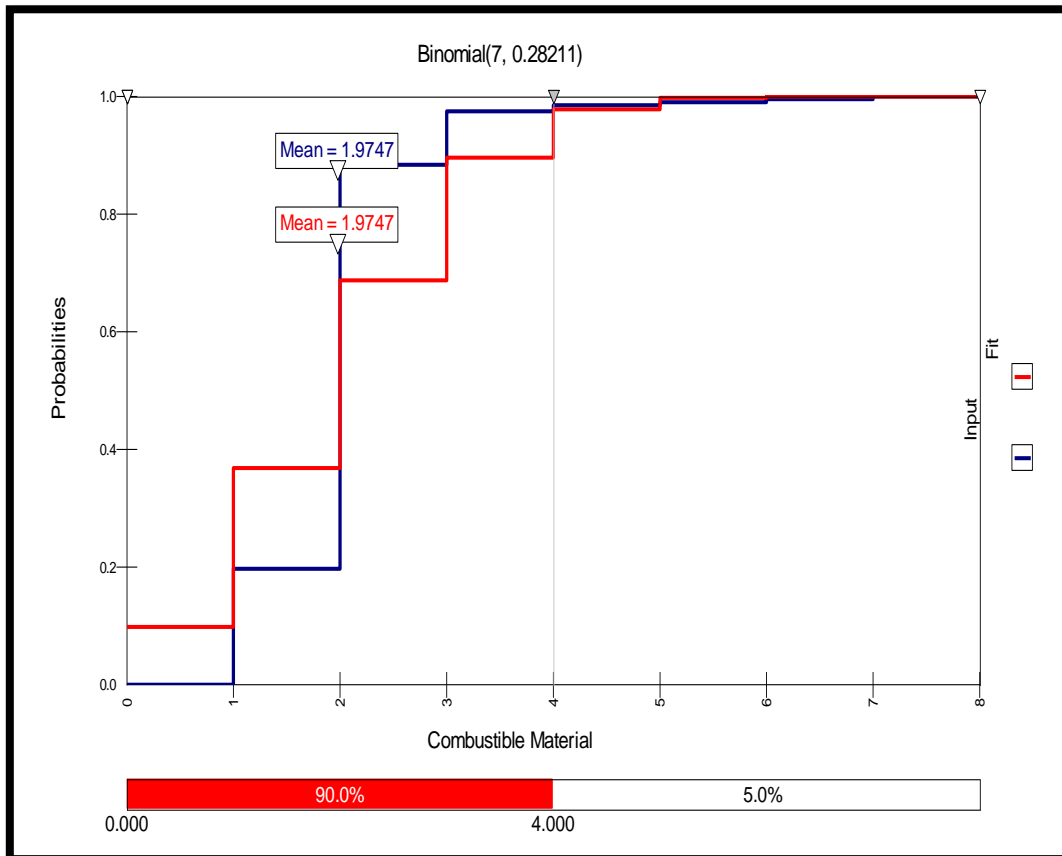
Το ιστόγραμμα, καθώς και τα γραφήματα σύγκρισης των συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας και των αθροιστικών κατανομών για τις τιμές του δείγματος και της κατανομής που επιλέχτηκε από το πρόγραμμα, παρατίθενται παρακάτω:



Σχῆμα 3.26: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Combustible materia



Σχῆμα 3.27: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Combustible material.



Σχῆμα 3.28: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Combustible material.

Η κατανομή που επιλέχτηκε είναι η Binomial( $n=7$ ;  $p=0,28211$ ). Στη συνέχεια, για τη σύγκριση άλλων στατιστικών μεγεθών παρατίθεται ο Πίνακας 3.8.

**Πίνακας 3.8:** Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Combustible material.

	Fit	Input
Function	Binomial(7; 0,28211)	N/A
Shift	N/A	N/A
n	7	N/A
p	0,282106782	N/A
Minimum	0	1
Maximum	7	7
Mean	1,9747	1,9747
Mode	2	2
Median	2	2
Std. Deviation	1,1907	0,76362
Variance	1,4177	0,58017

### 3.2.2.9 Εξάπλωση της φωτιάς – *Fire extension*.

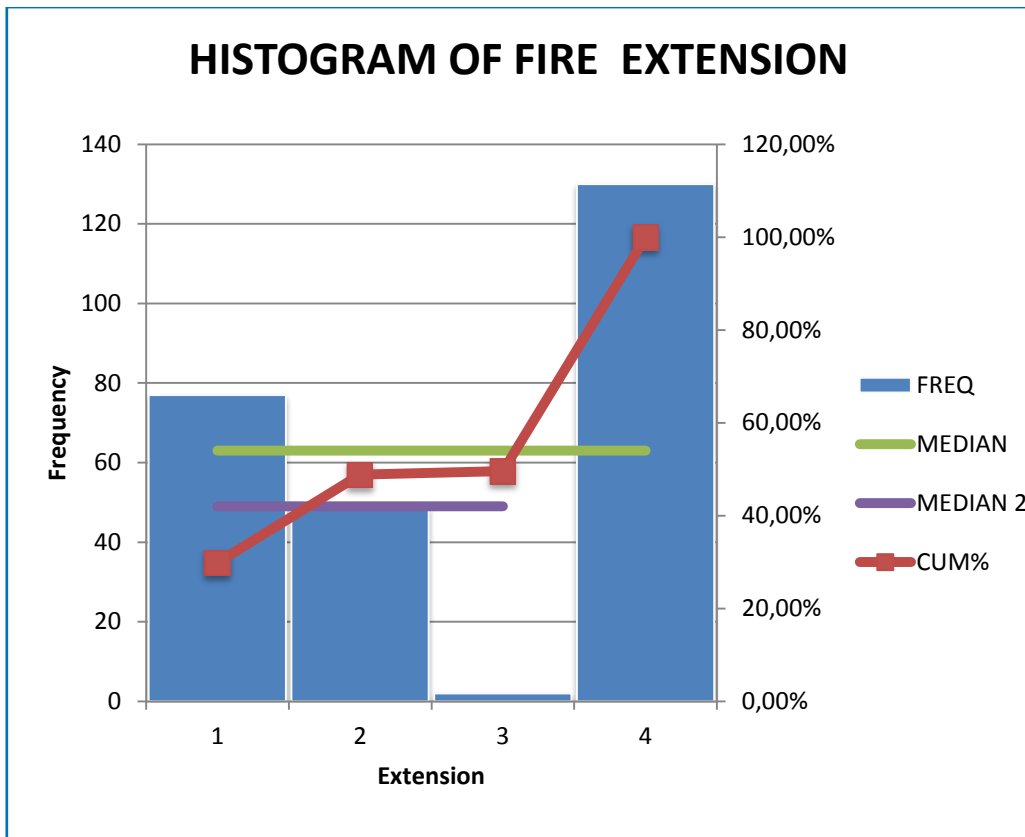
Με την παράμετρο fire extension μελετάται η εξάπλωση ή μη, της πυρκαγιάς. Πιο συγκεκριμένα εξετάζεται η εξάπλωση της φωτιάς και σε άλλα μέρη του πλοίου εκτός από το χώρο έναυσης, ή και αν εξαπλώθηκε τελικά σε όλο το πλοίο.

Στην παράμετρο αυτή έχουμε θεωρήσει κλίμακα από 1-4 με τα δυνατά ενδεχόμενα στην εξής σειρά:

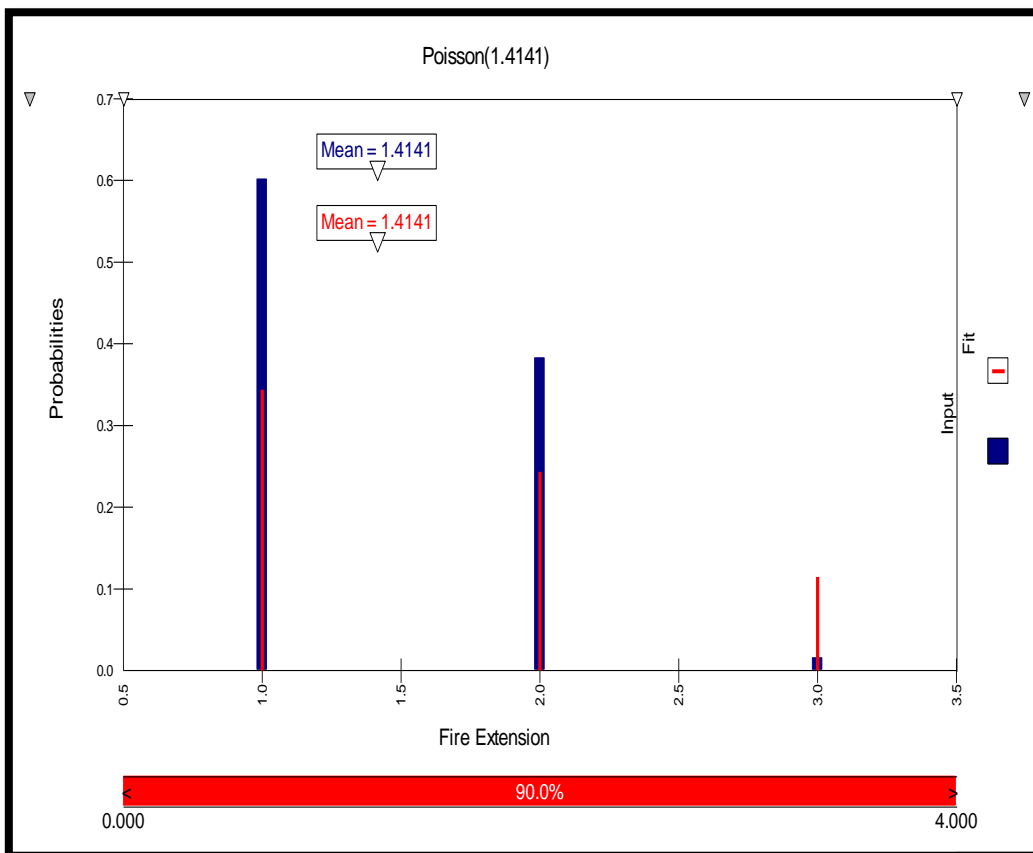
1. Yes
2. No
3. Total extension
4. Unknown

Το ιστόγραμμα παρατίθεται κάτωθι, και ακολουθούν τα γραφήματα σύγκρισης των συναρτήσεων πυκνότητας πιθανότητας και των αθροιστικών κατανομών για τις τιμές του δείγματος και της κατανομής που επιλέχτηκε.

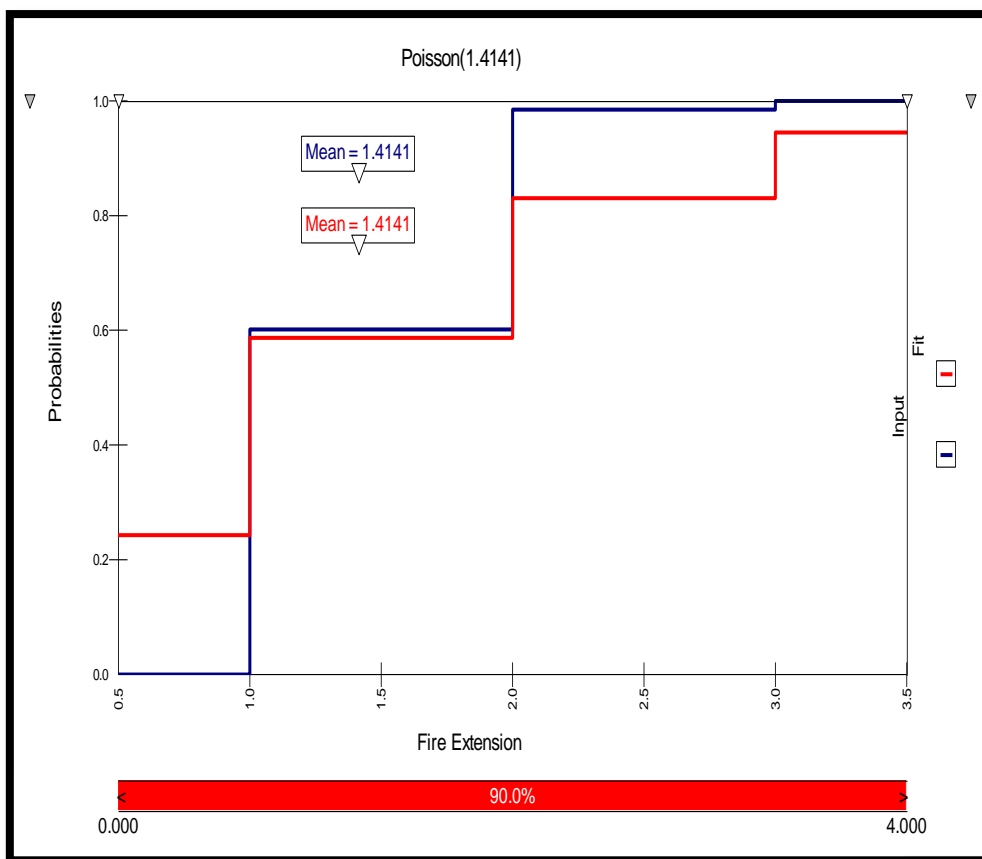




Σχημα 3.29: Ιστογράμμο της παραμέτρου Fire Extension.



Σχημα 3.30: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Fire Extension.



**Σχῆμα 3.31:** Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Fire Extension.

Η κατανομή που επιλέχτηκε είναι η Poisson ( $\lambda=1,4141$ ). Για τη σύγκριση άλλων στατιστικών μεγεθών απάντηση δίνει ο Πίνακας 3.9.

**Πίνακας 3.9:** Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Fire Extension.

	Fit	Input
Function	Poisson(1,4141)	N/A
Shift	N/A	N/A
l	1,4140625	N/A
Minimum	0	1
Maximum	+Infinity	3
Mean	1,4141	1,4141
Mode	1	1
Median	1	1
Std. Deviation	1,1891	0,52538
Variance	1,4141	0,27386

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή της κατανομής Poisson.

## Η κατανομή Poisson

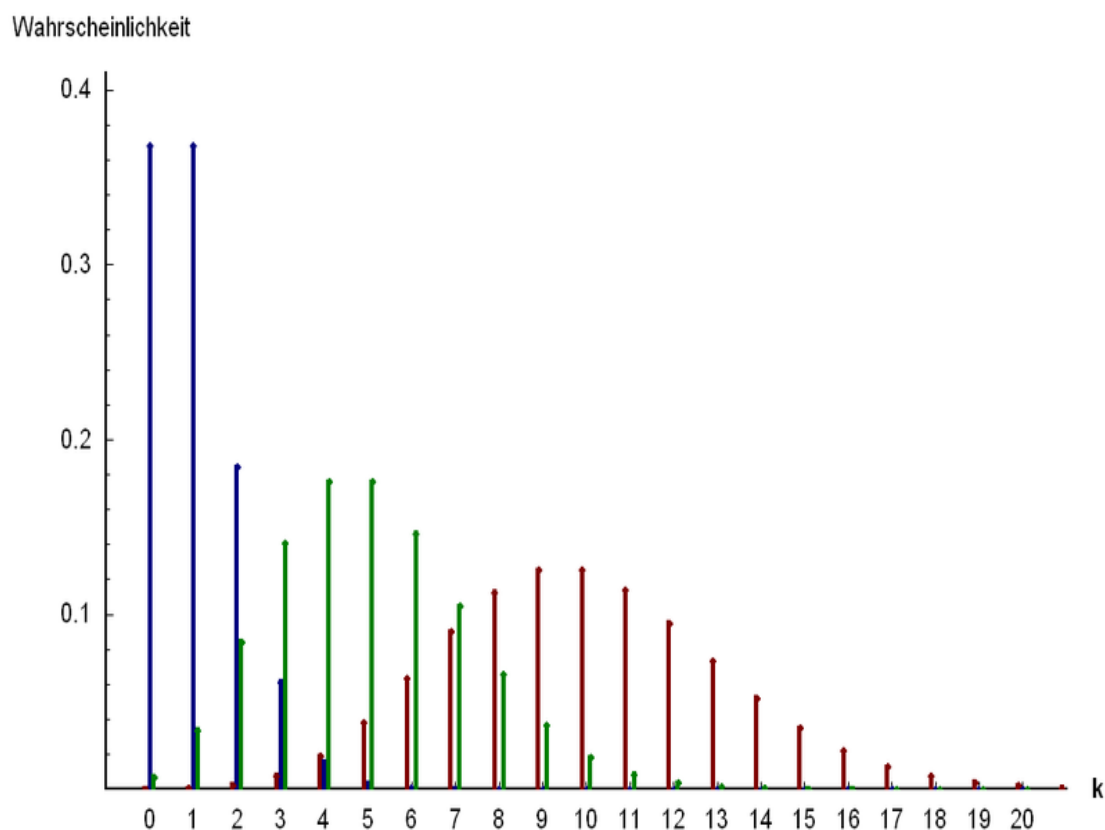
Η κατανομή Poisson είναι μια διακριτή συνάρτηση κατανομής τυχαίας μεταβλητής που περιγράφει τον αριθμό εμφανίσεων ενός γεγονότος σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Έχει πάρει το όνομά της από τον Γάλλο μαθηματικό, γεωμέτρη και φυσικό Siméon Denis Poisson (1781–1840).

Η κατανομή Poisson έχει την παράμετρο  $\lambda$  που δηλώνει τη μέση τιμή αριθμού εμφανίσεων ενός γεγονότος, οι οποίες είναι ανεξάρτητες της τελευταίας χρονικής στιγμής εμφάνισης του γεγονότος.

$$P_\lambda(X = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$$

**συνάρτηση πιθανότητας παράμετροι μέση τιμή διακύμανση**

$$\frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda} \quad \lambda \in \mathbb{R}_+ \quad \lambda \quad \lambda$$



**Σχῆμα 3.32:** Συνάρτηση πιθανότητας της κατανομής Poisson για  $\lambda = 1$  (μπλε),  $\lambda = 5$  (πράσινο) και  $\lambda = 10$  (κόκκινο).

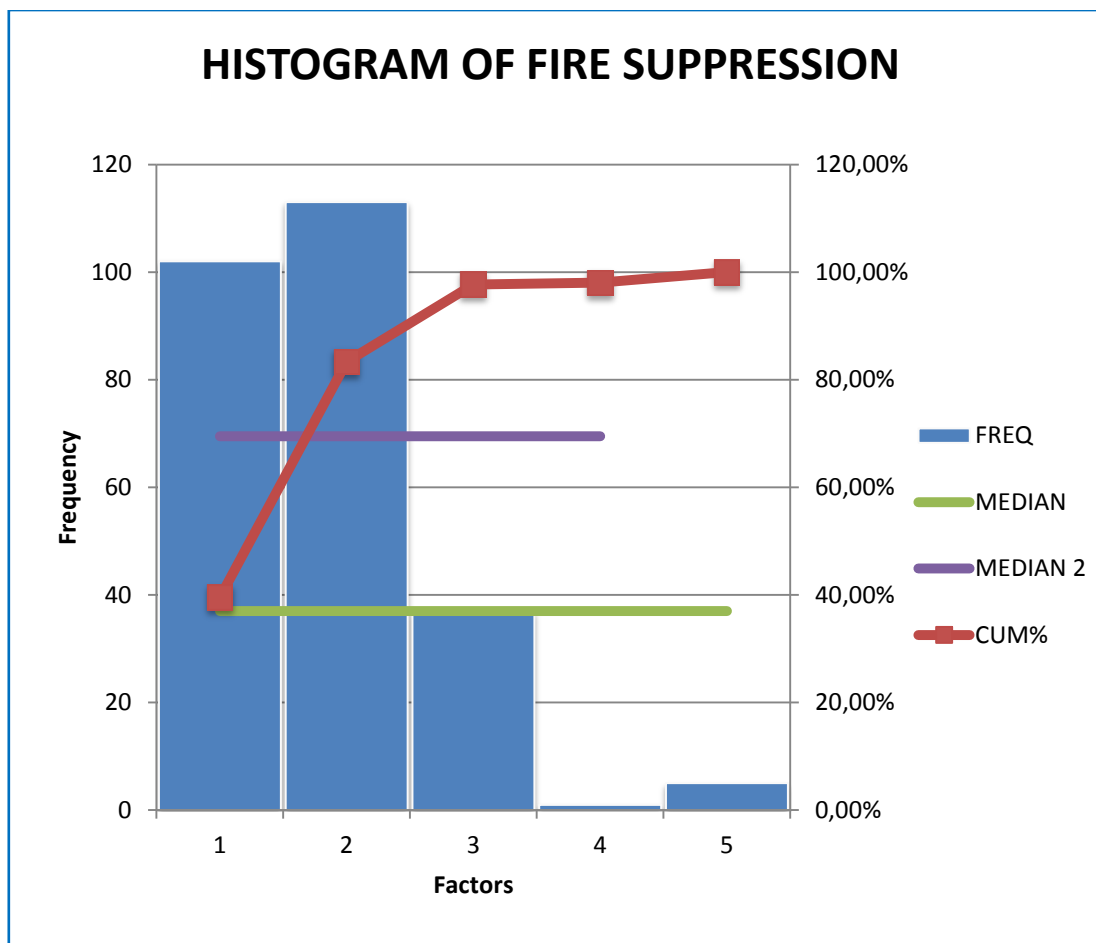
### 3.2.2.10 Συντελεστές στην κατάσβεση της φωτιάς – fire suppression.

Με την παρούσα παράμετρο-*fire suppression* έχουμε ορίσει τους συντελεστές στην κατάσβεση της πυρκαγιάς. Οι συντελεστές που συναντήσαμε στο δείγμα μπορεί να είναι είτε το πλήρωμα - crew, είτε εξωτερική βοήθεια από άλλα πλοία, ρυμουλκά και πυροσβεστικά – external , είτε ο συνδυασμός των προαναφερθέντων– crew+external , είτε το αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης του πλοίου vessel's system.

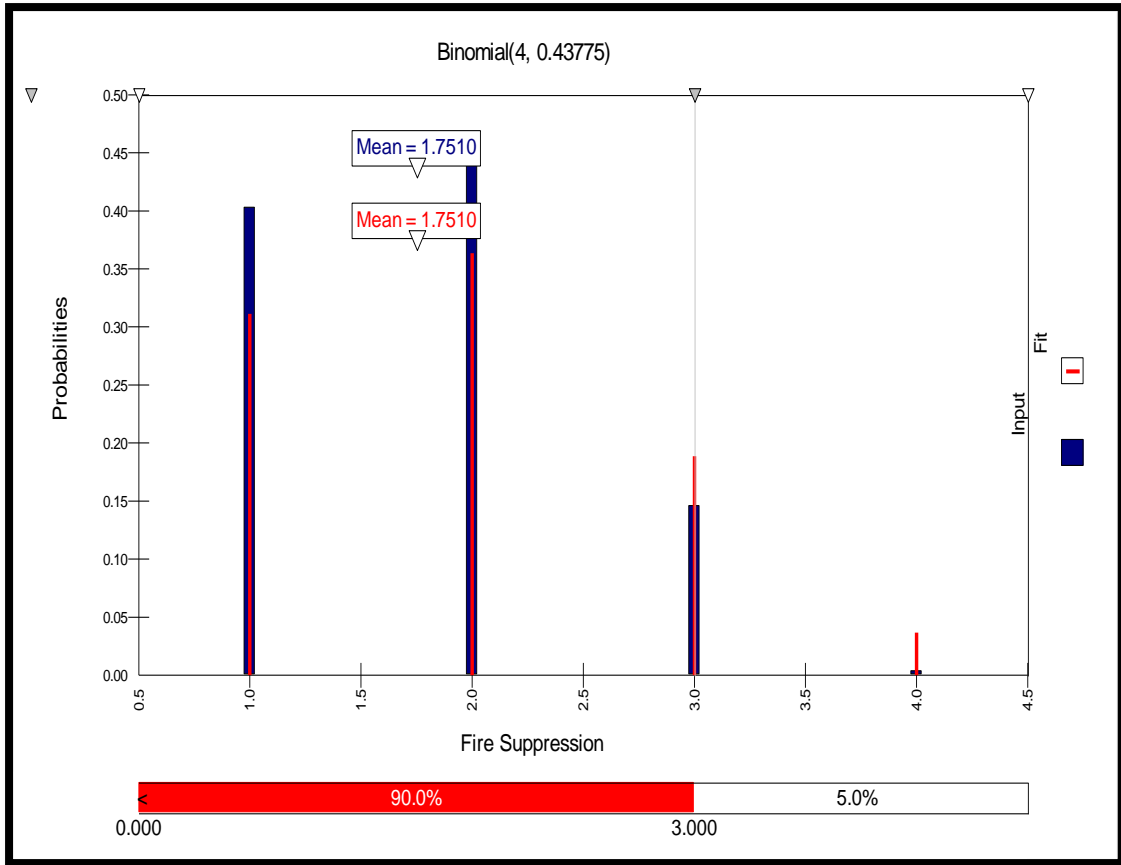
Η κλίμακα από 1-5 έχει οριστεί ως εξής:

1. Crew + External
2. Crew
3. External
4. Vessel's system
5. Unknown

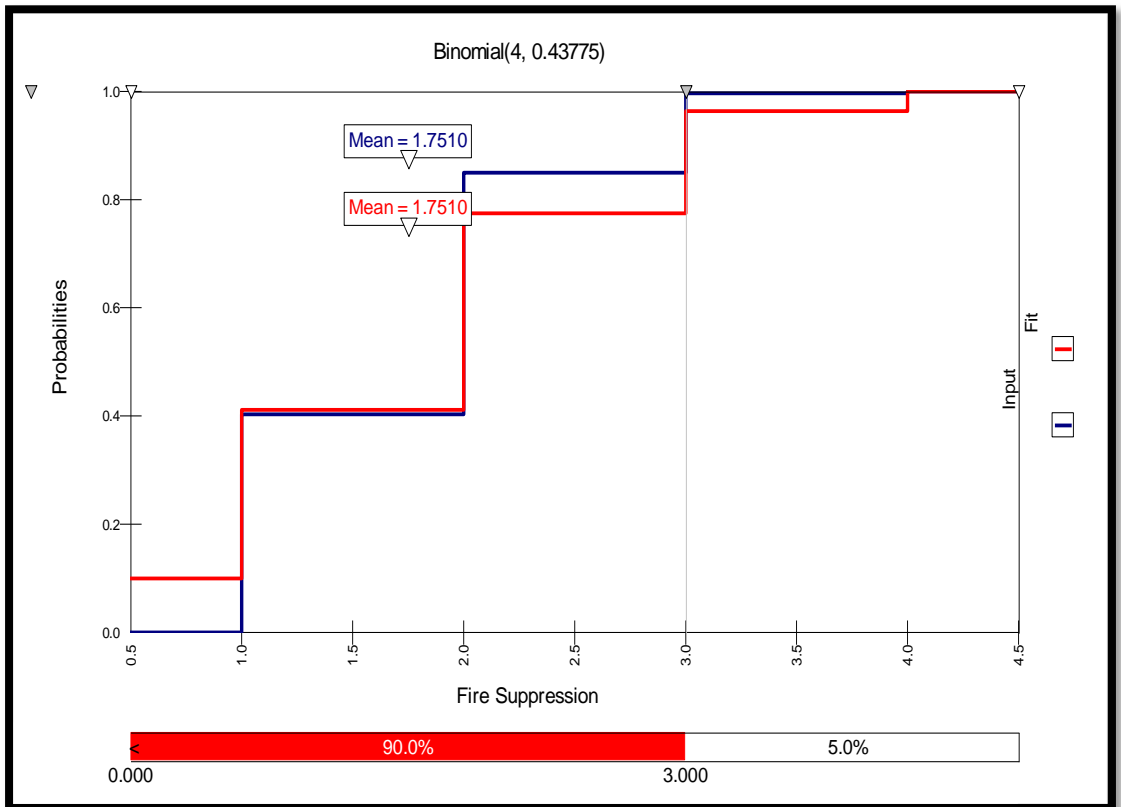
Τα σχετικά σχήματα παρακάτω θα μας δώσουν την πλήρη εικόνα:



Σχῆμα 3.33: Ιστογράμμο της παραμέτρου Fire Suppression.



Σχῆμα 3.34: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Fire Suppression.



Σχῆμα 3.35: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Fire Suppression.

Η κατανομή που επιλέχτηκε είναι η Binomial( $n=4$ ;  $p=0,43775$ ). Η μέση τιμή και των δύο κατανομών είναι και εδώ ταυτόσημη, ενώ για τη σύγκριση άλλων στατιστικών μεγεθών παρατίθεται ο Πίνακας 3.10.

**Πίνακας 3.10:** Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Fire Suppression.

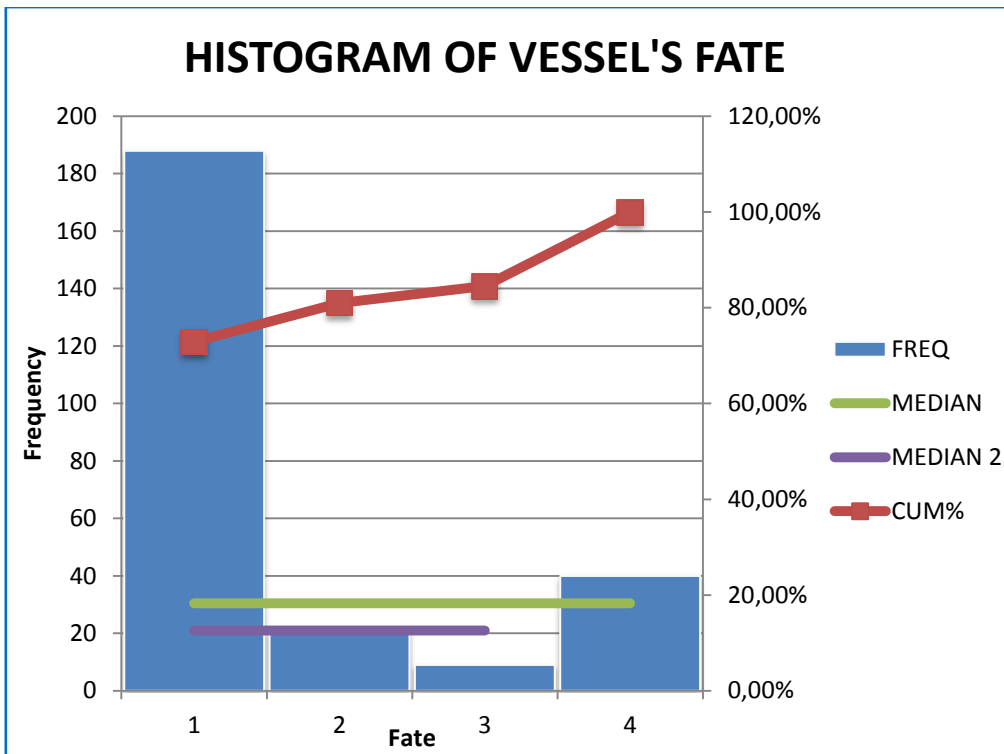
	Fit	Input
Function	Binomial(4; 0,43775)	N/A
Shift	N/A	N/A
n	4	N/A
p	0,437747036	N/A
Minimum	0	1
Maximum	4	4
Mean	1,751	1,751
Mode	2	2
Median	2	2
Std. Deviation	0,99222	0,71078
Variance	0,9845	0,50321

### 3.2.2.11 Η Κατάληξη του πλοίου – Vessel's fate.

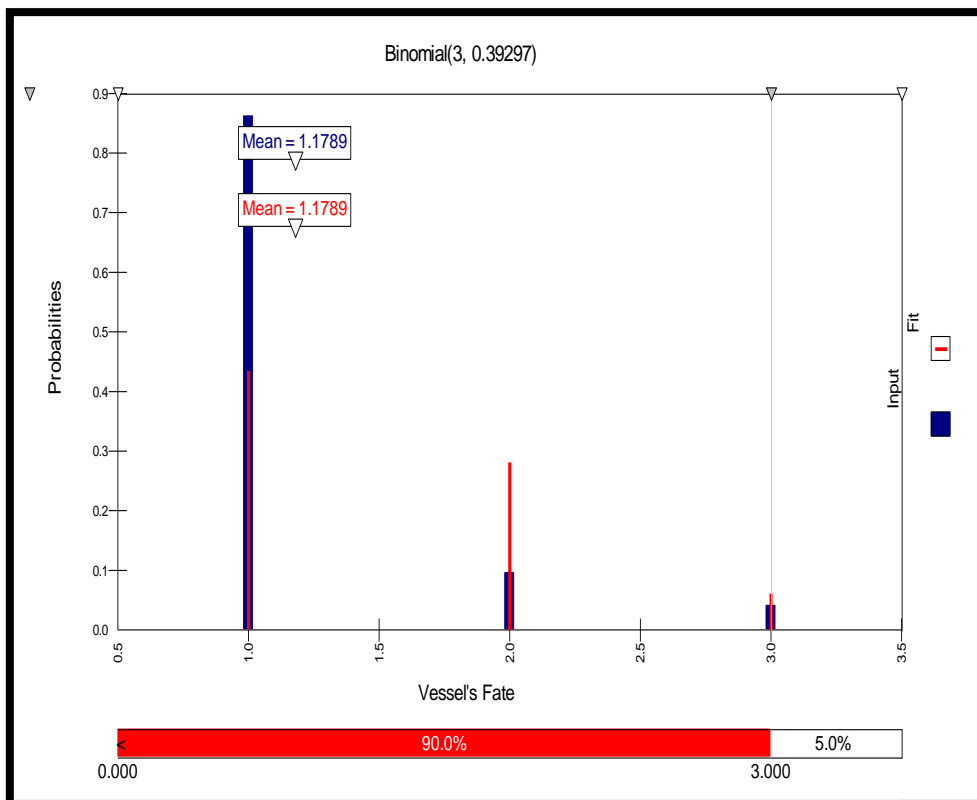
Στην παράμετρο κατάληξη του πλοίου-Vessel's fate, θα παρουσιαστούν όλες οι πιθανές εκβάσεις, βάσει του δείγματος, της τελικής κατάληξης του πλοίου ύστερα από το ατύχημα. Συγκεκριμένα, για την κατάληξη του πλοίου έχουμε τα εξής:

1. Repaired
2. Damaged beyond economical repair
3. Total loss(sank/burnt out completely)
4. Unknown

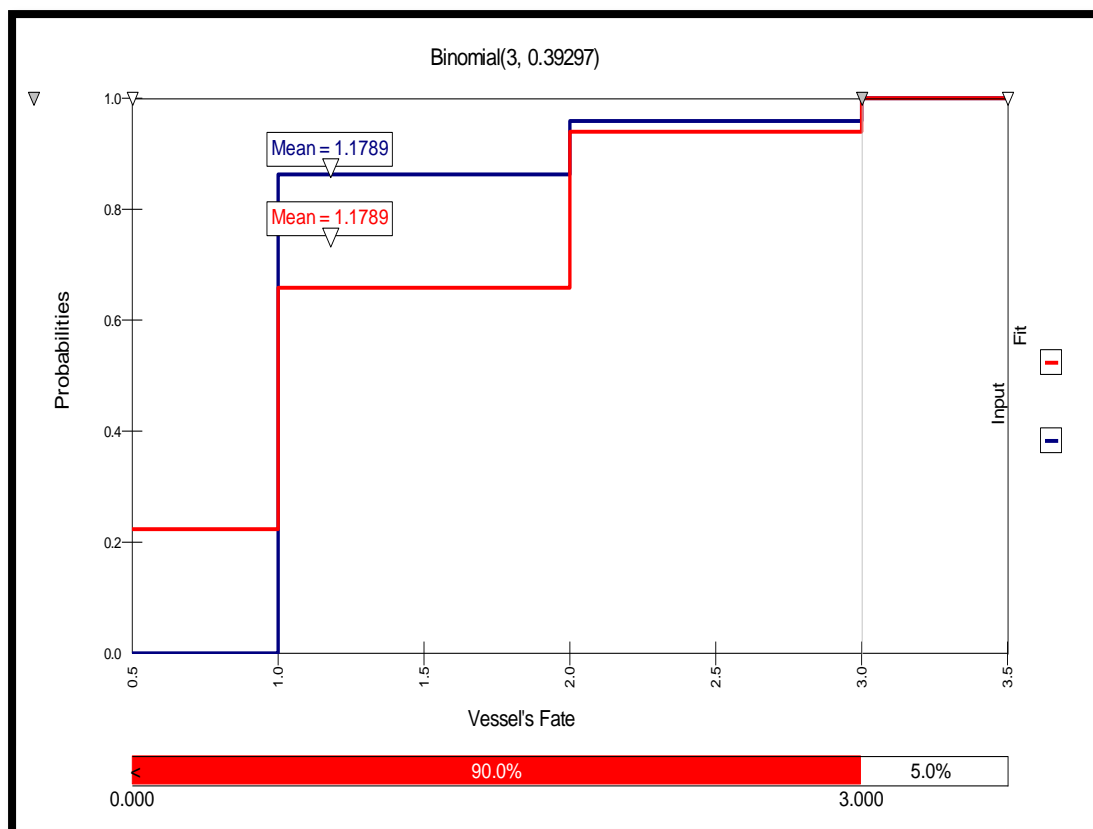
Ακολουθούν οι γραφικές απεικονίσεις του ιστογράμματος, καθώς και των επιλεγμένων κατανομών και αθροιστικών συναρτήσεων.



Σχῆμα 3.36: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Vessel's fate.



Σχῆμα 3.37: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Vessel's fate.



**Σχημα 3.38:** Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Vessel's fate.

Η κατανομή που επιλέχτηκε είναι η Βιονομιαλ( $n=3$ ;  $p=0,39297$ ). Περισσότερες λεπτομέρειες βρίσκονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 3.11:** Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Fire Suppression.

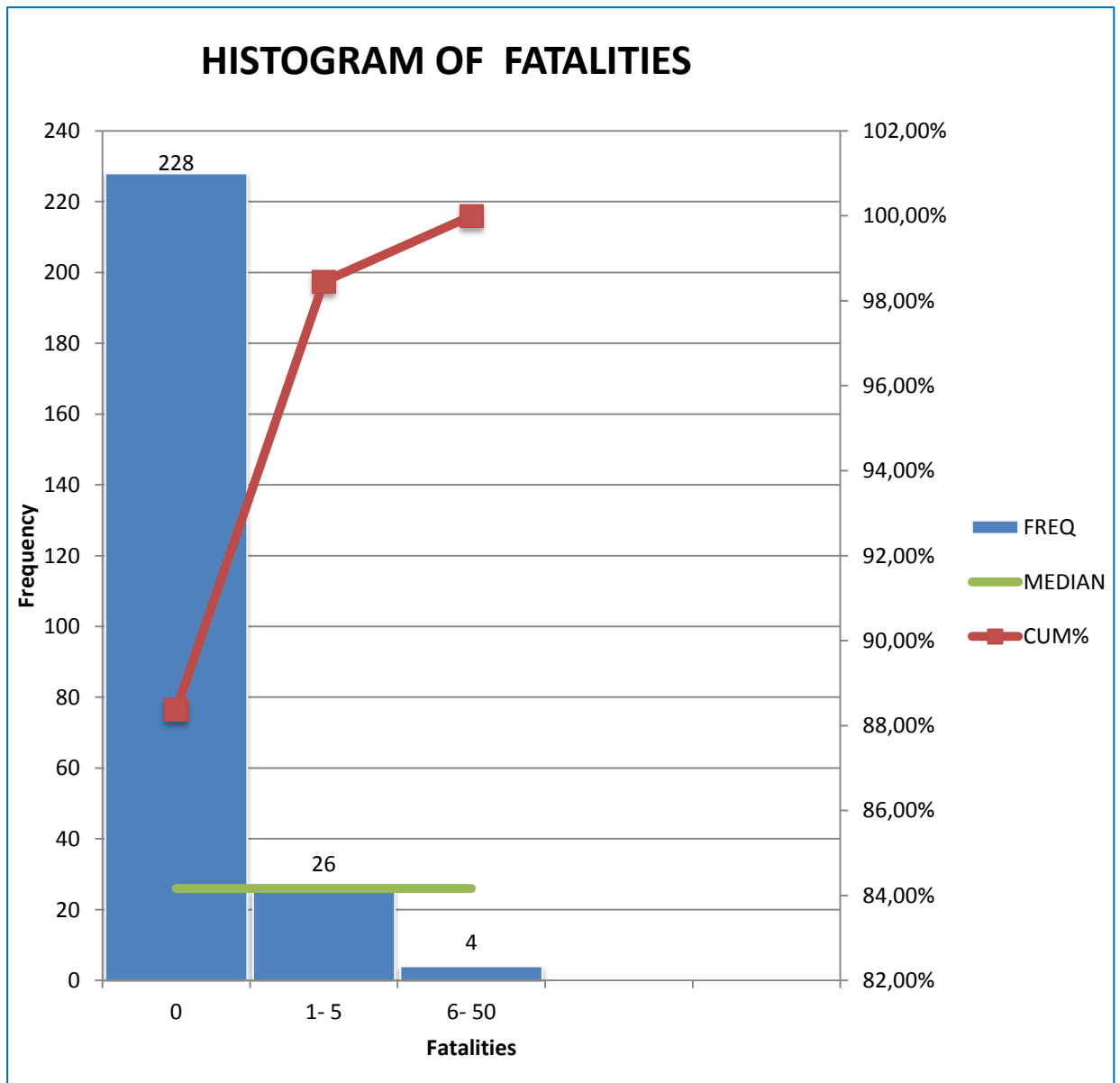
	Fit	Input
Function	Binomial(3; 0,39297)	N/A
Shift	N/A	N/A
n	3	N/A
p	0,392966361	N/A
Minimum	0	1
Maximum	3	3
Mean	1,1789	1,1789
Mode	1	1
Median	1	1
Std. Deviation	0,84595	0,48013
Variance	0,71563	0,22946



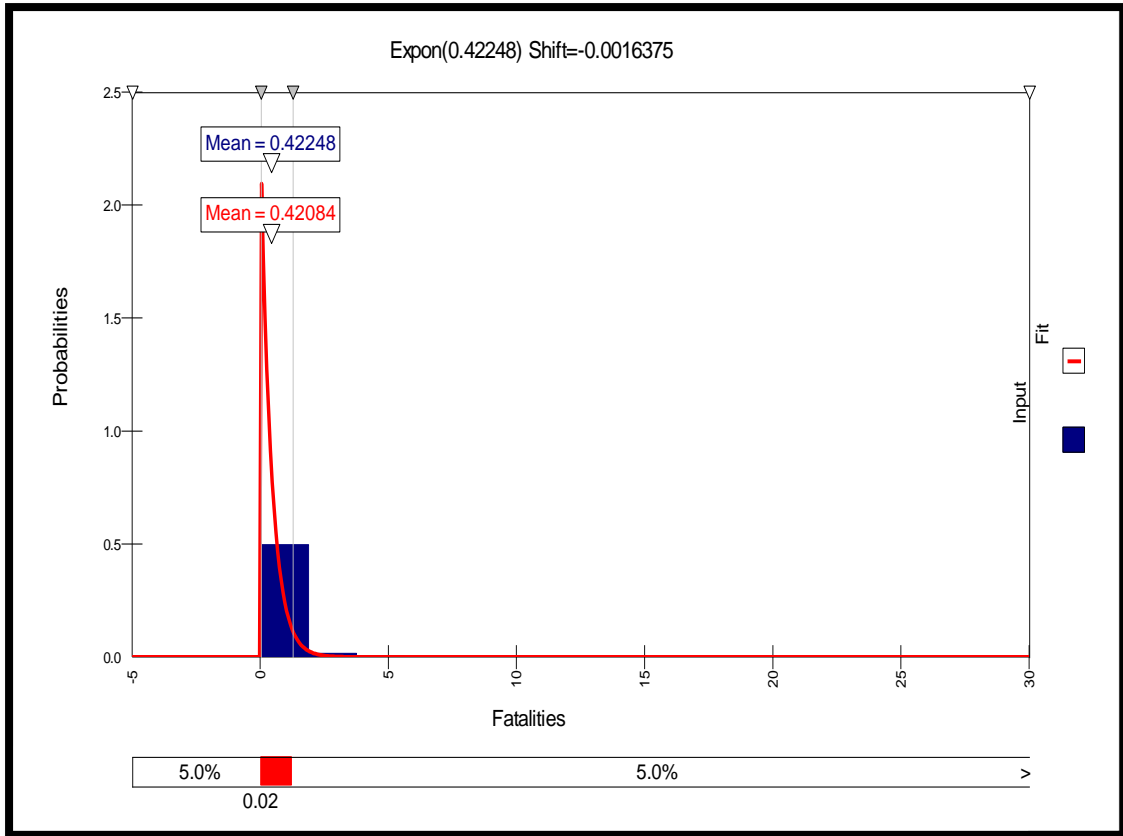
### 3.2.2.12 Ανθρώπινες απώλειες – Fatalities.

Στην τελευταία, αλλά σημαντικότερη παράμετρο μελετάται η συνέπεια του ατυχήματος σε ανθρώπινες απώλειες. Για την παρούσα μελέτη με τον όρο fatalities περιγράφεται το άθροισμα θανόντων και αγνοουμένων.

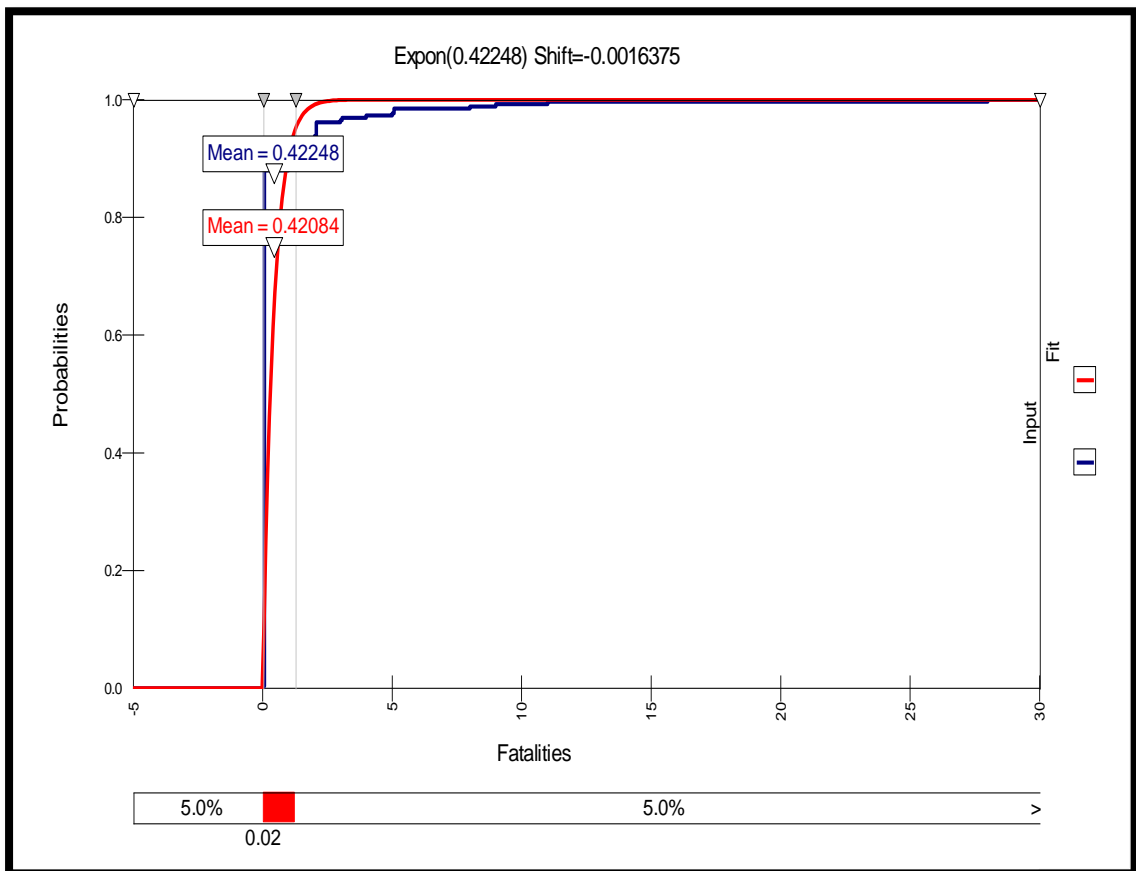
Ακολουθεί το ιστόγραμμα των παρατηρήσεων και τα γραφήματα από το @Risk.



Σχημα 3.39: Ιστόγραμμα της παραμέτρου Fatalities.



Σχῆμα 3.40: Πιθανοθεωρητική κατανομή της παραμέτρου Fatalities.



Σχῆμα 3.41: Αθροιστικές συναρτήσεις της παραμέτρου Fatalities.

Από τα δεδομένα του επιλεχθέντος δείγματος, και με χρήση του προγράμματος @Risk, η κατανομή που τα περιγράφει καλύτερα είναι η εκθετική κατανομή ή Exponential distribution με παραμέτρο  $\lambda=0,42248062$ .

Ακολουθεί ο πίνακας με περισσότερα χαρακτηριστικά για την συγκεκριμένη κατανομή που αποδίδει την παρούσα παράμετρο, και στη συνέχεια μια σύντομη περιγραφή των γενικών χαρακτηριστικών της εκθετικής κατανομής.

**Πίνακας 3.12:** Χαρακτηριστικά μεγέθη για τις κατανομές της παραμέτρου Fatalities.

	Fit	Input
Function	Expon(0,42248; Shift(-0,0016375))	N/A
Shift	-0,001637522	N/A
b	0,42248062	N/A
Minimum	-0,0016375	0
Maximum	Infinity	28
Mean	0,42084	0,42248
Mode	-0,0016375	0.0000 [est]
Median	0,2912	0
Std. Deviation	0,42248	2,1199
Variance	0,17849	4,4765

## Εκθετική κατανομή - Exponential distribution

Στη θεωρία πιθανοτήτων και στη στατιστική, η εκθετική κατανομή (ή αρνητική εκθετική κατανομή) είναι μια οικογένεια συνεχών κατανομών πιθανότητας. Περιγράφει τον χρόνο μεταξύ γεγονότων σε μια διαδικασία Πουασόν (Poisson), δηλαδή μια διαδικασία στην οποία γεγονότα συμβαίνουν συνεχώς και ανεξάρτητα με ένα σταθερό μέσο ρυθμό.

Η εκθετική κατανομή ανήκει στην ευρύτερη εκθετική οικογένεια, η οποία είναι μια κλάση κατανομών πιθανότητας που περιλαμβάνει ακόμα την κανονική κατανομή, την διωνυμική κατανομή, την κατανομή γάμμα, την κατανομή Πουασόν, και άλλες.

Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας (σππ) μιας εκθετικής κατανομής είναι:

$$f(x; \lambda) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0. \end{cases}$$

Εναλλακτικά, αυτή μπορεί να οριστεί χρησιμοποιώντας την βηματική συνάρτηση Χέβισαϊντ,  $H(x)$ .

$$f(x; \lambda) = \lambda e^{-\lambda x} H(x)$$

Εδώ το  $\lambda > 0$  είναι η παράμετρος της κατανομής συχνά καλούμενη παράμετρος ρυθμού. Η κατανομή ορίζεται στο διάστημα  $[0, \infty)$ . Αν μια τυχαία μεταβλητή  $X$  έχει αυτή την κατανομή, γράφουμε  $X \sim \text{Exp}(\lambda)$ .

Η εκθετική κατανομή παρουσιάζει άπειρη διαιρεσιμότητα.

Παράμετροι Μέση τιμή Διακύμανση

$$\lambda > 0 \qquad \frac{1}{\lambda} \qquad \frac{1}{\lambda^2}$$

### 3.3 Συνοπτικά αποτελέσματα της απόδοσης κατανομών

Όλη η παραπάνω διαδικασία επαναλήφθηκε και για τις υπόλοιπες κατηγορίες: *passenger ships*, *tanker ships*, *cargo ships*. Τα αποτελέσματα των κατανομών που προέκυψαν από το υπολογιστικό πακέτο, βάσει τις τιμές του δείγματος των παραμέτρων, συνοψίζονται στους παρακάτω πίνακες. Τα ιστογράμματα και τα αντίστοιχα διαγράμματα των προαναφερθέντων κατηγοριών, παρατίθενται στο παράρτημα Α.

#### All ships

Πίνακας 3.13: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την επιλογή κατανομών των παραμέτρων.

Παράμετρος	Κατανομή Απόδοσης Δεδομένων
Ο τύπος του πλοίου*– <i>ship type</i>	Binomial(3; 0,82171)
Το μέγεθος του πλοίου σε GT– <i>GT</i>	BetaGeneral(0,68171; 23,405; 526; 551350)
Η τοποθεσία του πλοίου– <i>ship location</i>	Geomet(0,33858)
Η κατάσταση του πλοίου– <i>ship state</i>	Geomet(0,3295)
Το είδος/αλληλουχία του ατυχήματος– <i>accident sequence</i>	Binomial(4; 0,30329)
Το αίτιο του ατυχήματος– <i>accident cause</i>	Binomial(11; 0,30981)
Η πηγή της έναυσης– <i>accident origin</i>	Binomial(6; 0,51206)
Το υλικό της έναυσης– <i>combustible material</i>	Binomial(7; 0,28211)
Η εξάπλωση της πυρκαγιάς – <i>fire extension</i>	Poisson(1,4141)
Συντελεστές στην κατάσβεση της φωτιάς– <i>fire suppression</i>	Binomial(4; 0,43775)
Η κατάληξη του πλοίου– <i>vessel's fate</i>	Binomial(3; 0,39297)
Οι ανθρώπινες απώλειες– <i>fatalities</i>	Expon(0,42248; Shift(-0,0016375))

## Passenger ships

Πίνακας 3.14: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την επιλογή κατανομών των παραμέτρων.

Παράμετρος	Κατανομή Απόδοσης Δεδομένων
Το μέγεθος του πλοίου σε GT– <i>GT</i>	Invgauss(19199; 13289; RiskShift(-1299,7))
Η τοποθεσία του πλοίου– <i>ship location</i>	Poisson(1,8913)
Η κατάσταση του πλοίου– <i>ship state</i>	Poisson(2)
Το είδος/αλληλουχία του ατυχήματος– <i>accident sequence</i>	Binomial(4; 0,28431)
Το αίτιο του ατυχήματος– <i>accident cause</i>	Poisson(3,3659)
Η πηγή της έναυσης– <i>accident origin</i>	Binomial(6; 0,52033)
Το υλικό της έναυσης– <i>combustible material</i>	Binomial(7; 0,28571)
Η εξάπλωση της πυρκαγιάς – <i>fire extension</i>	Binomial(3; 0,52778)
Συντελεστές στην κατάσβεση της φωτιάς– <i>fire suppression</i>	Binomial(4; 0,47283)
Η κατάληξη του πλοίου– <i>vessel's fate</i>	Binomial(3; 0,37607)
Οι ανθρώπινες απώλειες– <i>fatalities</i>	Expon(0,86957; RiskShift(-0,018904))

## Tanker ships

Πίνακας 3.15: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την επιλογή κατανομών των παραμέτρων.

Παράμετρος	Κατανομή Απόδοσης Δεδομένων
Το μέγεθος του πλοίου σε DWT– <i>DWT</i>	Invgauss(15704; 6998,5; RiskShift(-172,25))
Η τοποθεσία του πλοίου– <i>ship location</i>	Poisson(1,8478)
Η κατάσταση του πλοίου– <i>ship state</i>	Poisson(1,8478)
Το είδος/αλληλουχία του ατυχήματος– <i>accident sequence</i>	Poisson(1,5217)
Το αίτιο του ατυχήματος– <i>accident cause</i>	Binomial(8; 0,44079)
Η πηγή της έναυσης– <i>accident origin</i>	Binomial(6; 0,49593)
Το υλικό της έναυσης– <i>combustible material</i>	Binomial(7; 0,28571)
Η εξάπλωση της πυρκαγιάς – <i>fire extension</i>	Poisson(1,5217)
Συντελεστές στην κατάσβεση της φωτιάς– <i>fire suppression</i>	Binomial(4; 0,44186)
Η κατάληξη του πλοίου– <i>vessel's fate</i>	Binomial(3; 0,39474)
Οι ανθρώπινες απώλειες– <i>fatalities</i>	BetaGeneral(0,13367; 3,5727; 0; 21,343)

## Cargo ships

Πίνακας 3.16: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για την επιλογή κατανομών των παραμέτρων.

Παράμετρος	Κατανομή Απόδοσης Δεδομένων
Το μέγεθος του πλοίου σε GT– <i>GT</i>	Expon(15249; RiskShift(434,14))
Η τοποθεσία του πλοίου– <i>ship location</i>	Geomet(0,33333)
Η κατάσταση του πλοίου– <i>ship state</i>	Poisson(2,0964)
Το είδος/αλληλουχία του ατυχήματος– <i>accident sequence</i>	Binomial(4; 0,29367)
Το αίτιο του ατυχήματος– <i>accident cause</i>	Poisson(3,3852)
Η πηγή της έναυσης– <i>accident origin</i>	Binomial(6; 0,51416)
Το υλικό της έναυσης– <i>combustible material</i>	Binomial(7; 0,28114)
Η εξάπλωση της πυρκαγιάς – <i>fire extension</i>	Poisson(1,4304)
Συντελεστές στην κατάσβεση της φωτιάς– <i>fire suppression</i>	Poisson(1,7073)
Η κατάληξη του πλοίου– <i>vessel's fate</i>	Binomial(3; 0,39286)
Οι ανθρώπινες απώλειες– <i>fatalities</i>	Expon(0,20482; RiskShift(-0,0012339))

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ©SOLEARN

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία ανάπτυξης των βασικών στοιχείων της εφαρμογής *©Solearn*, που είναι 1)το τεστ ερωτήσεων-*quiz* βάσει του κανονισμού πυρασφάλειας της SOLAS CH II-2, και 2)τα σενάρια που έχουν παραχθεί από δείγμα πραγματικών ναυτικών ατυχημάτων πυρκαγιών και εκρήξεων.

Στο πρώτο μέρος γίνεται η επεξήγηση της ανάλυσης και κατηγοριοποίησης του κανονισμού SOLAS CH II-2 ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, έτσι ώστε να δομηθεί το σύνολο των ερωτήσεων που θα αποτελέσει τη βάση του τεστ ερωτήσεων-*quiz της εφαρμογής ©Solearn*. Να υπενθυμίσουμε σε αυτό το σημείο, ότι το quiz που δημιουργήθηκε για την ηλεκτρονική πλατφόρμα, αποσκοπεί κυρίως στην εκπαίδευση, και όχι τόσο στην εξέταση των παιχτών.

Στο δεύτερο μέρος θα αναλυθεί το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας για την παραγωγή των σεναρίων. Εφόσον έχει γίνει η προεργασία, όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, θα πραγματοποιηθεί η εισαγωγή των δεδομένων των κατανομών που προέκυψαν για κάθε παράμετρο σε κατάλληλη υπολογιστική διαδικασία, όπου με εφαρμογή προσωμοίωσης θα δημιουργηθούν τα σενάρια.

Στο τέλος για να γίνει καλύτερα κατανοητή και σαφής η λογική πίσω από το quiz αλλά και τα σενάρια, θα παρατεθούν ενδεικτικά παραδείγματα.

#### **4.1 Ανάλυση-διαμερισμός του κανονισμού Solas chapter II-2: Construction-fire protection, fire detection and fire extinction**

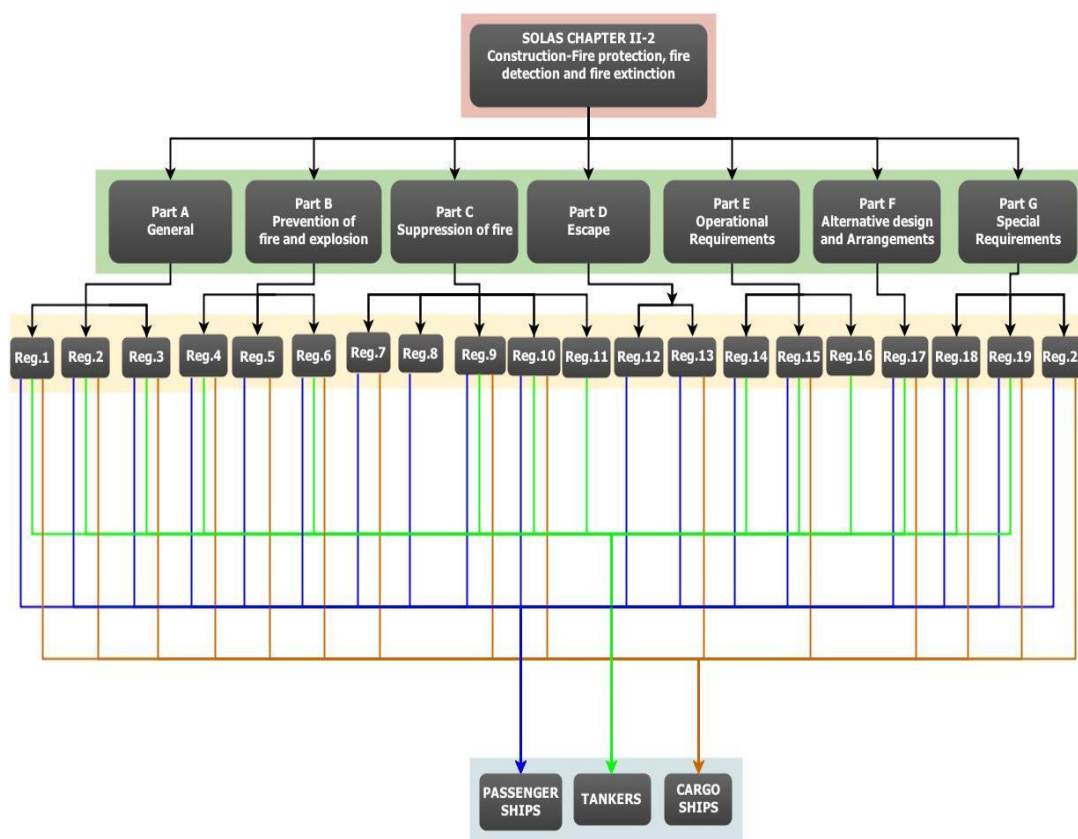
Το κεφάλαιο του κανονισμού που εξετάζουμε αποτελείται από επτά μέρη (part A,B,C,D,E,F,G) και σε αυτά τα μέρη υπάρχουν είκοσι επιμέρους ρυθμίσεις-*regulations*. Σκοπός της ανάλυσης είναι να συγκεντρωθούν οι πληροφορίες που βρίσκονται διάσπαρτες στα μέρη και στις επιμέρους ρυθμίσεις, και να διοχετευτούν ανάλογα τον τύπο του πλοίου στην αντίστοιχη κατηγορία. Οι κατηγορίες ανάλογα τον τύπο του πλοίου διαμορφώθηκαν ως εξής:

+ALL SHIPS +PASSENGER SHIPS +TANKER SHIPS +CARGO SHIPS

Στην ιεραρχική ανάλυση που ακολουθεί, έχει παραληφθεί η κατηγορία “All ships”, καθώς είναι εύκολα κατανοητό ότι πληροφορίες για αυτήν την κατηγορία υπάρχουν σε όλα τα μέρη του κανονισμού.

Εφόσον ο όγκος της πληροφορίας του κανονισμού διαχωρίστηκε ανάλογα τον τύπο του πλοίου, κατόπιν ακολούθησε η κατασκευή και η διαμόρφωση των ερωτήσεων. Για να αποφευχθούν ανακρίβειες, οι ερωτήσεις στηρίζονται αυστηρά στη διατύπωση και την έκφραση των πρωτοτύπων διατυπώσεων, όπως ακριβώς τις συναντάμε στη Solas Ch.II-2. Από το πλήθος των ερωτήσεων που δημιουργήθηκαν, έγινε χρήση αυτών που κρίθηκαν καταλληλότερες για εκμάθηση των βασικών κανονισμών που αφορούν τη λειτουργία και διαχείριση, το λεγόμενο operation, τα συστήματα πυρασφάλειας με τα οποία πρέπει να είναι εξοπλισμένο το πλοίο, και ό,τι αφορά κυρίως ό,τι αφορά τον ανθρώπινο παράγοντα στην πρόληψη, καταπολέμηση και στη διαφυγή από φωτιά. Κρίθηκε λιγότερο ωφέλιμο για την παρούσα εργασία, να τεθούν στο quiz θέματα κατασκευαστικά και λεπτομέρειες που στην ουσία αφορούν κυρίως ναυπηγεία και κατασκευαστές.

Η ανάλυση παρουσιάζεται με δενδροειδή μορφή στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 4.1: Δενδροειδή αναπαράσταση της ανάλυσης του κανονισμού με βάση τον τύπο του πλοίου.



## 4.2 Η παραγωγή των σεναρίων

Στο σημείο αυτό θα αναλυθεί το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας για την παραγωγή των σεναρίων. Συγκεκριμένα θα γίνει η εισαγωγή των δεδομένων των κατανομών που προέκυψαν για κάθε παράμετρο σε κατάλληλη υπολογιστική διαδικασία, όπου με εφαρμογή της κατάλληλης προσομοίωσης θα δημιουργηθούν τα σενάκια.

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση και την παρουσίαση της εν λόγω διαδικασίας, θα γίνει μια εισαγωγή σε βασικές έννοιες, στη λογική της δειγματοληψίας, καθώς και στη φιλοσοφία της προσομοίωσης. Έχοντας την μαθηματική έκφραση της κατανομής της κάθε παραμέτρου, εφαρμόζεται μια δειγματοληπτική διαδικασία με βάση την οποία επιλέγονται τυχαία τιμές από κάθε παράμετρο, οδηγώντας σε μια τελική κατάσταση, ένα σύνολο δηλαδή τιμών, η κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί σε μια παράμετρο του προβλήματος, δηλαδή σε ένα σενάριο. Στην παρούσα εργασία για κάθε κατηγορία πλοίου δημιουργήθηκαν 1000 σενάκια. Το υπολογιστικό που χρησιμοποιήθηκε είναι το Crystal Ball της Oracle.

### Μέθοδοι δειγματοληψίας

Η μέθοδος της δειγματοληψίας αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο θα γίνει η επιλογή των στοιχείων του πληθυσμού που θα αποτελέσουν το δείγμα.

#### Δείγματα Πιθανότητας :

Σε ένα δείγμα πιθανότητας κάθε στοιχείο του πληθυσμού έχει γνωστή και μη μηδενική πιθανότητα να περιληφθεί στο δείγμα. Υπολογίζεται το δειγματοληπτικό σφάλμα.

#### Δείγματα Μη Πιθανότητας :

Όλα τα δείγματα μη πιθανότητας στηρίζονται στην προσωπική κρίση του ερευνητή αντί για κάποιας μορφής μηχανιστική διαδικασία για την επιλογή των μελών του δείγματος.

Μέθοδοι δειγματοληψίας πιθανότητας είναι επιγραμματικά οι παρακάτω:

*Απλή τυχαία δειγματοληψία (Simple Random Sampling), Συστηματική δειγματοληψία (Systematic Sampling), Στρωματοποιημένη δειγματοληψία (Stratified Sampling), Δειγματοληψία ανά Συγκροτήματα (Cluster Sampling), Δειγματοληψία Ποσόστωσης (Quota Sampling), Ευκαιριακή Δειγματοληψία (Convenience or Opportunity Sampling), Δειγματοληψία με Πίνακες (Panel Sampling).*

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή για τις κυριότερες μεθόδους από τις παραπάνω:

- Απλή τυχαία δειγματοληψία (Simple Random Sampling) :

Η στοιχειωδέστερη μορφή δειγματοληψίας κατά πιθανότητα είναι η απλή τυχαία δειγματοληψία. Το σχήμα αυτό χρησιμοποιείται ευρύτατα, κυρίως λόγω της απλότητάς του από την άποψη της στατιστικής συμπερασματολογίας. Πέρα από την αυτοτελή χρήση του, το σχήμα αυτό χρησιμεύει και ως βάση για συνθετότερα δειγματοληπτικά σχήματα, όπως, για παράδειγμα, η στρωματοποιημένη απλή τυχαία δειγματοληψία (stratified simple random sampling) και η δειγματοληψία κατά ομάδες (cluster sampling).

- Συστηματική δειγματοληψία (Systematic Sampling) :

Συχνά, είναι ταχύτερη και ευκολότερη η επιλογή των μονάδων του πληθυσμού, αν αυτή γίνεται από κάποιο κατάλογο ξεκινώντας από κάποιο τυχαίο αρχικό σημείο και επιλέγοντας μια μονάδα κάθε  $k$  ( $k > 0$ ) μονάδες μέχρι να κατασκευασθεί το δείγμα με το δοθέν μέγεθος. Για παράδειγμα, αν πρόκειται να επιλεγούν 1000 καρτέλες από έναν φοριαμό που περιέχει 10000 καρτέλες, είναι ταχύτερο να επιλεγεί ένας τυχαίος αριθμός μεταξύ 1 και 10 και να περιληφθεί στο δείγμα η καρτέλα που αντιστοιχεί σ' αυτόν τον αριθμό καθώς και κάθε δέκατη καρτέλα από εκεί και πέρα, από το να επιλεγούν 1000 τυχαίοι αριθμοί και να περιληφθούν οι καρτέλες που αντιστοιχούν σε αυτούς. Η δειγματοληπτική αυτή τεχνική, η οποία εισάγει ένα συστηματικό στοιχείο στην διαδικασία επιλογής των μονάδων του πληθυσμού, είναι μια μορφή δειγματοληπτικής τεχνικής που είναι γνωστή ως συστηματική δειγματοληψία (systematic sampling).

- Στρωματοποιημένη δειγματοληψία (Stratified Sampling) :

Όταν τα υποσύνολα του πληθυσμού ποικίλλουν αρκετά, είναι συμφέρον να επιλεχτεί κάθε υποσύνολο πληθυσμού (στρώμα) ανεξάρτητα. Στρωματοποίηση είναι η διαδικασία της ομαδοποίησης των μελών του πληθυσμού στις σχετικά ομοιογενείς υποομάδες πριν από τη δειγματοληψία. Τα στρώματα πρέπει να είναι αμοιβαία αποκλειστικά: κάθε στοιχείο στον πληθυσμό πρέπει να οριστεί μόνο σε ένα στρώμα. Τα στρώματα πρέπει επίσης να είναι συλλογικά πλήρη: κανένα στοιχείο του πληθυσμού δεν μπορεί να αποκλειστεί. Κατόπιν η τυχαία δειγματοληψία εφαρμόζεται μέσα σε κάθε στρώμα. Αυτό βελτιώνει συχνά την αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος με τη μείωση του λάθους δειγματοληψίας. Μπορεί να παραγάγει ένα σταθμισμένο μέσο όρο που θα έχει μικρότερη μεταβλητότητα από ένα αριθμητικό μέσο όρο από ένα απλό τυχαίο δείγμα του πληθυσμού.

Ένα πραγματικό παράδειγμα στρωματοποιημένης δειγματοληψίας θα ήταν μια πολιτική έρευνα για τις ΗΠΑ. Για την καταγραφή της ποικιλομορφίας του πληθυσμού των Ηνωμένων Πολιτειών, ο ερευνητής θα επιδίωκε συγκεκριμένα να περιλάβει τους συμμετέχοντες των διαφόρων ομάδων μειονότητας όπως κάποιας συγκεκριμένης φυλής ή θρησκείας, με βάση την αναλογικότητά τους στο συνολικό πληθυσμό. Μια στρωματοποιημένη έρευνα θα μπορούσε έτσι να υποστηρίξει ότι είναι περισσότερο αντιπροσωπευτική του αμερικανικού πληθυσμού από ότι θα ήταν μια έρευνα απλής τυχαίας δειγματοληψίας ή συστηματικής δειγματοληψίας.

- Πλεονεκτήματα:

- Η εστίαση στα σημαντικά υποσύνολα πληθυσμού.
- Έγκυρες στατιστικές αποτιμήσεις και εκτιμήσεις
- αποδοτική.
- Η διαίρεση του πληθυσμού σε στρώματα που ποικίλλουν, δίνει τη δυνατότητα εφαρμογής διαφορετικών τεχνικών και μεθόδων δειγματοληψίας, με αποτέλεσμα πιο αποδοτική και ευέλικτη στατιστική έρευνα.

- Μειονεκτήματα:

- Μπορεί να αυξήσει σημαντικά το κόστος αλλά και την πολυπλοκότητα της επιλογής του δείγματος
- Δεν είναι η πλέον χρήσιμη μέθοδος όταν δεν υπάρχει σαφής ομοιογενής υποομάδα.
- Κάποιες φορές το μέγεθος του δείγματος που απαιτείται είναι αρκετά μεγαλύτερο σε σύγκριση με άλλες μεθόδους.

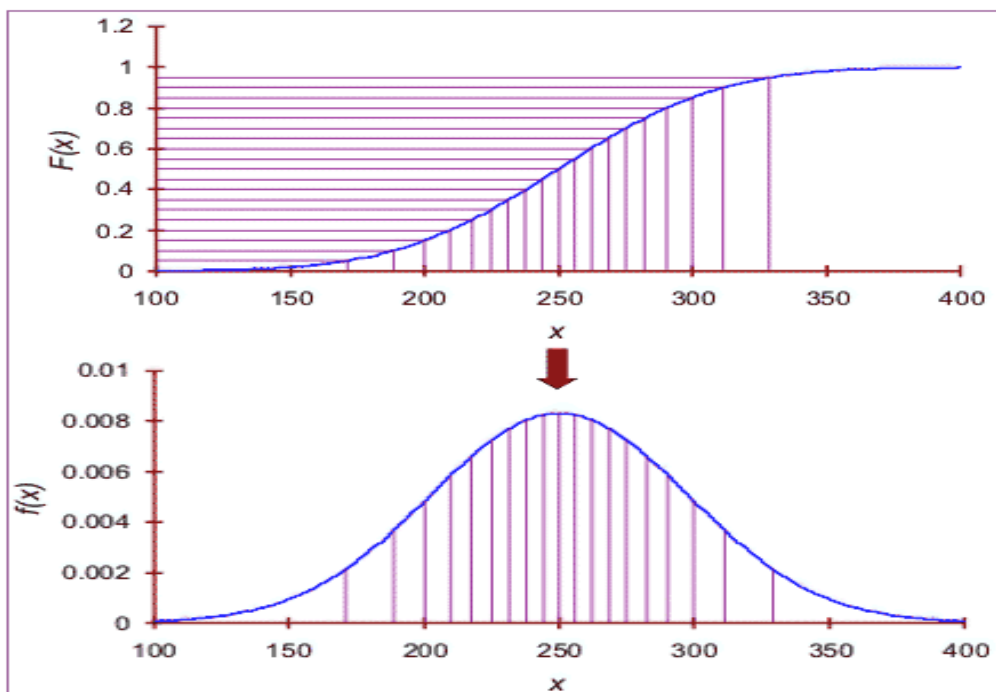
Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας η μέθοδος που επιλέχτηκε ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων Στρωματοποιημένης Δειγματοληψίας και ονομάζεται Latin Hypercube Sampling. Στη συνέχεια, αρχικά γίνεται μια ιστορική αναδρομή της εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου σε διάφορους τομείς και ακολουθεί μια εισαγωγή στο μαθηματικό υπόβαθρο αυτής και των προσομοιώσεων στις οποίες χρησιμοποιείται.

### 4.2.1 Latin Hypercube Sampling-LHS

Η LHS είναι μία στατιστική μέθοδος δημιουργίας πιθανών συνδυασμών για τις τιμές μίας πολυδιάστατης κατανομής. Η LHS χρησιμοποιείται συχνά για την ανάλυση αβεβαιότητας ή την ανάλυση ευαισθησίας ενός μοντέλου (Iman et al. , 1981). Η κεντρική ιδέα της LHS είναι ο διαχωρισμός του χώρου των πιθανών τιμών της πολυδιάστατης κατανομής σε επιμέρους διαστήματα (intervals) και η δημιουργία δειγμάτων μέσω τυχαίας δειγματοληψίας από όλα τα διαστήματα αυτά (Σχήμα 4.2).

Περιγράφεται από τους McKay, Beckman and Conover το 1979 ως μια ελκυστική εναλλακτική μέθοδος της απλής τυχαίας δειγματοληψίας σε υπολογιστικά πειράματα. Μια ισοδύναμη ανεξάρτητη τεχνική είχε προταθεί από τον Eglājs το 1977 , ενώ έτυχε περαιτέρω επεξεργασίας από τον Ronald L. Iman , και από άλλους ερευνητές το 1981 . Στη συνέχεια, δημοσιεύτηκαν λεπτομερείς υπολογιστικοί κώδικες, καθώς και αναλυτικά εγχειρίδια.

Στα πλαίσια της στατιστικής δειγματοληψίας , ένα τετράγωνο πλέγμα που περιέχει τις θέσεις του δείγματος, είναι ένα Λατινικό τετράγωνο- Latin square, εάν ( και μόνο εάν) υπάρχει μόνο ένα δείγμα σε κάθε σειρά και κάθε στήλη . Η Latin hypercube είναι η γενίκευση της έννοιας αυτής σε έναν αυθαίρετο αριθμό διαστάσεων, όπου κάθε δείγμα είναι το μοναδικό που περιέχεται σε κάθε ευθυγραμμισμένο σε άξονα-υπερεπίπεδο-hyperplane.



Σχήμα4.2: Διαχωρισμός της κατανομής μιας μεταβλητής σε διαστήματα ίσης πιθανότητας.

Η Latin Hypercube είναι στην ουσία ένα τύπος στρωματοποιημένης Monte Carlo δειγματοληπτικής μεθόδου. Όλες οι περιοχές του χώρου του δείγματος παριστάνονται από τις τιμές που εισάγονται ως δεδομένα. Για τη δειγματοληψία συνάρτησης  $N$  μεταβλητών, το εύρος της κάθε μεταβλητή χωρίζεται σε ισοπίθανα διαστήματα  $M$ . Τα  $M$  σημεία της δειγματοληψίας τότε τοποθετούνται έτσι, ώστε να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις της Latin hypercube. Να σημειωθεί ότι αυτό αναγκάζει τον  $M$  αριθμό των διαστημάτων, να είναι ίδιος για κάθε μεταβλητή. Επίσης ο τρόπος της δειγματοληψίας δεν απαιτεί περισσότερα δείγματα για περισσότερες διαστάσεις (μεταβλητές), και αυτή η ανεξαρτησία είναι ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου δειγματοληψίας. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι τα τυχαία δείγματα μπορούν να ληφθούν, ένα κάθε φορά, έχοντας «μνήμη» ποια δείγματα έχουν ήδη ληφθή μέχρι στιγμής.

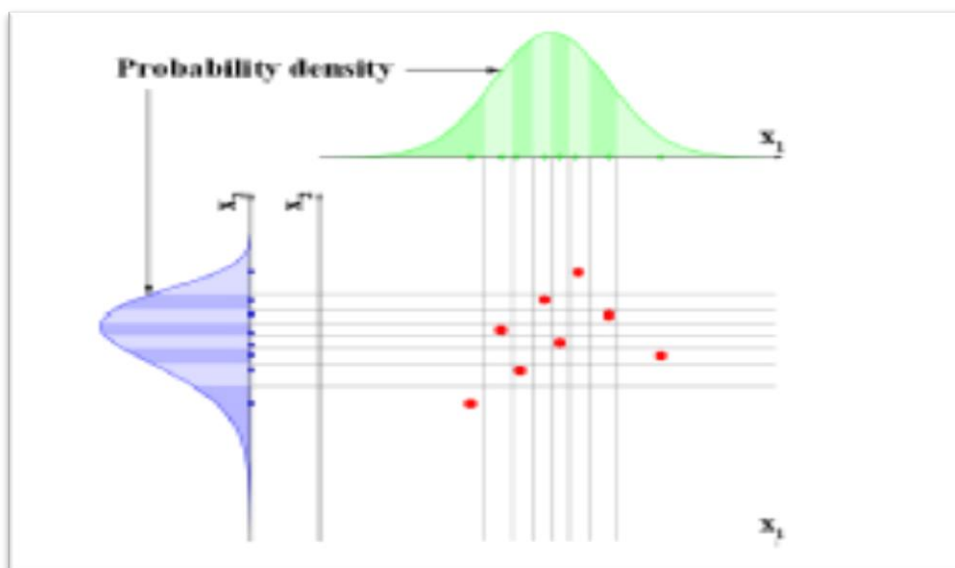
Γενικά, το μέγιστο πλήθος συνδυασμών που επιτυγχάνεται μέσω της Latin Hypercube Sampling για  $N$  μεταβλητές και  $M$  διαστήματα διαχωρισμού δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\left(\prod_{n=0}^{M-1} (M - n)\right)N-1 = (M!)N-1$$

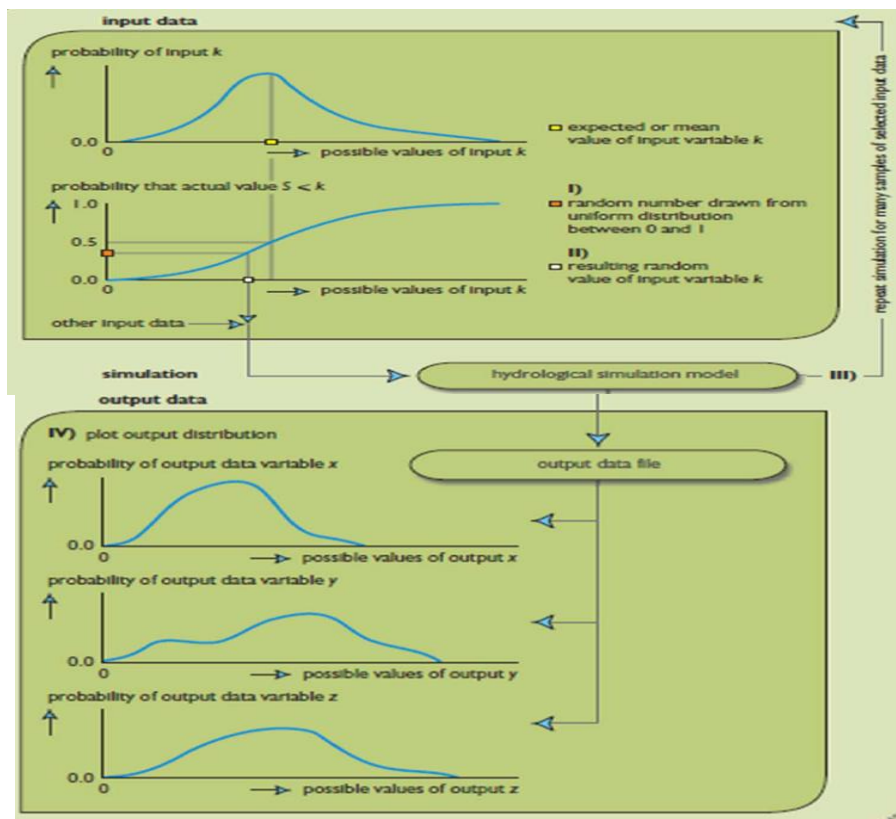
Για παράδειγμα, για  $N=4$  και  $M=2$  παράγονται 24 συνδυασμοί, ενώ για  $N=4$  και  $M=3$  παράγονται 576 συνδυασμοί.

Η πιθανότητα  $P$  για κάθε ένα από τους  $M$  πιθανούς συνδυασμούς που παράγονται από τη Latin Hypercube sampling για  $N$  αριθμό μεταβλητών είναι:

$$P = \left(\frac{1}{M}\right)^N$$



Σχήμα4.3α: Απεικόνιση της τεχνικής της Latin Hypercube sampling.



Σχήμα 4.38: Απεικόνιση της μεθόδου LHS.

#### 4.2.2 Παρουσίαση Σεναρίων

Στο σημείο αυτό, θα παρουσιαστούν γραφικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση για την παραγωγή των σεναρίων, με χρήση του προγράμματος Crystal Bal για την κατηγορία all ships.

Οι πίνακες που παρατίθενται κάτωθι συνοψίζουν τα χαρακτηριστικά των σεναρίων ενώ τα σχήματα απεικονίζουν τα σενάρια. Ο άξονας  $y$  είναι σε λογαριθμική κλίμακα. Στον άξονα  $x$  βρίσκονται οι 12 διαφορετικές μεταβλητές που έχουν επιλεγεί. Επίσης παρουσιάζονται και δύο παραδείγματα σεναρίων αμέσως μετά τα γραφήματα.

Οι πίνακες και τα σενάρια των κατηγοριών passenger ships, tanker ships, και cargo ships παρουσιάζονται στο παράρτημα Β.

**Πίνακας 4.1:** Στατιστική σύνοψη των αποτελεσμάτων των σεναρίων.

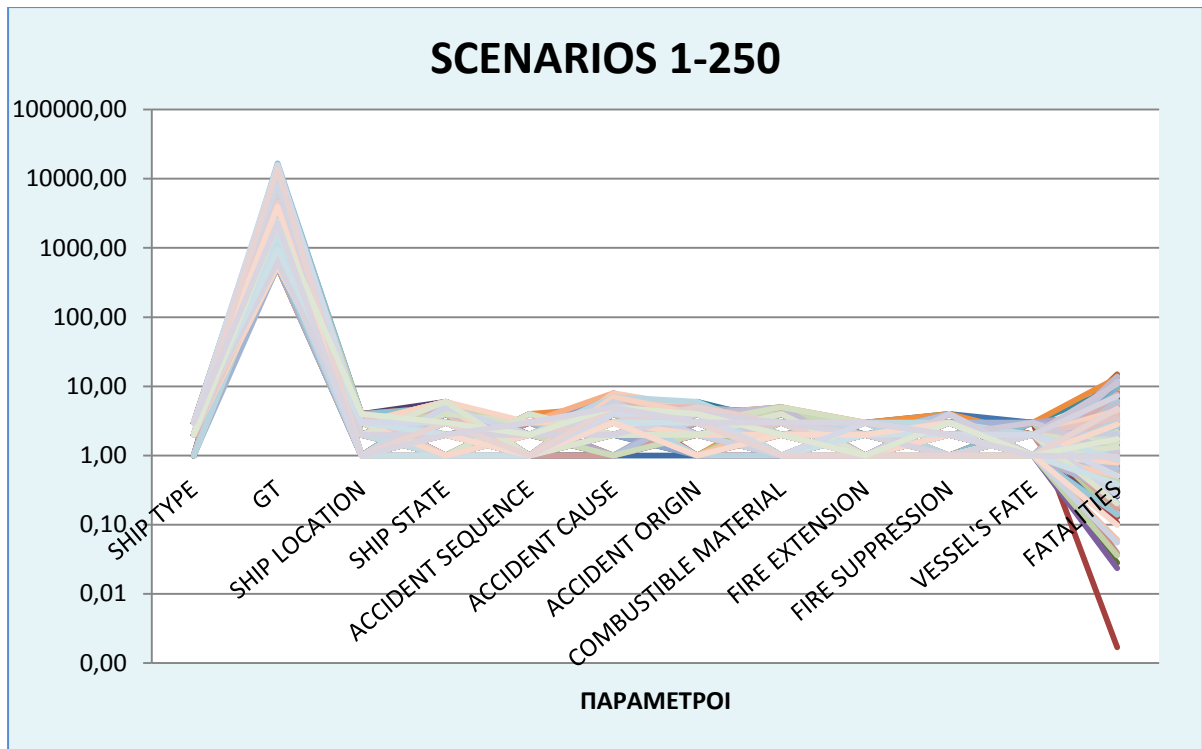
Statistics	Trials	Mean	Median	Std Deviation	Mean Std. Error
ACCIDENT CAUSE	1000	3,46	3,00	1,47	0,05
ACCIDENT ORIGIN	1000	3,12	3,00	1,18	0,04
ACCIDENT SEQUENCE	1000	1,59	1,00	0,72	0,02
COMBUSTIBLE MATERIAL	1000	2,19	2,00	1,05	0,03
FATALITIES	1000	2,37	1,64	2,36	0,07
FIRE EXTENSION	1000	1,56	1,00	0,70	0,02
FIRE SUPPRESSION	1000	1,95	2,00	0,85	0,03
GT	1000	3.383,35	2.202,40	3.336,95	105,52
SHIP LOCATION	1000	2,16	2,00	1,13	0,04
SHIP STATE	1000	2,55	2	1,596260645	0,050478194
SHIP TYPE	1000	2,479	3	0,638722919	0,020198192
VESSEL'S FATE	1000	1,519	1	0,637216639	0,020150559

**Πίνακας 4.2:** Εκατοστημόρια επί των παραμέτρων των σεναρίων.

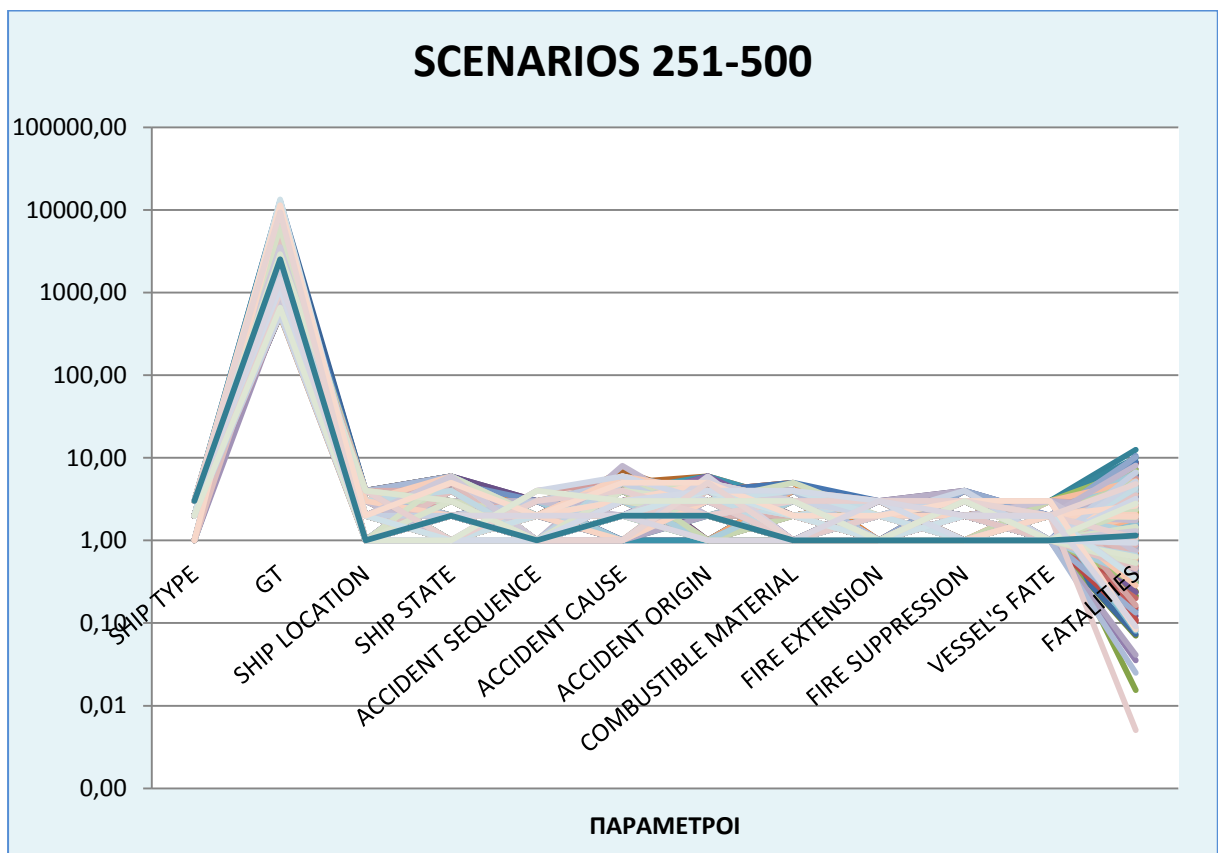
Percentiles	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
ACCIDENT CAUSE	1,0	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	5,00	8,00
ACCIDENT ORIGIN	1,0	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00
ACCIDENT SEQUENCE	1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	4,00
COMBUSTIBLE MATERIAL	1,0	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	6,00
FATALITIES	0,0	0,25	0,53	0,84	1,21	1,64	2,17	2,85	3,81	5,44	17,81
FIRE EXTENSION	1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00
FIRE SUPPRESSION	1,0	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00
GT	52 6	654	895	1228	1654	2202	2913	3875	5276	7702	25056
SHIP LOCATION	1,0	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	4,00
SHIP STATE	1,0	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	5,00	6,00
SHIP TYPE	1,0	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
VESSEL'S FATE	1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00

Μια ιδιότητα αυτής της μεθόδου είναι ότι έχουμε σε κάθε προσομοίωση μοναδικό συνδυασμό τιμών, δηλαδή σεναρίου. Πιο απλά, κάθε προσομοίωση είναι μοναδική. Στην πραγματοποίηση μιας προσομοίωσης με τις ίδιες μεταβλητές και με τον ίδιο αριθμό ισοπίθανων διαστημάτων το αποτέλεσμα θα είναι διαφορετικό, καθώς κάθε φορά επιλέγεται διαφορετική τιμή από κάθε ισοπίθανο διάστημα της κάθε μεταβλητής. Αυτό οδηγεί στη διαφορετικότητα του συνόλου των συνδυασμών που προκύπτει κάθε φορά.

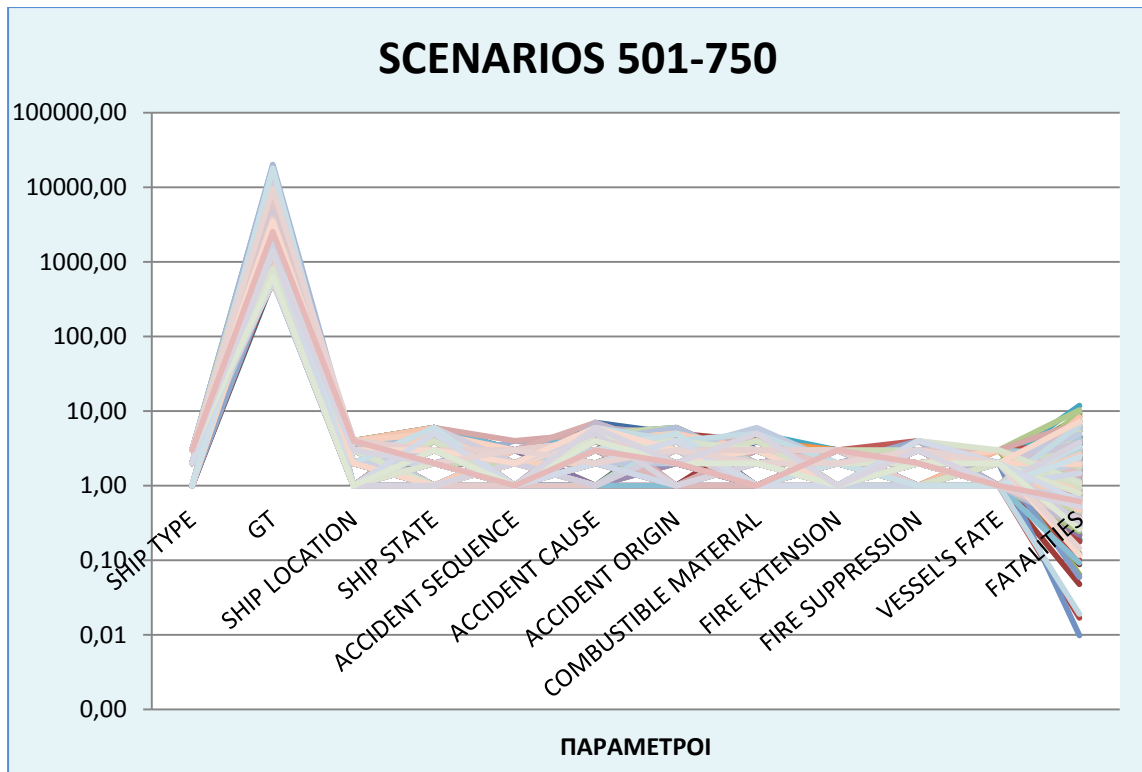




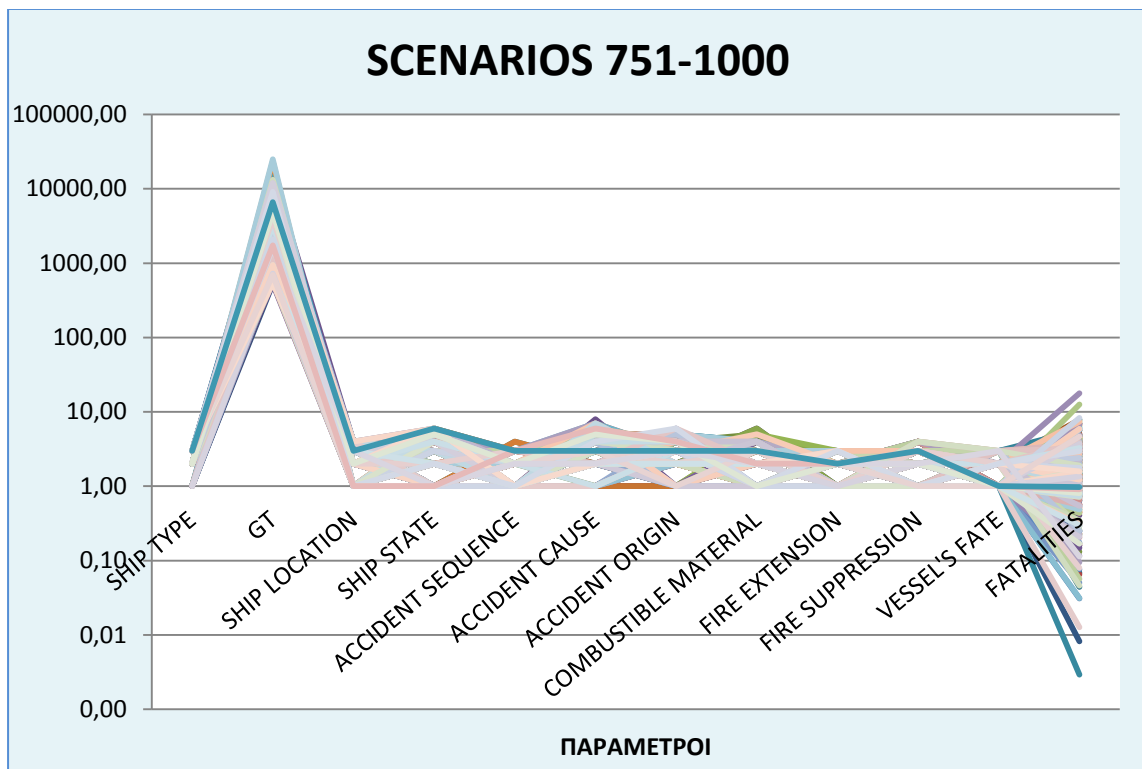
Σχήμα 4.4(α): Απεικόνιση Σεναρίων 1-250.



Σχήμα 4.4(β): Απεικόνιση Σεναρίων 251-500.



Σχήμα 4.4(γ):Απεικόνιση Σεναρίων 501-750.



Σχήμα 4.4(δ):Απεικόνιση Σεναρίων 750-1000.

Ακολουθούν δύο ενδεικτικά παραδείγματα σεναρίων:

**Πίνακας 4.3α:** Παράδειγμα σεναρίου.

<b>SHIP TYPE</b>	3,00	Cargo ship
<b>GT</b>	1974,2	1,974.2 GT
<b>SHIP LOCATION</b>	1,00	Port
<b>SHIP STATE</b>	2,00	Berthed
<b>ACCIDENT SEQUENCE</b>	3,00	Fire following an explosion
<b>ACCIDENT CAUSE</b>	5,00	Electrical fault
<b>ACCIDENT ORIGIN</b>	3,00	Engine room
<b>COMBUSTIBLE MATERIAL</b>	3,00	Electrical equipment
<b>FIRE EXTENSION</b>	3,00	Total Extension
<b>FIRE SUPPRESSION</b>	2,00	Crew
<b>VESSEL'S FATE</b>	3,00	Burnt out completely
<b>FATALITIES</b>	4	4 fatalities

**Πίνακας 4.3β:** Παράδειγμα σεναρίου.

<b>SHIP TYPE</b>	2,00	Tanker
<b>DWT</b>	6025,99	6,025.99 dwt
<b>SHIP LOCATION</b>	3,00	Coastal Waters
<b>SHIP STATE</b>	3,00	Under Repair
<b>ACCIDENT SEQUENCE</b>	1,00	Fire
<b>ACCIDENT CAUSE</b>	4,00	Machinery fault
<b>ACCIDENT ORIGIN</b>	3,00	Engine room
<b>COMBUSTIBLE MATERIAL</b>	2,00	Oil & gases
<b>FIRE EXTENSION</b>	2,00	No Extension
<b>FIRE SUPPRESSION</b>	2,00	Crew
<b>VESSEL'S FATE</b>	1,00	Repaired
<b>FATALITIES</b>	1	1 fatality

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Η ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ©SOLEARN

Η ιδέα για την ανάπτυξη μιας ηλεκτρονικής πλατφόρμας εκπαίδευσης στους κανονισμούς πυρασφάλειας της Solas, υλοποιήθηκε με τη σχεδίαση της διαδικτυακής εφαρμογής ©SOLEARN.

Στο παρόν κεφάλαιο, θα γίνει αναφορά στο εργαλείο σχεδίασης, το Joomla. Θα παρουσιαστεί η πλατφόρμα και οι λειτουργίες της, καθώς και τα βασικά της στοιχεία που όπως έχει προαναφερθεί είναι τα quiz και τα scenarios.

#### 5.1 Το εργαλείο σχεδίασης Joomla

Η δημιουργία της ©SOLEARN έγινε μέσω του προγραμματιστικού περιβάλλοντος της Joomla που ειδικεύεται για σχεδίαση διαδικτυακών εφαρμογών και ιστοτόπων.

Το Joomla είναι ένα βραβευμένο σύστημα διαχείρισης περιεχομένου-content management system (CMS), το οποίο προσφέρει τη δυνατότητα κατασκευής ιστοσελίδων και ισχυρών online εφαρμογών. Ανάμεσα στα πολλά πλεονεκτήματα της, η ευκολία της χρήσης, η επεκτασιμότητα, καθώς και η ευελιξία, έχουν συνδράμει στο να είναι το Joomla το πιο δημοφιλές λογισμικό ανάπτυξης διαδικτυακών εφαρμογών στο διαδίκτυο. Το σημαντικότερο έγκειται στο γεγονός ότι η Joomla παρέχεται δωρεάν και διαθέσιμη για όλους.

Ένα σύστημα διαχείρισης περιεχομένου-content management system (CMS) είναι το λογισμικό που παρακολουθεί το κάθε κομμάτι του περιεχομένου στην ιστοσελίδα ή τη διαδικτυακή εφαρμογή, και τα ταξινομεί ακριβώς όπως και μια τοπική δημόσια βιβλιοθήκη παρακολουθεί τα βιβλία και τα αποθηκεύει ταξινομημένα. Το περιεχόμενο μπορεί να είναι ένα απλό κείμενο, φωτογραφίες, μουσική, βίντεο, έγγραφα μέχρι ταινίες και παιχνίδια ή ό,τι άλλο μπορεί να φανταστεί κανείς. Σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης του CMS είναι ότι δεν απαιτεί ιδιαίτερες τεχνικές γνώσεις προγραμματισμού ή συστημάτων διαχείρισης.

Το Joomla έχει ευρεία χρήση σε ποικίλες εφαρμογές σε όλο τον κόσμο σε ισχυρές διαδικτυακές τοποθεσίες όλων των ειδών.Μερικά παραδείγματα παρατίθενται παρακάτω:

- Corporate Web sites or portals
- Corporate intranets and extranets
- Online magazines, newspapers, and publications
- E-commerce and online reservations
- Government applications
- Small business Web sites
- Non-profit and organizational Web sites
- Community-based portals
- School and church Web sites
- Personal or family homepages

Κάποια παραδείγματα ιστοτόπων και εφαρμογών των οποίων ο σχεδιασμός τους έγινε μέσω του Joomla:

- MTV Networks Quizilla (Social) [www.quizilla.com](http://www.quizilla.com)-(Σχ.5.1)
- IHOP (Restaurant chain) [www.ihop.com](http://www.ihop.com)
- Harvard University (Educational) <http://gsas.harvard.edu>-(Σχ.5.2)
- Citibank (Financial institution intranet) Not publicly accessible
- The Green Maven (Eco-resources) [www.greenmaven.com](http://www.greenmaven.com)-(Σχ.5.3)
- Outdoor Photographer(Magazine) [www.outdoorphotographer.com](http://www.outdoorphotographer.com)
- PlayShakespeare.com (Cultural) [www.playshakespeare.com](http://www.playshakespeare.com)
- Senso Interiors (Furniture design) [www.sensointeriors.co.za](http://www.sensointeriors.co.za)

**QUIZ OF THE DAY**

**What kind of theatre kid are you?**

*Do you enjoy being in plays and musicals? Do you live for being in plays and musicals? Then this is the quiz for you!*

**FIND OUT NOW!**

Quiz created by milliehesgirl

**LOG IN**

username  [Forgot Password?](#)  
password   or [Register](#)  
 Remember Me

**THE ULTIMATE LIST** | TOP RATED | MOST POPULAR | NEWEST

The best quizzes and tests as chosen by our moderators. Updated daily!

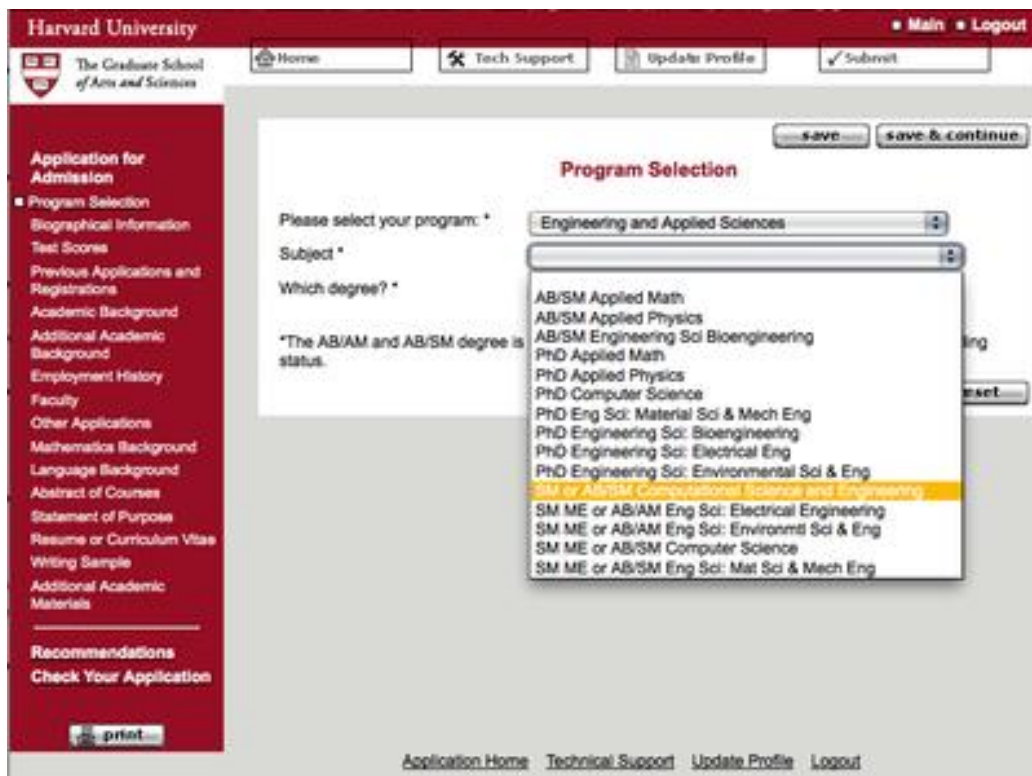
Type	Title	Author	Published	Viewed	Rating
quiz	What kind of theatre kid are you?	milliehesgirl	06/29/2010	28,198	☆☆☆☆☆
quiz	What is your signature style?	pretygirl4770	06/28/2010	40,195	☆☆☆☆☆
quiz	What Summer Snack Are You?	QueenQuizilla22	06/24/2010	26,343	☆☆☆☆☆
quiz	Are you love struck?	orcetrainer1321	06/22/2010	53,260	☆☆☆☆☆
quiz	How Unique Are You???	SpaghettiTaco2014	06/21/2010	50,361	☆☆☆☆☆
quiz	What fashion accessory should you try out this Summer?	o0-Bubbles-0o	01/05/2005	36,918	☆☆☆☆☆

**Internet Explorer 8 has blocked 1000 malware attacks worldwide.**

**GOT AN IDEA? GET STARTED!**

Quiz

Σχ.5.1: Παράδειγμα του ιστοτόπου [www.quizilla.com](http://www.quizilla.com) από το Joomla.



Σχ.5.2: Παράδειγμα του ιστότοπου <http://gsas.harvard.edu> από το Joomla.



Σχ.5.3: Παράδειγμα του ιστότοπου [www.greenmaven.com](http://www.greenmaven.com) από το Joomla.

## 5.2 Οι λειτουργίες της ©SOLEARN

Στο σημείο αυτό θα παρουσιαστεί με εικόνες η εφαρμογή που αναπτύχθηκε. Αρχικά στην είσοδο της εφαρμογής εμφανίζεται η σελίδα του About ως αρχική, καθώς και το μενού με όλες τις καρτέλες/επιλογές. Να σημειωθεί ότι, για να μπορεί ο χρήστης να κάνει τα quiz και τα scenarios, είναι απαραίτητο να κάνει εγγραφή στον ιστότοπο δημιουργώντας δικό του λογαριασμό.

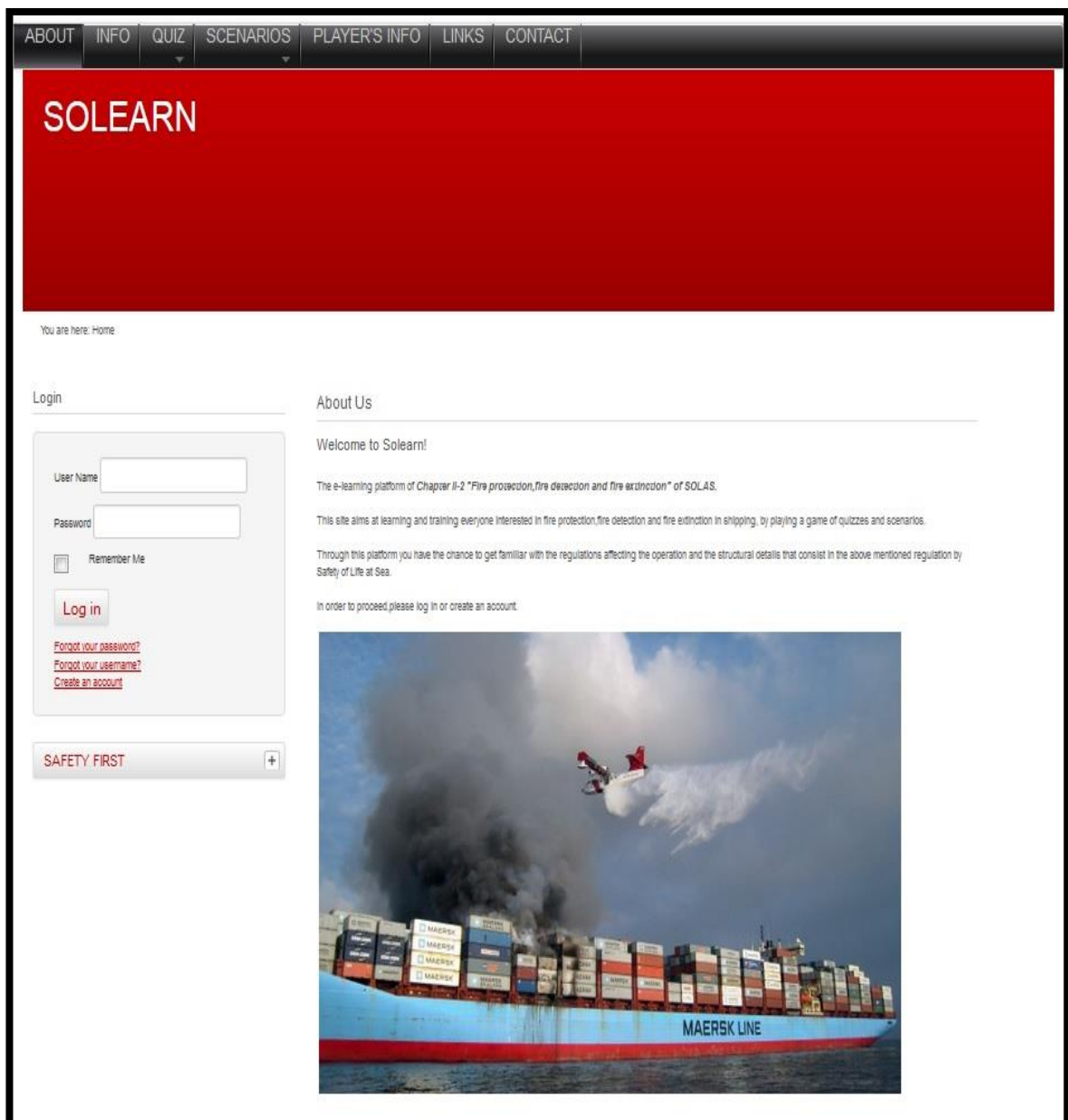
Οι διαθέσιμες καρτέλες/επιλογές της εφαρμογής είναι:

- About
- Info
- Quiz
- Scenarios
- Player's info
- Links
- Contact

### 5.2.1 About

Εδώ γίνεται ενημέρωση του επισκέπτη για τον σκοπό και το περιεχόμενο της εφαρμογής. Σε περίπτωση που ενδιαφέρεται να συνεχίσει θα πρέπει να κάνει εγγραφή με τα στοιχεία του, αν έχει ήδη λογαριασμό, ή αν μπαίνει για πρώτη φορά, να δημιουργήσει έναν καινούριο λογαριασμό.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η σελίδα του About που είναι και η αρχική σελίδα της εφαρμογής, καθώς και το πλαίσιο που υπάρχει στο παραπλεύρως, όπου μπορεί ο χρήστης να κάνει εγγραφή, ή δημιουργία νέου λογαριασμού. Επίσης στην μπάρα του μενού εμφανίζονται όλες οι επιλογές για τις υπόλοιπες σελίδες.



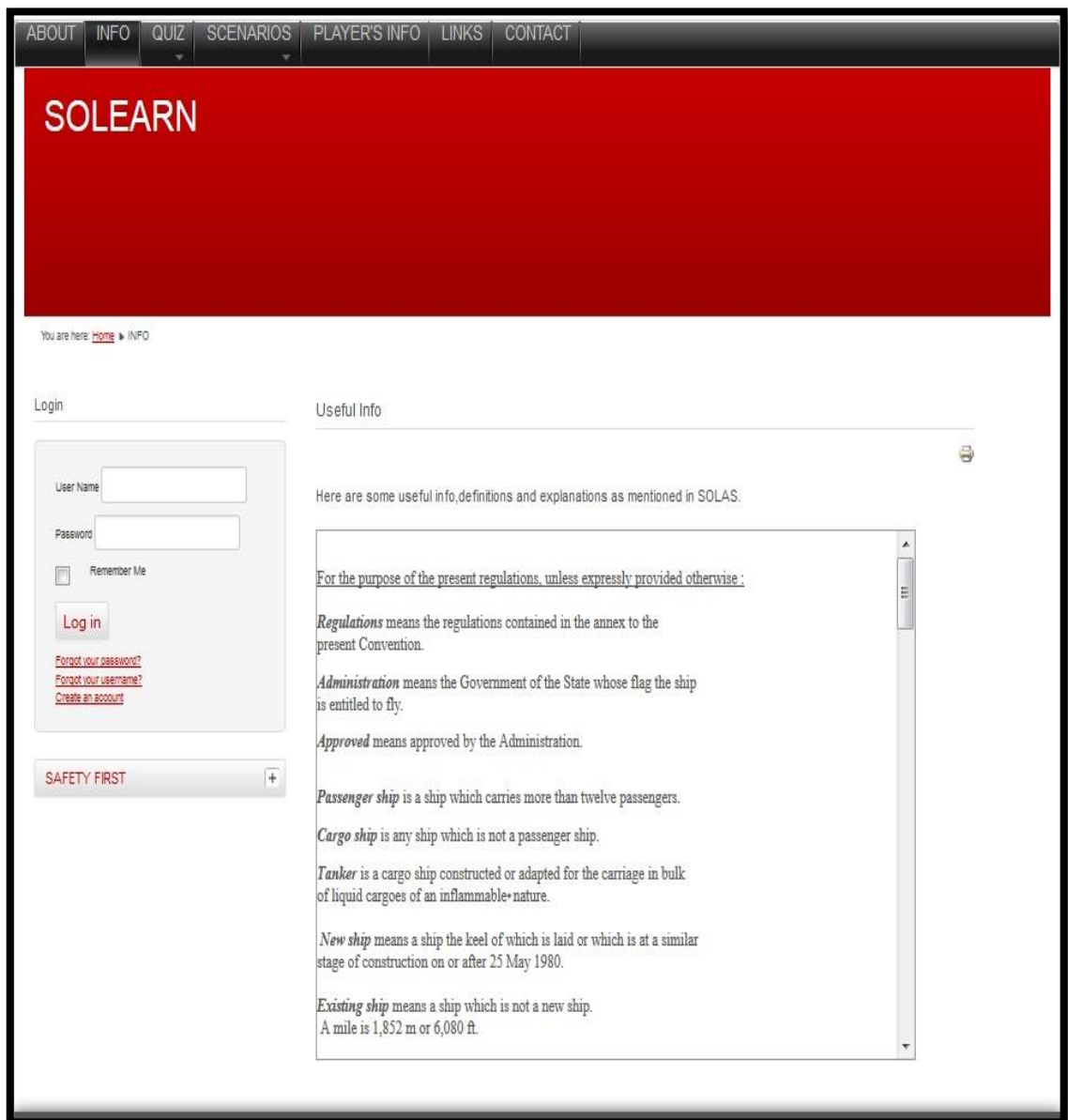
Σχ.5.4: Στιγμιότυπο της εφαρμογής στη σελίδα About.

## 5.2.2 Info

Στη σελίδα Info παρατίθενται σημαντικές πληροφορίες και χρήσιμες επεξηγήσεις για τους όρους, την εφαρμογή και τις εξαιρέσεις που υπάρχουν στον κανονισμό του Ch.II-2 της Solas. Για τη σωστή ενημέρωση του επισκέπτη και αποφυγή ανακρίβειών έχει παρατεθεί αυτούσιο το κείμενο της Solas.

Κατωτέρω η σελίδα του Info στην οποία έχει γίνει σχεδιασμός της λειτουργίας κυλιόμενης μπάρας-scroll bar για να είναι πιο εύχρηστο και ευανάγνωστο το περιεχόμενο του κειμένου.





Σχ.5.5: Στιγμιότυπο της εφαρμογής στη σελίδα Info.

### 5.2.3 Create an account

Πριν προχωρήσουμε στις άλλες σελίδες της εφαρμογής, θα δούμε τη λειτουργία της δημιουργίας ενός νέου λογαριασμού, ώστε να μπορεί ο χρήστης να κάνει στη συνέχεια το quiz και τα scenarios.

Όπως φαίνεται και από τις προηγούμενες εικόνες, στο πλαινό χώρο της σελίδας υπάρχει ένα πλαίσιο για να γίνει είτε εγγραφή ενός χρήστη που έχει ήδη λογαριασμό, είτε η δημιουργία ενός νέου λογαριασμού. Παρατηρείται ότι, στην παρακάτω εικόνα, τα ζητούμενα πεδία όταν πατήσουμε το σύνδεσμο “create an account” είναι:

- Name
- username
- password
- Confirm password
- Email Address
- Confirm email Address

The screenshot shows the SOLEARN website's user registration interface. At the top, there is a navigation menu with links for ABOUT, INFO, QUIZ, SCENARIOS, PLAYER'S INFO, LINKS, and CONTACT. Below the menu is a large red banner with the word "SOLEARN" in white. Underneath the banner, a breadcrumb trail reads "You are here: Home > PLAYER'S INFO". The main content area is divided into two sections: "Login" and "User Registration".

The "Login" section contains a form with fields for "User Name" and "Password", a "Remember Me" checkbox, and a "Log in" button. Below the login form are links for "Forgot your password?", "Forgot your username?", and "Create an account".

The "User Registration" section contains a form with the following fields and values:

- Name: \* Required field, value: ioannis
- Username: \*, value: ioannis
- Password: \*, value: ●●●●●●
- Confirm Password: \*, value: ●●●●●●
- Email Address: \*, value: ioannisntua@gmail.com
- Confirm email Address: \*, value: ioannisntua@gmail.com

At the bottom of the registration form, there is a "Register" button and a "Cancel" link. A "SAFETY FIRST" button with a plus sign is also visible below the login form.

Σχ.5.6: Στιγμιότυπο της εφαρμογής στο σύνδεσμο create an account.

Όταν έχουν συμπληρωθεί τα στοιχεία και γίνει εγγραφή, ο χρήστης λαμβάνει ενημερωτικό ηλεκτρονικό μήνυμα στη διεύθυνση που καταχώρησε. Εισάγοντας το όνομα χρήστη και τον κωδικό πρόσβασης, μπορεί πλέον να γίνει χρήση και περιήγηση στο εκπαιδευτικό μέρος της εφαρμογής.

#### 5.2.4 Quiz

Το «παιχνίδι» με το τεστ ερωτήσεων-quiz συναντάται σε αυτή την σελίδα. Ένα σύνολο δεκαπέντε(15) ερωτήσεων με απαντήσεις πολλαπλής επιλογής απαρτίζουν το κάθε quiz.

Το σύνολο των quiz είναι τέσσερα, ένα για κάθε κατηγορία που έχουμε χωρίσει την πληροφορία. Η βάση δεδομένων των ερωτήσεων αποτελείται συνολικά από 35 ερωτήσεις στην κατηγορία All ships, ενώ στις υπόλοιπες από 30, από τις οποίες κάθε φορά που διενεργείται το κάθε quiz, γίνεται τυχαία επιλογή 15 ερωτήσεων.

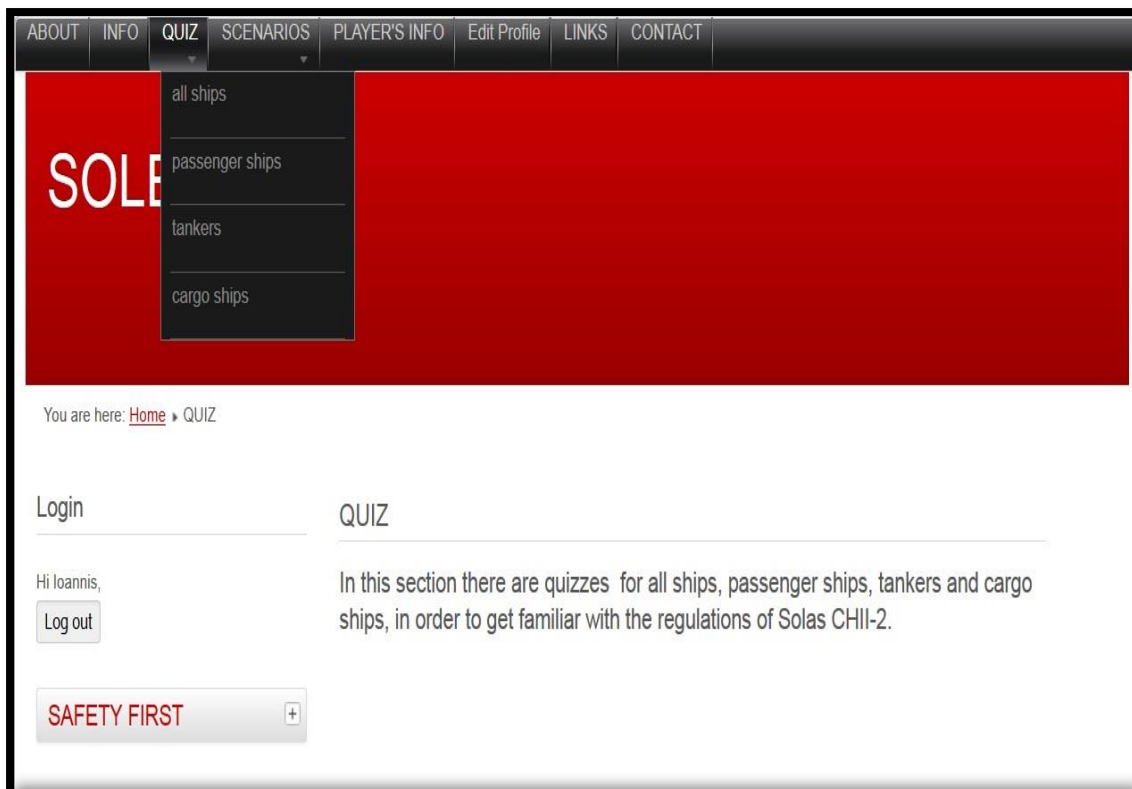
Στην επιλογή της σελίδας Quiz, και περνώντας το ποντίκι πάνω από το σύνδεσμο, εμφανίζονται οι παρακάτω επιλογές:

- All ships
- Passenger ships
- Tankers
- Cargo ships

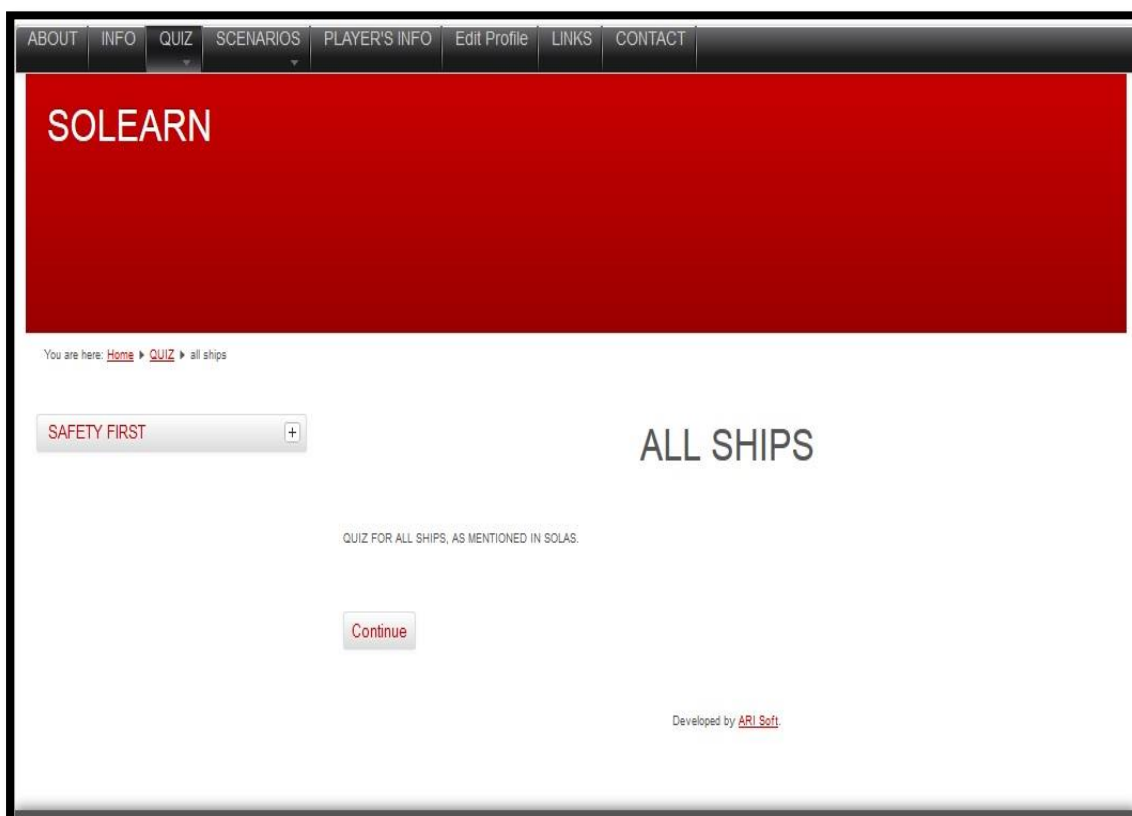
Στο περιβάλλον του quiz υπάρχει, πάνω από το περιθώριο της ερώτησης, μία μπάρα που σταδιακά συμπληρώνεται όσο εξελίσσεται η απάντηση των ερωτήσεων. Επίσης υπάρχει πάνω δεξιά από το πλαίσιο της ερώτησης, αντίστροφη μέτρηση του χρόνου που μπορεί κάποιος να εκτελέσει το κάθε τεστ. Ένας λογικός χρόνος εκτιμάται ότι είναι περίπου τα 2 λεπτά για κάθε ερώτηση. Άρα ο συνολικός χρόνος του κάθε quiz είναι 30 λεπτά. Να αναφερθεί ότι οι μονάδες μέτρησης είναι σε δευτερόλεπτα. Επιπροσθέτως υπάρχει η επιλογή για αναβολή(skip) της ερώτησης, η οποία επανεμφανίζεται ως τελευταία.

Κατά την ολοκλήρωση του quiz εμφανίζεται ένας πίνακας αποτελεσμάτων, στον οποίον εμφανίζεται το ποσοστό επιτυχίας,- έχει οριστεί ως «επιτυχές» το 70% (που ισούται με 11 σωστές απαντήσεις στο σύνολο των 15 ερωτήσεων)-, το σύνολο των σωστών απαντήσεων X/15, ο χρόνος που χρειάστηκε για την εκτέλεση και η ημερομηνία που έγινε το τεστ.

Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα των ερωτήσεων με τα στιγμιότυπα από διάφορες φάσεις κατά την εξέλιξη ενός quiz. Παρουσιάζεται επίσης και ο πίνακας των αποτελεσμάτων, για να έχουμε μια οπτική απεικόνιση των προαναφερθέντων.



Σχ.5.7: Στιγμιότυπο της εφαρμογής στο σύνδεσμο Quiz.



Σχ.5.8: Στιγμιότυπο της εφαρμογής στο σύνδεσμο Quiz for all ships.

ABOUT INFO QUIZ SCENARIOS PLAYER'S INFO LINKS CONTACT

# SOLEARN

You are here: [Home](#) » [QUIZ](#) » all ships

SAFETY FIRST +

ALL SHIPS Remaining Time : 1782

Completed

**Question** For the on-board training:

Choice 1  a compact disc with all the illustrated instructions shall be on board.

Choice 2  a training manual shall be in engine control room.It shall be written in English.

Choice 3  a training manual shall be in each crew mess room and recreation room or in each crew cabin.It shall be written in the working language of the ship.

Save Skip

Question 1 of 15

Σχ.5.9: Παράδειγμα ερώτησης στο σύνδεσμο Quiz for all ships.

**Question** The fire safety objectives of the CH II-2 of SOLAS(2004) are to:

Choice 1  prevent the occurrence of fire and explosion, reduce the risk to life caused by fire, reduce the risk of damage caused by fire to the ship, its car and the environment

Choice 2  contain, control and suppress fire and explosion in the compartment of origin, provide adequate and readily accessible means of escape for passengers and crew

Choice 3  all the above

Σχ.5.10: Παράδειγμα ερώτησης στο σύνδεσμο Quiz for all ships.

**Question**

For ships carrying dangerous goods, in this regulation, is indicated that whenever flammable or toxic liquids are carried the bilge pumping system shall be designed to protect against inadvertent pumping of such liquids through machinery space piping or pumps. The bilge line into the machinery space shall be:

- Choice 1  isolated by fitting a blank flange.
- Choice 2  isolated by a closed lockable valve.
- Choice 3  isolated either by fitting a blank flange or by a closed lockable valve.

Σχ.5.11: Παράδειγμα ερώτησης στο σύνδεσμο Quiz for all ships.

**Question**

As far as the arrangements for gaseous fuel for domestic purposes are concerned, the gaseous fuel systems used for domestic purposes shall be approved by the Administration, and also the storage of gas bottles shall be:

- Choice 1  located on the open deck or in a well ventilated space which opens only to the open deck.
- Choice 2  located on the open deck or in a machinery space which is well ventilated.
- Choice 3  located only on the open deck.

Σχ.5.12: Παράδειγμα ερώτησης στο σύνδεσμο Quiz for all ships.

**Question**

Fire extinguishers shall be situated ready for use at easily visible places, which can be reached quickly and easily at any time in the event of a fire, and in such a way that their service ability is not impaired by the weather, vibration or other external factors. In addition:

- Choice 1  Portable fire extinguishers shall be provided with devices which measure the external temperature.
- Choice 2  Portable fire extinguishers shall be provided with devices which indicate the quantity of the content.
- Choice 3  Portable fire extinguishers shall be provided with devices which indicate whether they have been used.

Σχ.5.13: Παράδειγμα ερώτησης στο σύνδεσμο Quiz for all ships.

**Question**

For the on-board training:

- Choice 1  a compact disc with all the illustrated instructions shall be on board.
- Choice 2  a training manual shall be in engine control room. It shall be written in English.
- Choice 3  a training manual shall be in each crew mess room and recreation room or in each crew cabin. It shall be written in the working language of the ship.

Σχ.5.14: Παράδειγμα ερώτησης στο σύνδεσμο Quiz for all ships.

ABOUT INFO QUIZ SCENARIOS PLAYER'S INFO Edit Profile LINKS CONTACT

# SOLEARN

You are here: [Home](#) ▶ [QUIZ](#) ▶ all ships

SAFETY FIRST +

Dear, Ioannis! You have not passed quiz 'ALL SHIPS'.

Quiz Result	
Result :	7 / 15
Percentage :	46.67 %
Passed :	Not Passed
Start Date :	2014-02-27 17:28:52
End Date :	2014-02-27 17:29:44
Spent Time :	2 min 52 sec
Passed Percentage :	70.00 %

Σχ.5.15: Πίνακας αποτελεσμάτων κατά την ολοκλήρωση του Quiz for all ships.



### 5.2.5 Scenarios

Η παρούσα σελίδα αφορά το σύνδεσμο με τα σενάρια-scenarios. Αντίστοιχα με τα quizzes, έτσι και τα σενάρια, έχουν χωριστεί ανάλογα με την κατηγορία του πλοίου, ήδη από την προεργασία που παρουσιάστηκε αναλυτικά σε προηγούμενα κεφάλαια.

Τα scenarios όπως καλείται να τα αντιμετωπίσει ο χρήστης, βασίζονται και αυτά στη λογική της πολλαπλής επιλογής. Συγκεκριμένα παρατίθεται το σενάριο για ένα πλοίο με τρόπο περιγραφικό, κάνοντας αναφορά σε όλες τις παραμέτρους που το δημιούργησαν (με τον τρόπο που αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο). Ύστερα ο χρήστης καλείται να επιλέξει 3 από τις 6 δυνατές επιλογές/ενέργειες, που θα συνέβαλαν είτε στην πρόληψη του συμβάντος, είτε στην καλύτερη αντιμετώπισή του για την ελαχιστοποίηση των συνεπειών.

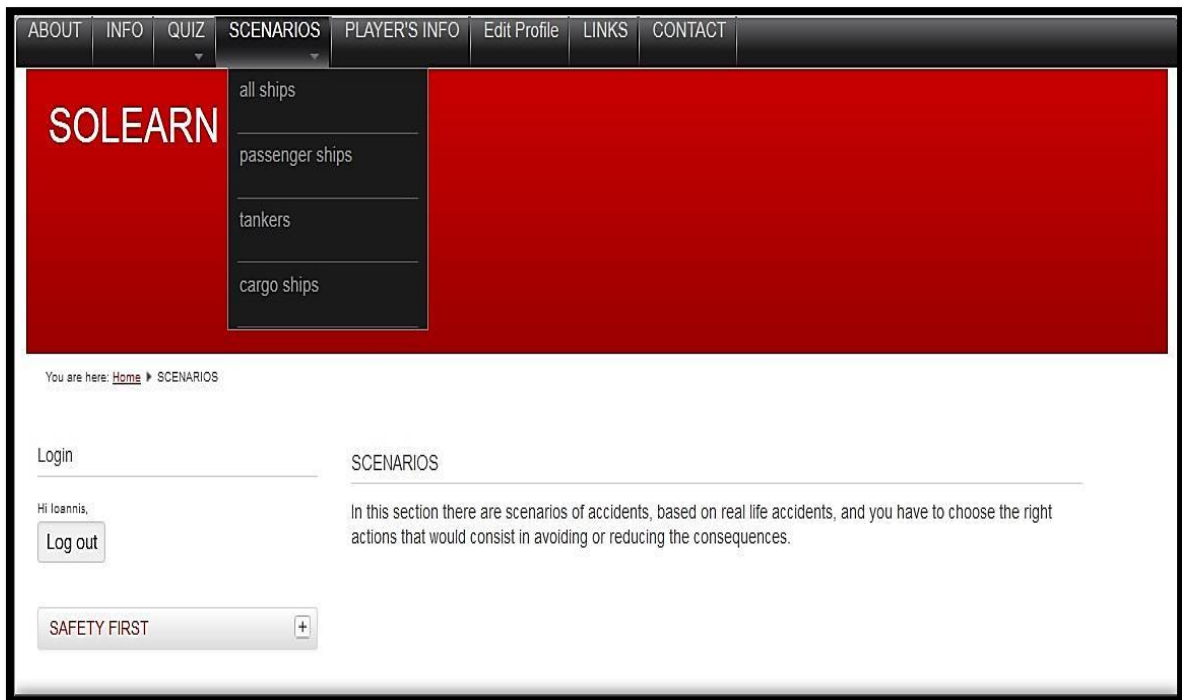
Το σύνολο των δυνατών σεναρίων που έχει παραχθεί είναι 1000 για κάθε κατηγορία. Όπως είναι εύκολα αντιληπτό είναι αδύνατο στα πλαίσια αυτής της εργασίας, να δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων 4000 σεναρίων με 6 επιλογές στο κάθε ένα σενάριο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, όπως και σε όλες τις εταιρίες ανάπτυξης εφαρμογών υπάρχει ομάδα ανθρώπων που εργάζεται αποκλειστικά στον τομέα κατασκευής βάσης δεδομένων-database construction που κατόπιν, θα χρησιμοποιηθεί από την ομάδα προγραμματιστών.

Εντούτοις η βάση δεδομένων των σεναρίων αποτελείται συνολικά από 2 ενδεικτικά σενάρια σε κάθε κατηγορία. Σε κάθε σενάριο υπάρχουν τα χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν για το quiz.

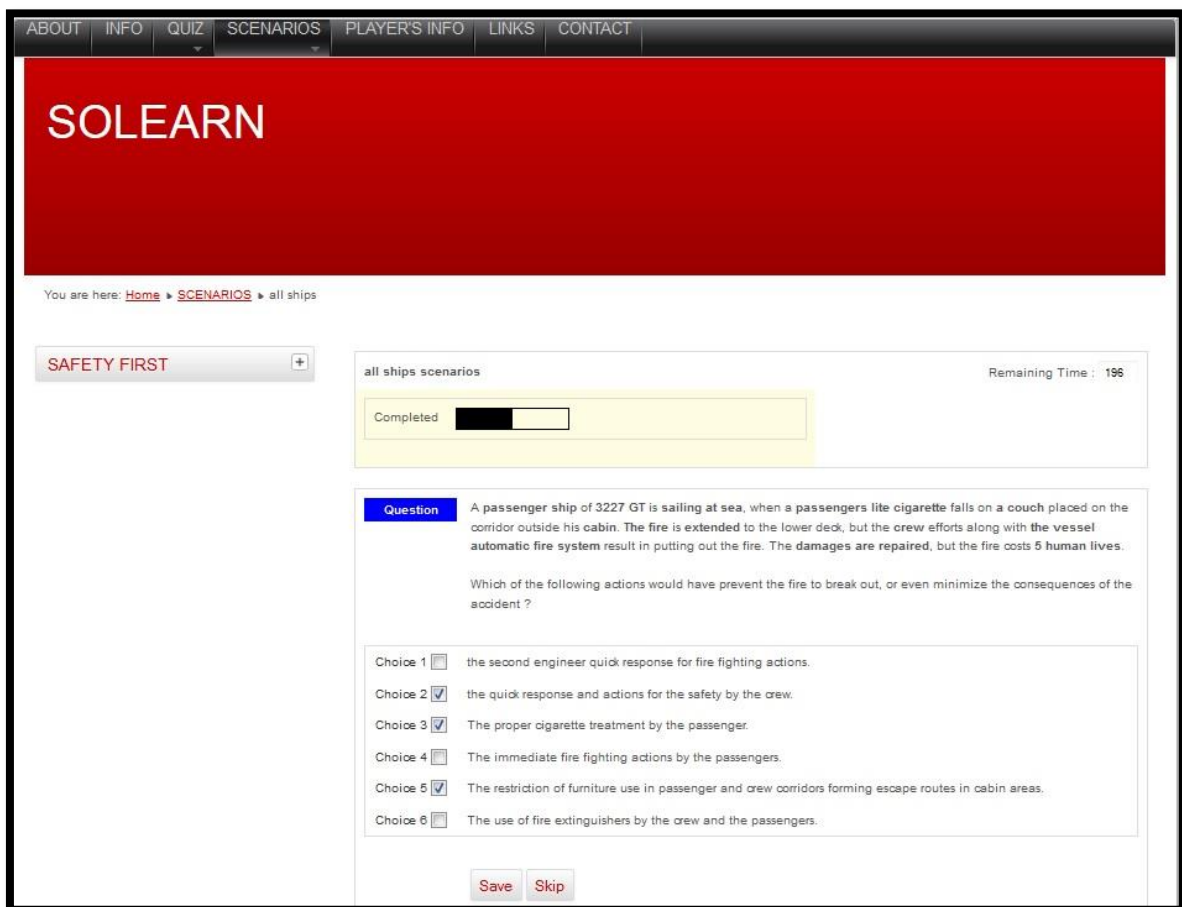
Στην επιλογή της σελίδας Scenarios, και περνώντας πάνω από το σύνδεσμο το ποντίκι, εμφανίζονται οι παρακάτω επιλογές:

- All ships
- Passenger ships
- Tankers
- Cargo ships

Για να έχουμε μια καλύτερη εικόνα, παραδείγματα με στιγμιότυπα από τη σελίδα των scenarios παρατίθενται κατωτέρω.



Σχ.5.16: Στιγμιότυπο από την εφαρμογή στο σύνδεσμο Scenarios.



Σχ.5.17: Στιγμιότυπο από ερώτηση στο σύνδεσμο Scenarios for all ships.

**Question** As a cargo ship of 1739GT is sailing at sea, a fire breaks out due to flammable oil leakages in engine room. The crew is attempting for the fire suppression, but, although the fire is not extended in other departments, it causes damages beyond economical repair, and it also costs two human losses.

Which of the following actions would have prevent the fire to break out, or even minimize the consequences of the accident ?

Choice 1  the proper maintenance of the piping, especially of the piping for fuel and lubricant oil.

Choice 2  the quick response and actions for the safety by the crew.

Choice 3  the use of Vhs and radio equipment.

Choice 4  the proper monitoring of the engine room the time of the accident.

Choice 5  the immediate stoppage of the main engine automation system.

Choice 6  the immediate escape.

Save Skip

Σχ.5.18α: Παράδειγμα από το σύνδεσμο Scenarios for cargo ships.

**Question** A tanker ship of 970 GT is sailing in coastal waters, when a fire follows an explosion in the crankshaft chamber due to a pressure alarm malfunction. The crew evacuates but one member of the crew losses his life. The fire is not extended, but the vessel is beyond economical repair.

Which of the following actions would have prevent the fire to break out, or even minimize the consequences of the accident ?

Choice 1  The immediate closure of the engine room fire dampers.

Choice 2  the quick response of the chief engineer.

Choice 3  the quick response and actions for the safety by the crew.

Choice 4  The proper maintenance of the main engine alarm systems and automation.

Choice 5  The use of non combustibile materials in the engine room.

Choice 6  the immediate escape.

Save Skip

Σχ.5.18β: Παράδειγμα από το σύνδεσμο Scenarios for all ships.

Question

A passenger ship of 3227 GT is sailing at sea, when a passengers lite cigarette falls on a couch placed on the corridor outside his cabin. The fire is extended to the lower deck, but the crew efforts along with the vessel automatic fire system result in putting out the fire. The damages are repaired, but the fire costs 5 human lives.

Which of the following actions would have prevent the fire to break out, or even minimize the consequences of the accident ?

Choice 1  the second engineer quick response for fire fighting actions.

Choice 2  the quick response and actions for the safety by the crew.

Choice 3  The proper cigarette treatment by the passenger.

Choice 4  The immediate fire fighting actions by the passengers.

Choice 5  The restriction of furniture use in passenger and crew corridors forming escape routes in cabin areas.

Choice 6  The use of fire extinguishers by the crew and the passengers.

Σχ.5.18γ: Παράδειγμα από το σύνδεσμο Scenarios for all ships.

Στα παραπάνω παραδείγματα φαίνεται πως τα σενάρια παρουσιάζονται ως αλληλουχία γεγονότων και αιτιών που οδήγησαν σε συγκεκριμένα αποτελέσματα με τις ανάλογες επιπτώσεις. Η επιλογή ανάμεσα σε όλες τις δυνατές ενέργειες, είτε πρόληψης είτε αντιμετώπισης του συμβάντος, στηρίζεται σε απλά, αλλά βασικά μέτρα και αρχές που εξοικειώνουν τον χρήστη με το πνεύμα των κανόνων της πυρασφάλειας. Στο σημείο αυτό, να αναφερθεί ότι τα τεστ των scenarios και των quizzes έχει ως σκοπό την εκμάθηση και όχι την εξέταση στη γνώση των κανονισμών. Με το κριτήριο αυτό οι ερωτήσεις και τα σενάρια είναι δομημένα με τέτοιο τρόπο ώστε ο χρήστης σε κάθε ερώτηση να οδηγείται τις περισσότερες φορές με την κοινή λογική στις σωστές απαντήσεις κατανοώντας βασικές ρυθμίσεις για την πυρασφάλεια των πλοίων.

## 5.2.6 Player's info

Ο σύνδεσμος με τα στοιχεία του εγγεγραμμένου χρήστη. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, κατά την εγγραφή του ο χρήστης εισάγει όνομα-name, όνομα χρήστη-username, κωδικό-password και μια ηλεκτρονική διεύθυνση-email address.

Αν για οποιοδήποτε λόγο, θέλει ο χρήστης να δει τα στοιχεία του, ή και να τα επεξεργαστεί, ή να τα αλλάξει έχει τη δυνατότητα μέσα από αυτήν την καρτέλα. Επίσης κατά την ολοκλήρωση της εγγραφής γίνεται αυτόματη αποστολή email στον χρήστη το οποίο περιέχει το username και το password του. Στην παρακάτω εικόνα, απεικονίζεται το στιγμιότυπο από τη σελίδα player's info.

ABOUT INFO QUIZ SCENARIOS **PLAYER'S INFO** LINKS CONTACT

# SOLEARN

You are here: [Home](#) > PLAYER'S INFO

Login

Hi Ioannis,  
[Log out](#)

SAFETY FIRST +

Edit Your Profile

Name: \*

Username: (optional)

Password: (optional)

Confirm Password: (optional)

Email Address: \*

Confirm email Address: \*

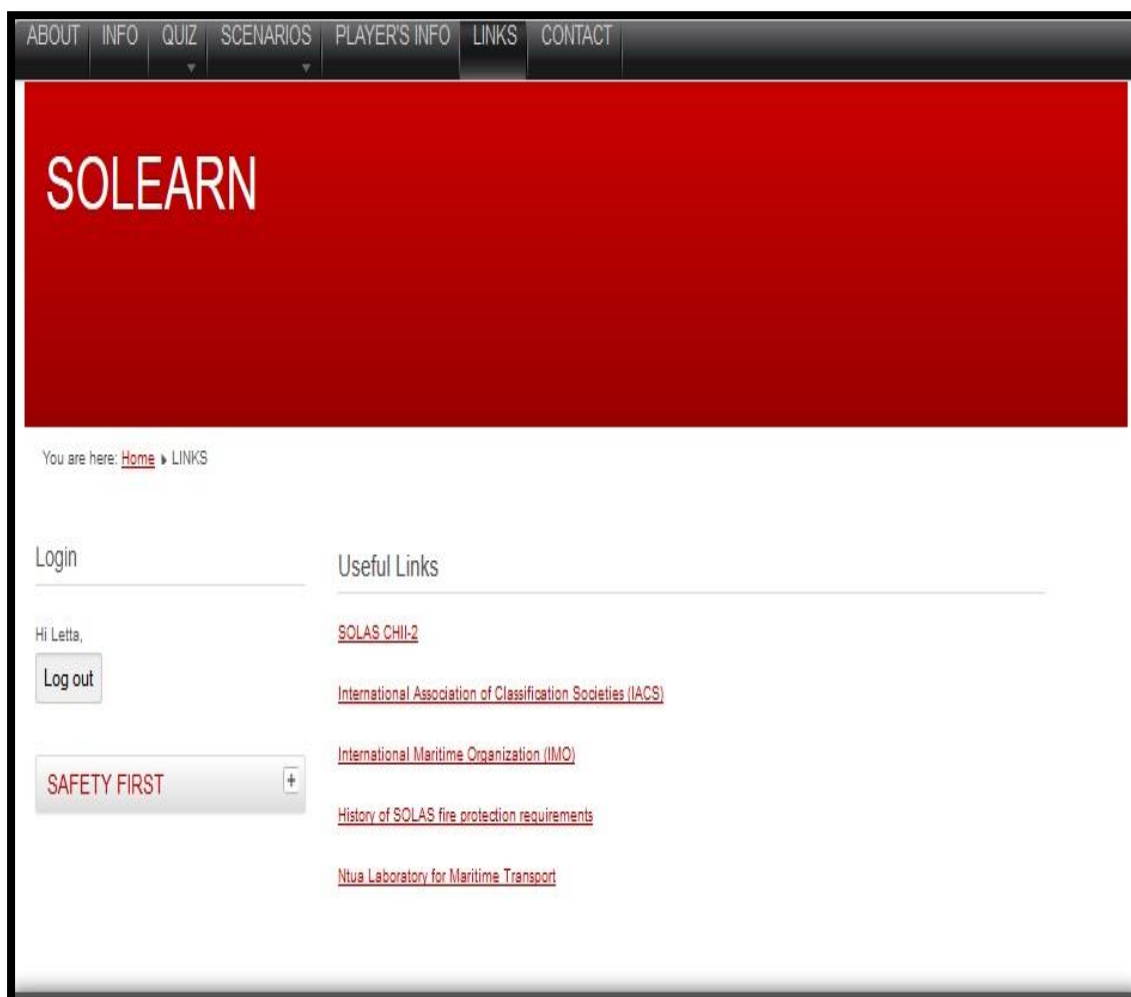
Σχ.5.19: Στιγμιότυπο από το σύνδεσμο Player's info.

## 5.2.7 Links

Για την οποιαδήποτε βοήθεια, σχετική αναφορά και τη διαμόρφωση πληρέστερης εικόνας για τους κανονισμούς στη ναυτιλία υπάρχει ο σύνδεσμος links, όπου παρατίθενται χρήσιμοι σύνδεσμοι για τις ιστοσελίδες του IMO, του IACS, του SOLAS CH.Π-2, καθώς και για την ιστορική αναφορά των κανονισμών πυρασφάλειας της SOLAS. Ακόμα υπάρχει η διεύθυνση του ιστότοπου του εργαστηρίου θαλασσιών μεταφορών.

Μέσα από τη σελίδα links ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ανατρέξει στους παραπάνω συνδέσμους για διευκρινίσεις, και τυχόν απορίες, μέσα από την ίδια εφαρμογή, ανά πάσα στιγμή. Ο κάθε ιστότοπος από τους προαναφερθέντες ανοίγει σε καινούρια καρτέλα στο διαδικτυακό πρόγραμμα περιήγησης του χρήστη.

Ακολουθεί η σχετική εικόνα με τις πληροφορίες του link.



Σχ.5.20: Στιγμιότυπο από το σύνδεσμο Links.

## 5.2.8 Contact

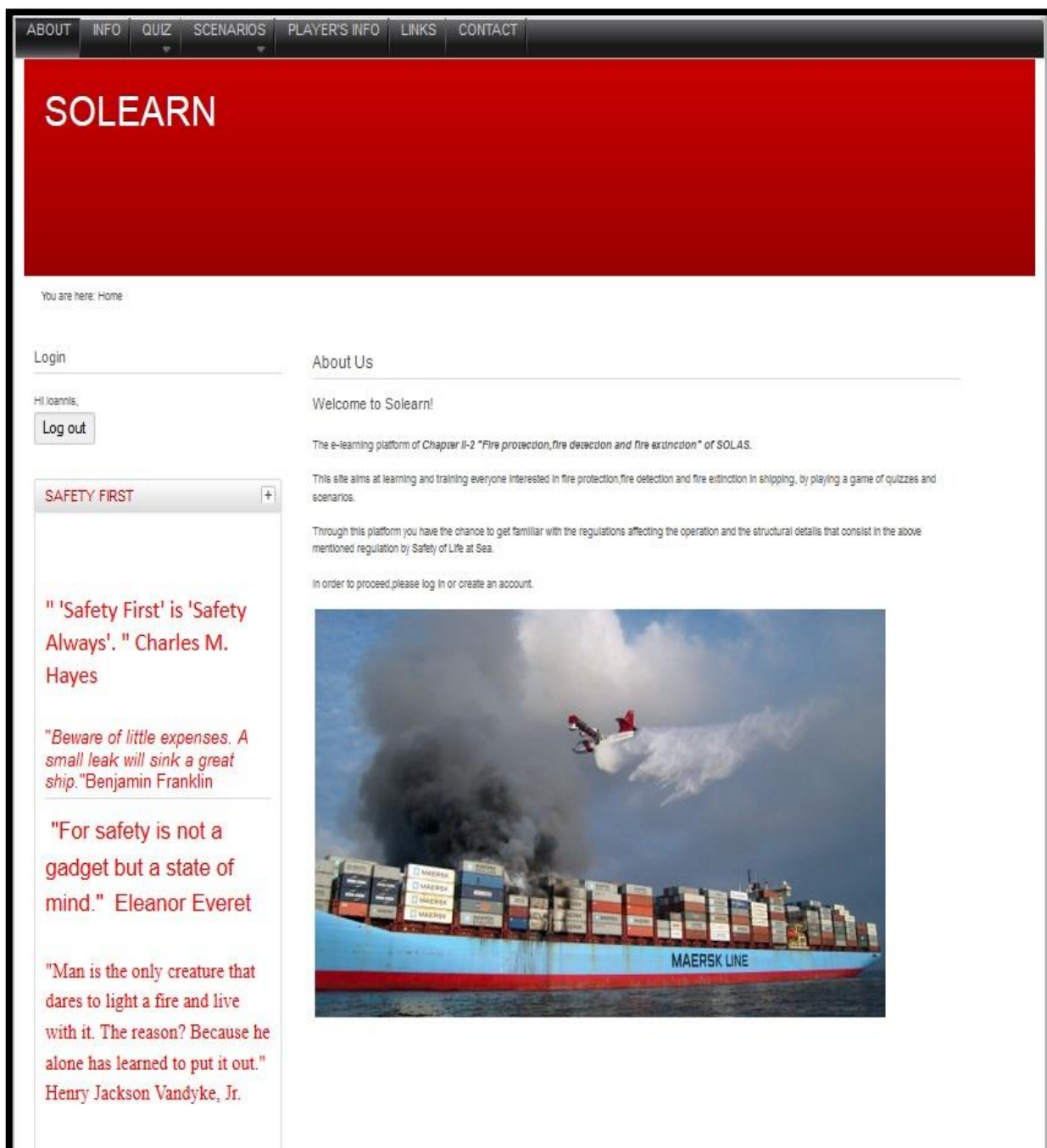
Η δυνατότητα επικοινωνίας με το διαχειριστή της εφαρμογής γίνεται μέσω του συνδέσμου [contact](#). Για την άντληση περισσότερων πληροφοριών, αλλά και για προτάσεις βελτίωσης της εφαρμογής, υπάρχει η ηλεκτρονική διεύθυνση [solearn.ntua@gmail.com](mailto:solearn.ntua@gmail.com).

Παρατίθεται η εικόνα από το σύνδεσμο [contact](#).



Σχ.5.21: Στιγμιότυπο από το σύνδεσμο Contact.

Στα στιγμιότυπα της εφαρμογής που έχουν παρατεθεί ως τώρα, υπάρχει αριστερά από το πλαίσιο του περιεχομένου του εκάστοτε συνδέσμου, μια μπάρα με τη φράση **SAFETY FIRST**, δηλαδή πρώτα η ασφάλεια. Αν πατηθεί ο σταυρός στο δεξιό άκρο της μπάρας, υπάρχει μια ευχάριστη έκπληξη, καθώς ανοίγει ένα πλαίσιο με αποφθέγματα για την ασφάλεια που έχουν ειπωθεί από ιστορικά πρόσωπα:



Σχ.5.22: Στιγμιότυπο από το άνοιγμα του SAFETY FIRST.



Τα αποφθέγματα που εμφανίζονται είναι τα παρακάτω:

*"Safety First is Safety Always."*

Charles M. Hayes

*"Beware of little expenses. A small leak will sink a great ship."*

Benjamin Franklin

*"For safety is not a gadget but a state of mind."*

Eleanor Everet

*"Man is the only creature that dares to light a fire and live with it. The reason? Because he alone has learned to put it out."*

Henry Jackson Vandyke, Jr.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά τη διαδικασία δημιουργίας της βάσης δεδομένων της εφαρμογής πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση, με στόχο την παραγωγή σεναρίων, σε δείγμα 258 πραγματικών ατυχημάτων πυρκαγιάς και εκρήξεων σε πλοία. Τα συμπεράσματα της ανάλυσης συνοψίζονται κατωτέρω:

- Όπως παρατηρήθηκε και στα ιστογράμματα των παραμέτρων, υπήρχαν αρκετά «άγνωστα» στοιχεία σχεδόν σε κάθε παράμετρο. Η έλλειψη πληροφοριών στις βάσεις δεδομένων καθιστά επιτακτική την ανάγκη για βελτίωση και εμπλουτισμό της πληροφορίας.
- Σχεδόν στο 85% των ατυχημάτων ο τύπος του ατυχήματος ήταν φωτιά χωρίς να επακολουθήσει έκρηξη ή το αντίστροφο.
- Τα περισσότερα ατυχήματα, σε ποσοστό 65%, αφορούν φορτηγά πλοία-cargo ships, παρά το γεγονός, ότι ίσως τα πιο υψηλής επικινδυνότητας θεωρούνται τα δεξαμενόπλοια, λόγω του είδους του φορτίου.
- Η πλειοψηφία των ατυχημάτων αφορά πλοία μεγέθους 1,000GT-5,000GT, ενώ η δεύτερη υψηλότερη συχνότητα ατυχημάτων (και πρώτη υψηλή στα επιβατηγά πλοία) συναντάται για πλοία μεγέθους 20,000GT-40,000GT.
- Τη στιγμή του ατυχήματος τα περισσότερα πλοία βρίσκονταν εν πλω.
- Οι βασικές παράμετροι στο δείγμα μας είναι το αίτιο, και η περιοχή έναυσης του ατυχήματος. Μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάζουν οι διαρροές, και αμέσως μετά οι εργασίες συγκόλλησης και οξυγονοκοπής στο μηχανοστάσιο. Αυτό δείχνει ανεπαρκές πρόγραμμα συντήρησης, δηλαδή αναποτελεσματικό PMS(Plan Maintenance System) της εταιρίας, καθώς και μη λήψη των απαραίτητων μέτρων πυρασφάλειας.
- Το υλικό της έναυσης στο 53% των περιπτώσεων είναι εύφλεκτα λάδια ή αέρια. Γεγονός που επιβεβαιώνει το προηγούμενο συμπέρασμα, ότι η μη λήψη των απαραίτητων μέτρων ασφαλείας κυριαρχεί ως αίτιο για την πρόκληση ατυχήματος πυρκαγιάς.
- Όσον αφορά την κατάληξη του πλοίου, μόνο το 4% των πλοίων του δείγματος κήκε ολοσχερώς ή βυθίστηκε από την πυρκαγιά, ενώ

σχεδόν όλα τα άλλα πλοία επισκευάστηκαν. Αυτό σημαίνει ότι τα μέσα και οι δράσεις για την καταπολέμηση και κατάσβεση της φωτιάς ήταν ως ένα βαθμό αποτελεσματικά, καθώς σχεδόν σε κάθε ατύχημα περιορίστηκε η επέκταση της φωτιάς.

- Για τις ανθρώπινες απώλειες ως συνέπεια των ατυχημάτων, παρατηρείται ότι στο 88% των περιπτώσεων δεν υπήρξε ούτε ένας νεκρός ή αγνοούμενος. Συμπεραίνεται ότι η ψυχραιμία, η σωστή αντιμετώπιση και η λήψη των απαραίτητων μέτρων και δράσεων στο ξέσπασμα της πυρκαγιάς κυριαρχούν πλέον στα πληρώματα και στους επιβαίνοντες των πλοίων.
- Από την ανάλυση που προηγήθηκε, επιβεβαιώνεται ότι ο ανθρώπινος παράγοντας άμεσα ή έμμεσα ευθύνεται περίπου στο 50% των ατυχημάτων του δείγματος.

Συμπερασματικά στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, καθιστάται επιτακτική η ανάγκη μείωσης του βαθμού συμμετοχής του ανθρώπινου παράγοντα στην πρόκληση ατυχημάτων πυρκαγιάς και εκρήξεων. Στη συμβολή αυτού του σκοπού εντάχθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία με την ανάπτυξη της εφαρμογής ©Solearn, στην οποία η εκπαίδευση και η εκμάθηση των διεθνών κανονισμών πυρασφάλειας στα πλοία διεκπαιρεύονται με ένα πιο σύγχρονο και φιλικό τρόπο προς τον οποιοδήποτε ενδιαφερόμενο και ενασχολούμενο στη ναυτιλία. Στη λογική αυτή περαιτέρω έρευνα και μελέτη είναι ευπρόσδεκτες προς βελτίωση του επιθυμητού αποτελέσματος.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anna Matala, ‘Sample size requirements for Monte Carlo-simulations using Latin Hypercube Sampling’, Helsinki University of Technology, March 2008
- Zaven A. Karian, Edward J. Dudewicz ‘Fitting Statistical Distributions: The Generalized Lambda Distribution and Generalized Bootstrap Methods’, May 2000
- Boutsikas M.V, Σημειώσεις Μαθήματος ‘Στατιστικά Προγράμματα’, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Αθήνα 2004
- J.C Elton, F.J Davis, ‘Latin Hypercube Sampling and the propagation of uncertainty in analyses of complex systems’, Science Direct, February 2003
- Yosihiko Ogata, ‘Statistical Models for Earthquake Occurrences and Residual Analysis for Point Processes’, American Statistical Association, March 1988
- Stan Kaplan, Svetlana Visnepolschi, Boris Zlotin and Alla Zusman, ‘Anticipatory Failure Determination and the theory of Scenario Structuring’, Ideation International Inc., 1999
- Farshid Jamshidian, Yu Zhu, ‘Scenario Simulation: Theory and methodology’, Finance and Stochastics 1997
- K.E.Maani, R.Y.Cavana, ‘Systems Thinking and Modelling: Understanding Change and Complexity’, Auckland: Prentice Hall. 2000
- Wirfs-Brock, R., Wilkerson, B., and Wiener, L., ‘Designing Object-Oriented Software’, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1990.
- C.W. Hansen, G.A. Behie, A. Bier, K.M. Brooks, Y. Chen, J.C., Helton, S.P. Hommel, K.P. Lee, B. Lester, P.D. Mattie, S., Mehta, S.P. Miller, C.J. Sallaberry, S.D. Sevougian, P. Vo, ‘Uncertainty and Sensitivity Analysis for the Seismic Scenario Classes in the 2008 Performance Assessment for the Proposed High-Level Radioactive Waste Repository at Yucca Mountain, Nevada’, Reliability Engineering and System Safety, June 2013
- Jing Xin, Chongfu Huang, ‘Fire risk analysis of residential buildings based on scenario clusters and its application in fire risk management’, Elsevier Ltd, 2013
- J.H. Klote, Smoke Control, ‘SFPE Hand book of Fire Protection Engineering’ National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2002.
- G.Ramachandran, ‘Statistical methods in risk evaluation’, Fire Safety Journal 2 (1979/80)125–145.

- R.L.P. Custer, B.J.Meacham, 'Introduction to Performance-Based Fire Safety', Society of Fire Protection Engineers and National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1997.
- Martin Pilch,Timothy G.Trucano,Jon C.Helton, 'Ideas underlying the Quantification of Margins and Uncertainties', Science Direct,January 2011
- Norman Lloyd Johnson, Samuel Kotz, N. Balakrishnan, 'Continuous univariate distributions, Wiley & Sons, May 1995
- Piero Baraldi,Enrico Zio, 'A comparison between probabilistic and Dempster-Shafer theory approaches to model uncertainty analysis in the performance assement of radioactive waste repositories',Risk Analysis,Vol.30,No.7,2010
- Solojentsev, Evgueni D., 'Scenario Logic and Probabilistic Management of Risk in Business and Engineering', Springer Science+Business Media, LLC2009
- Michael W. Allen, 'Designing Successful E-Learning: Forget What You Know about Instructional Design and Do Something Interesting', Pfeiffer & Company, May 2007
- Clark N. Quinn, 'Engaging Learning: Designing e-Learning Simulation Games', Pfeiffer & Company, May 2005
- Nathan Barry, 'Designing Web Applications', Nathan Barry, February 2013
- Mckay M.,Beckman R.,Conover W., 'A comparison of three methods for selecting values of Input Variables in the analysis of output from a computer code', Technometrics,Vol.21,No.2,May 1979
- J.Jia,H.Yue, T.Liu, H.Wang, 'Global sensitivity analysis of cell signaling transduction networks based on Latin Hypercube sampling method', Bioinformatics and Biomedical Enginnering, 2007
- Julie C. Meloni, 'Php, MySQL and Apache', Sams Publishing 2008
- Guy Harrison, Steven Feuerstein, 'MySQL Stored Procedure Programming', March 2006
- George Reese, 'MySQL Pocket Reference: SQL Functions and Utilities (Pocket Reference (O'Reilly))', O'Reilly Media July 2007
- Kraig Brockschmidt, 'Programming Windows Store Apps with HTML, CSS, and JavaScript', Microsoft Press 2013
- R.D'Agostino,M.A Stephens, 'Goodness-of-Fit Techniques',Marcel Dekker,Inc., New York 1986
- Landau D.,Binder K., 'A guide to Monte Carlo Simulations in Statistiactal Physics', 2000

- Qi Ao, 'Uncertainty Analysis in Monte Carlo Criticality Calculations', February 2011
- Quinlan, J.R. (1986), "Induction of decision trees. Machine Learning"
- SOLAS Consolidated Edition 2009, IMO publishing 2009
- SOLAS Amendments 2010 - 2011, IMO publishing 2011

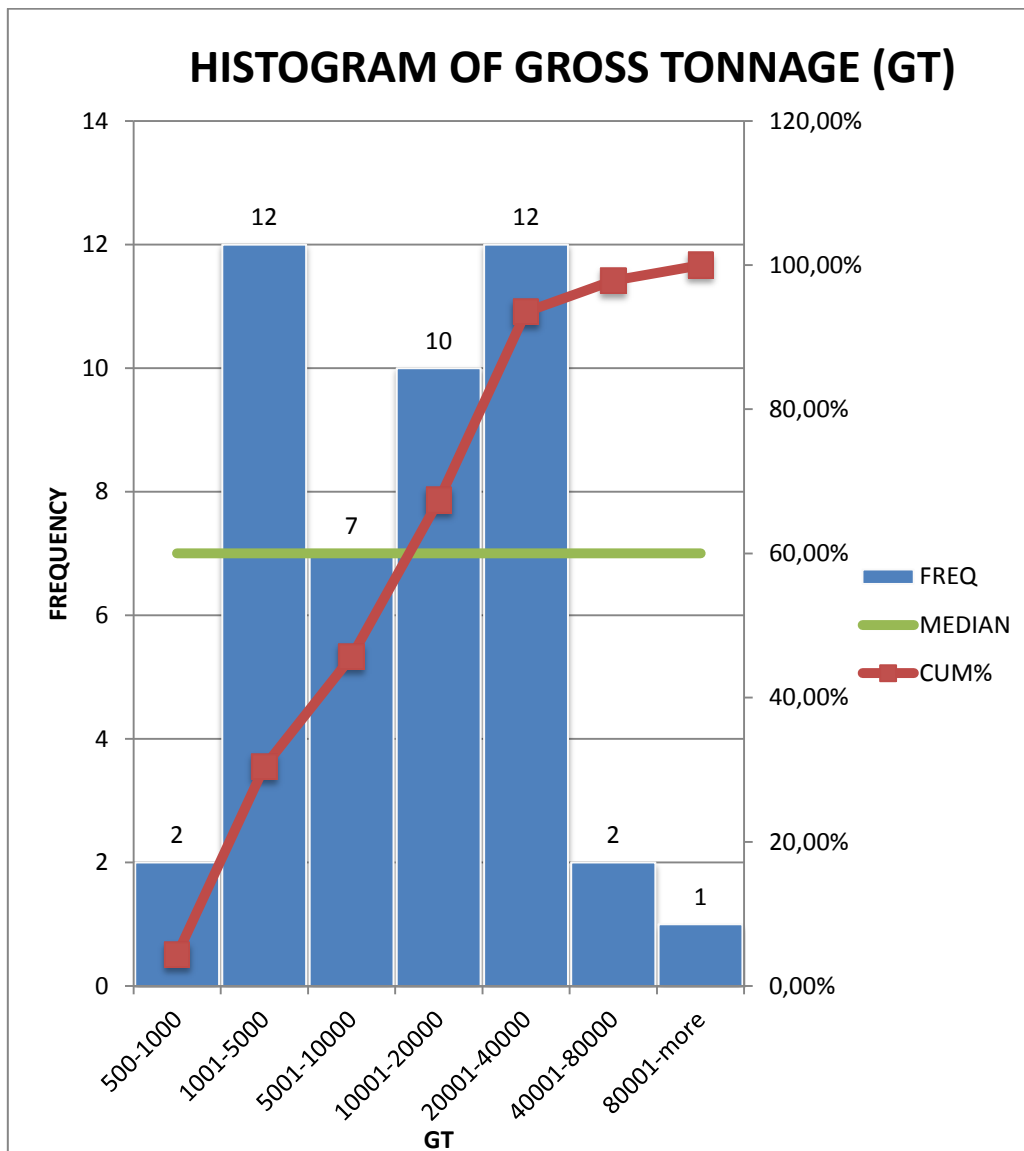
## ΔΙΚΤΥΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

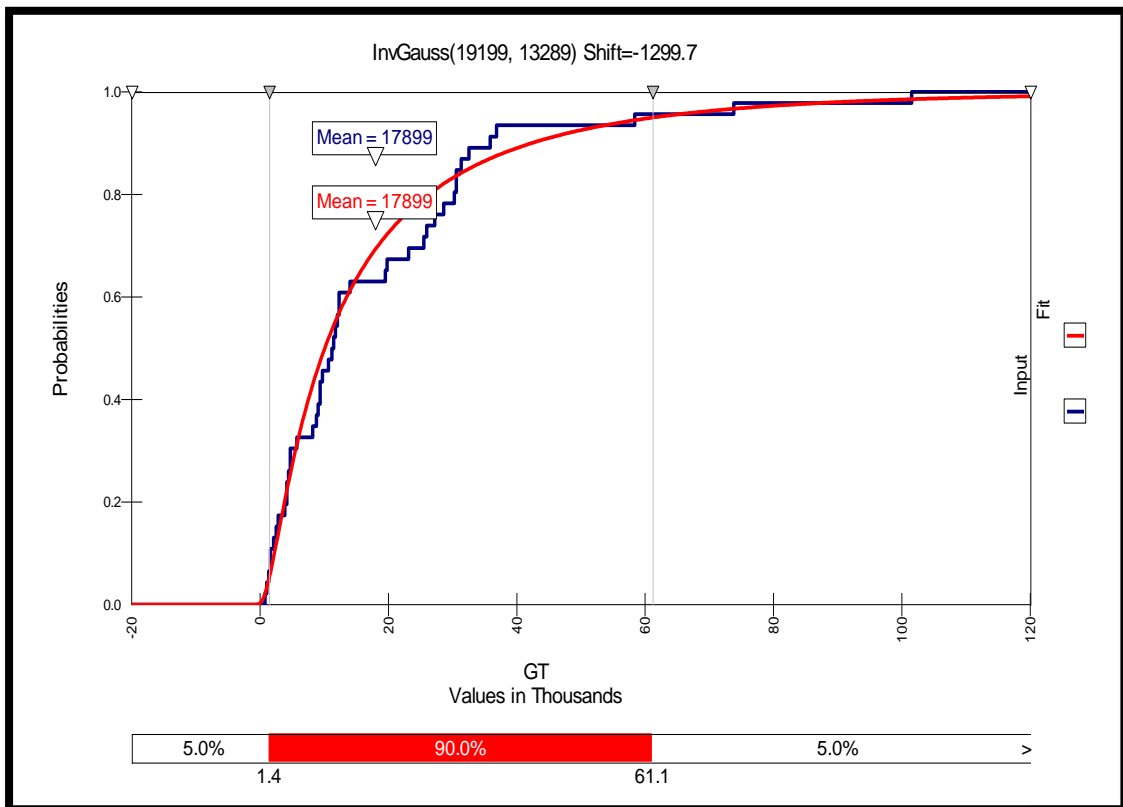
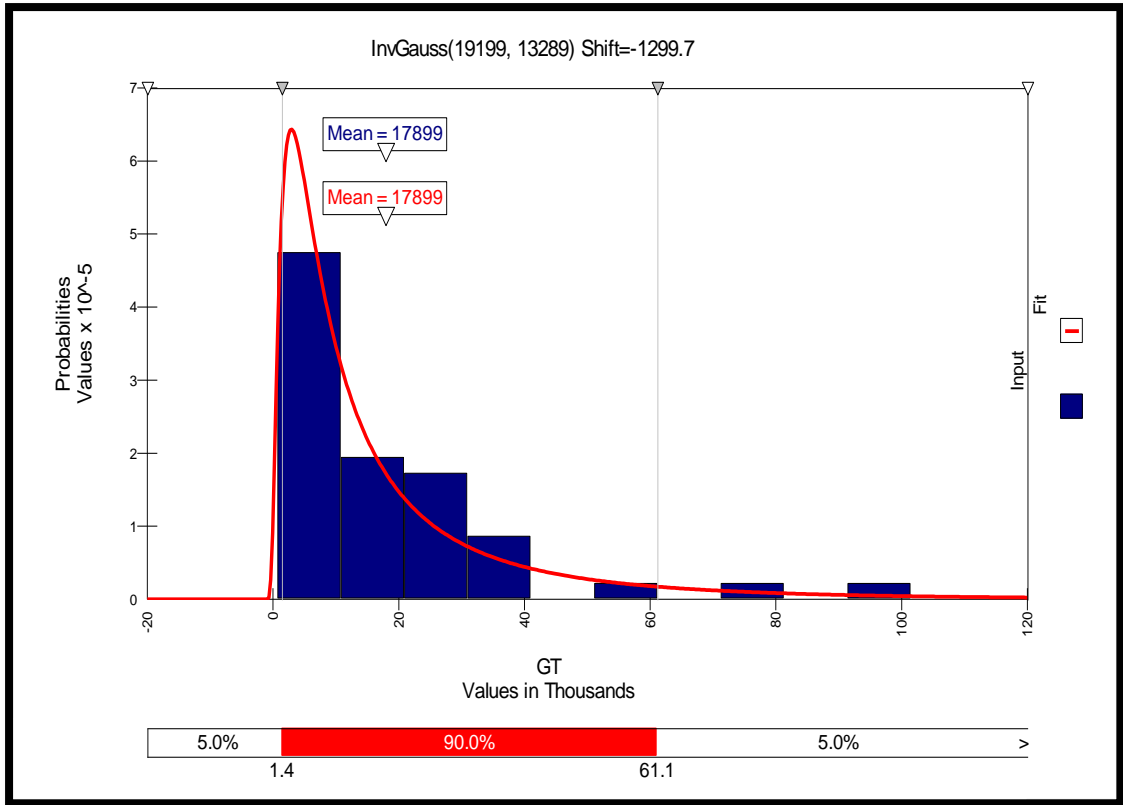
- [www.sea-web.com](http://www.sea-web.com)
- [www.imo.org](http://www.imo.org)
- [www.equasis.com](http://www.equasis.com)
- [www.iacs.org.uk](http://www.iacs.org.uk)
- [www.joomla.org](http://www.joomla.org)
- [www.w3schools.com](http://www.w3schools.com)
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

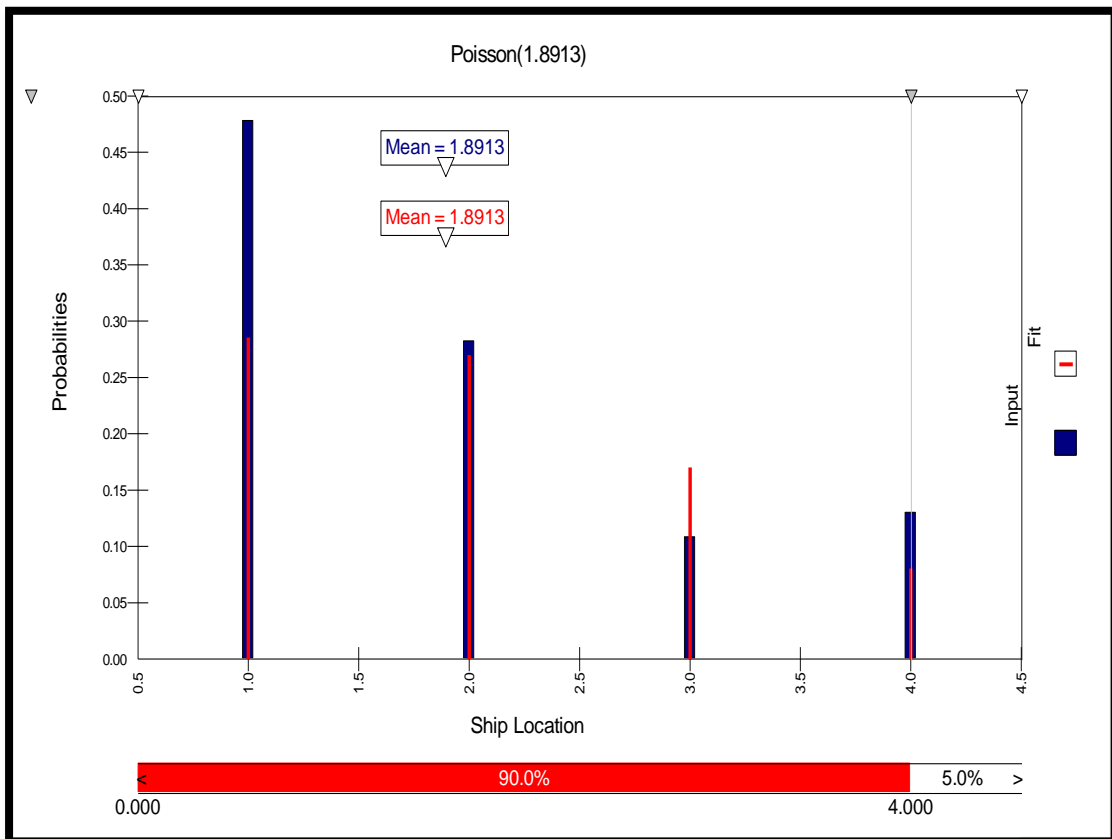
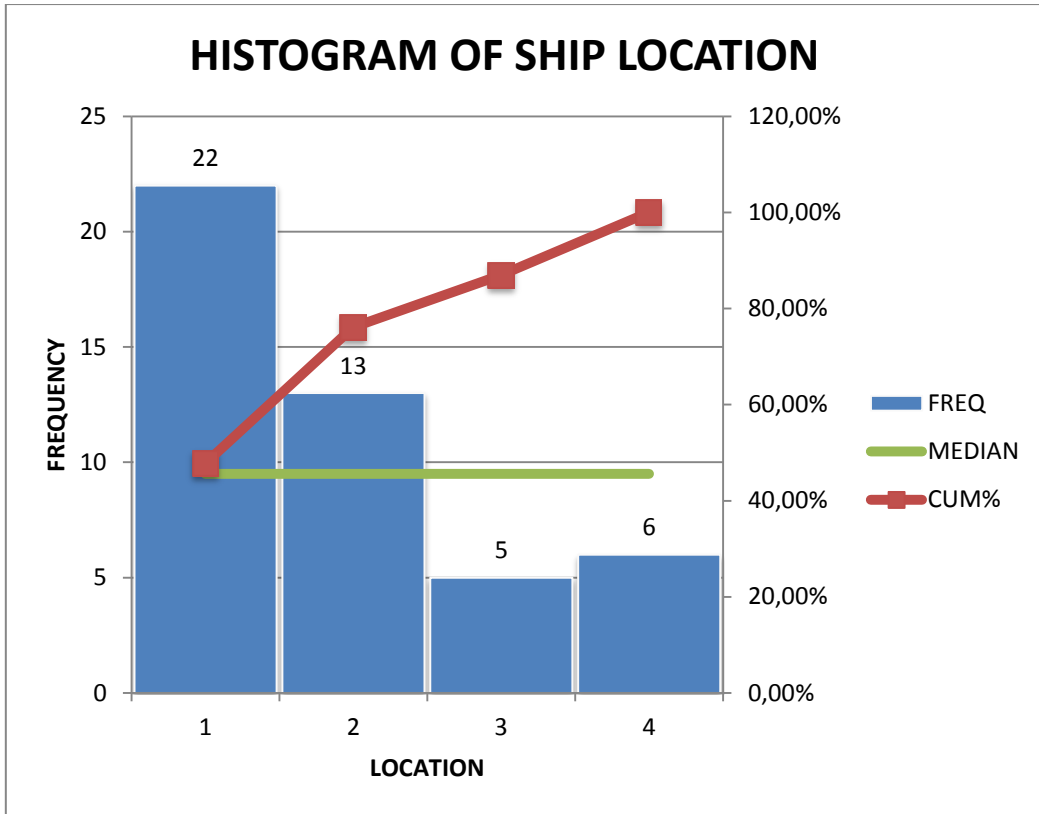
### ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΤΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ PASSENGER SHIPS, TANKERS, CARGO SHIPS.

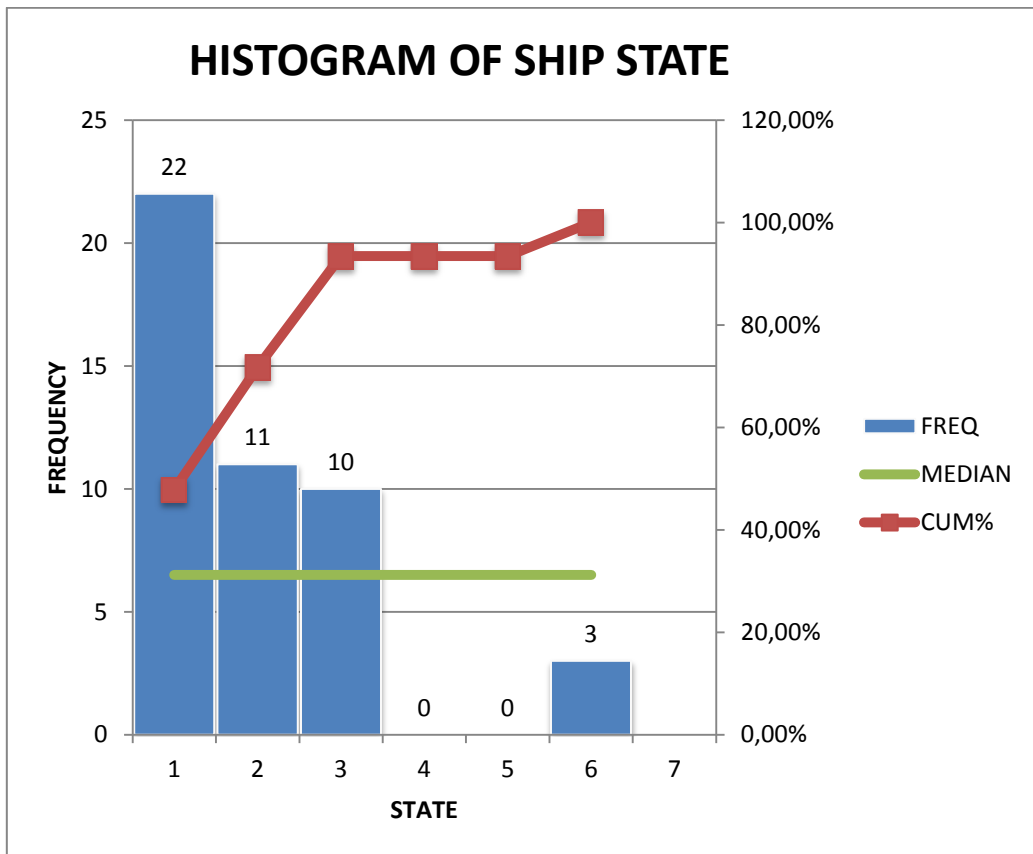
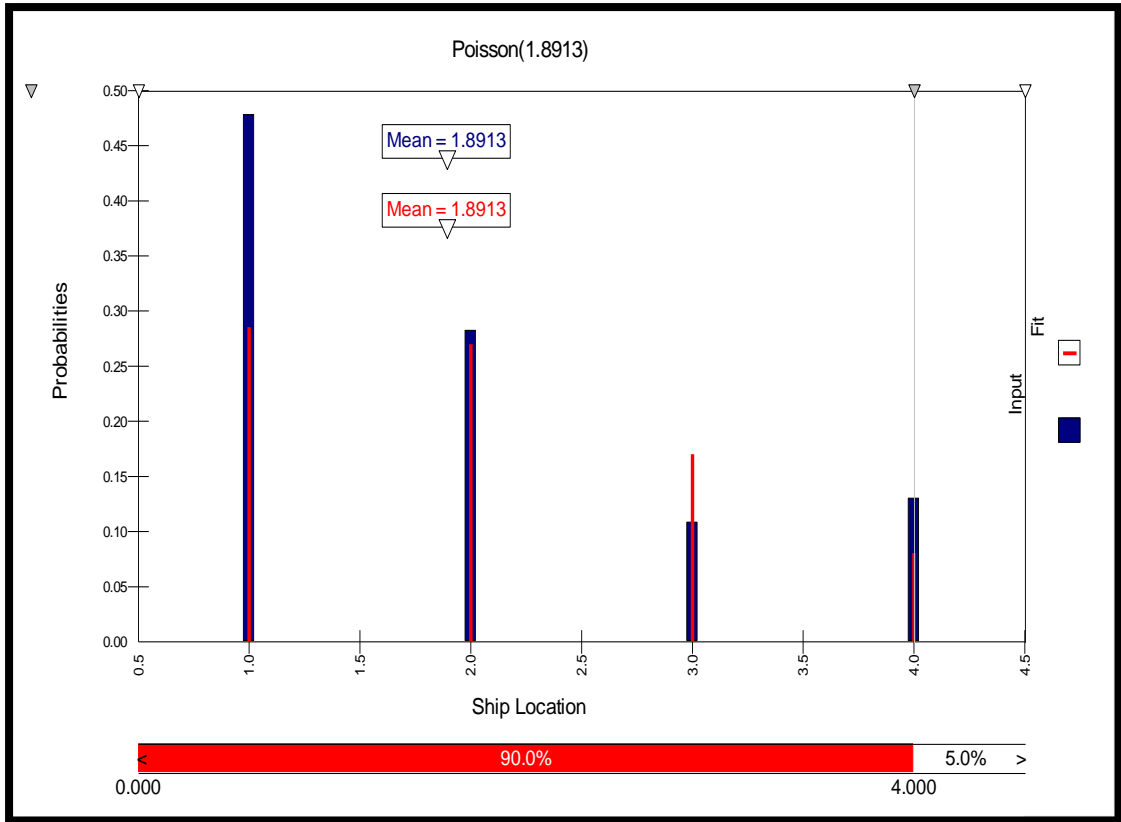
#### A.1 PASSENGER SHIPS

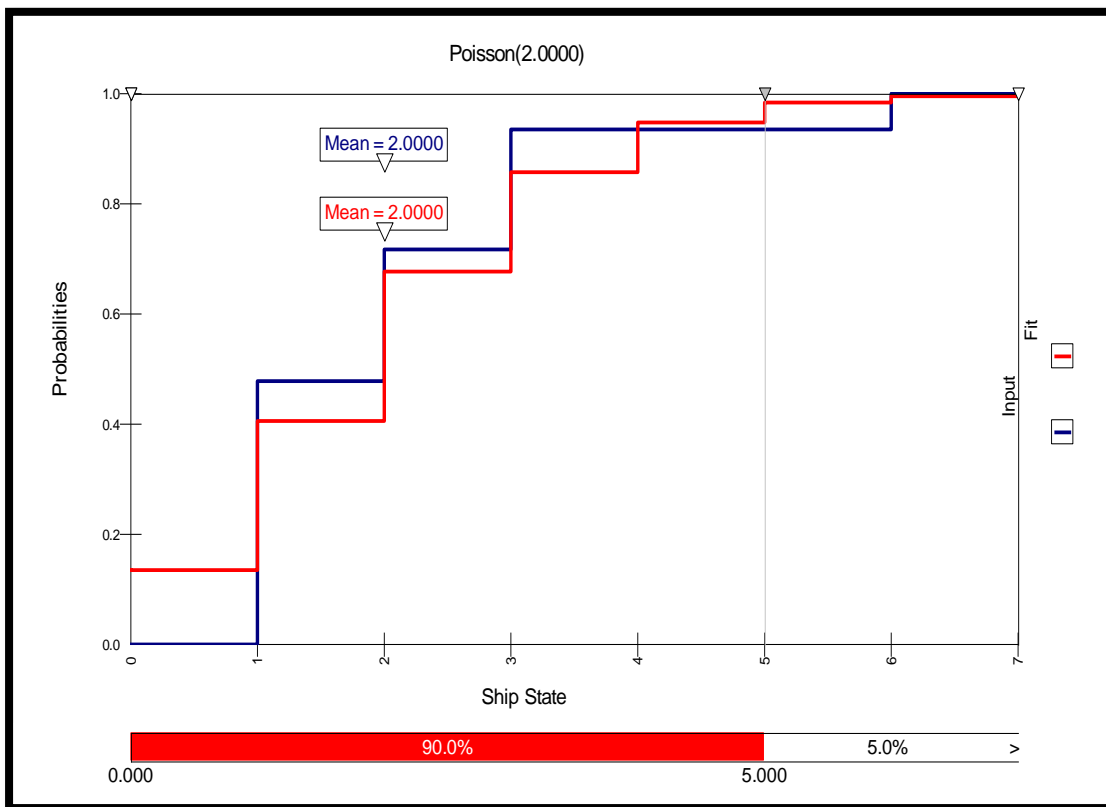
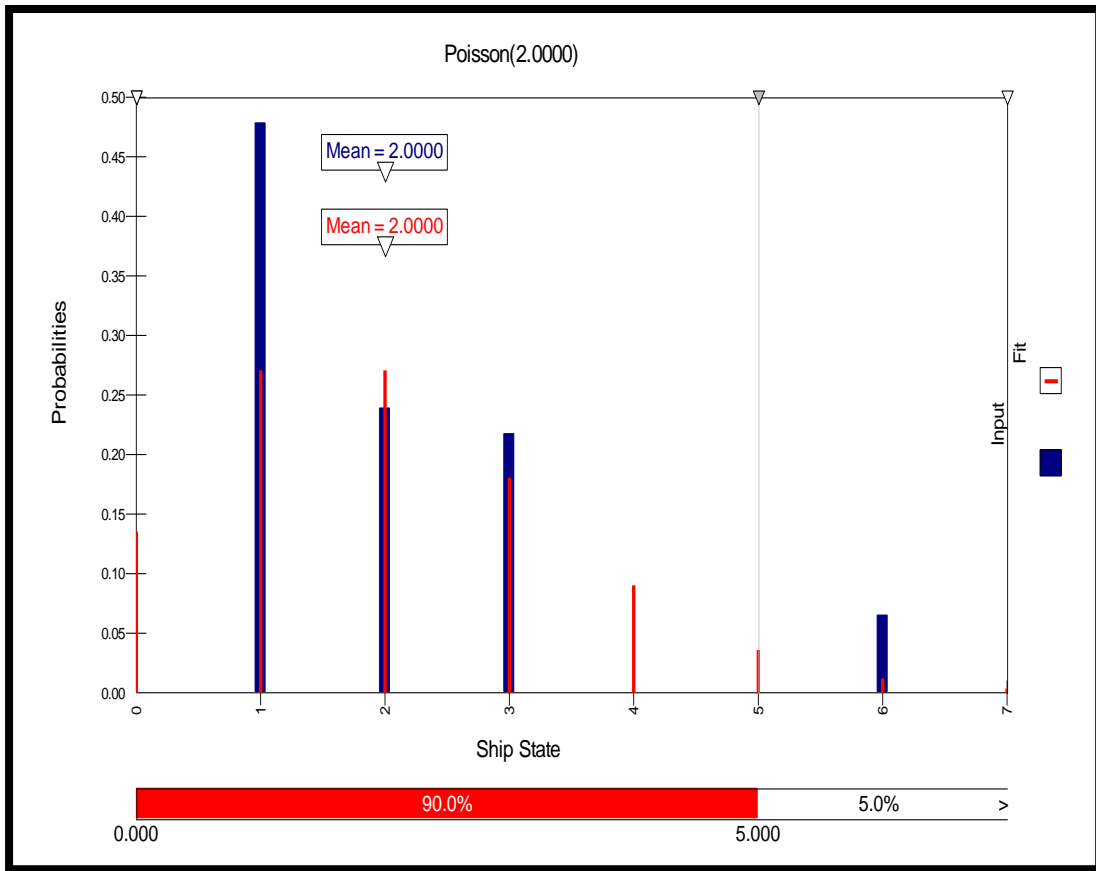


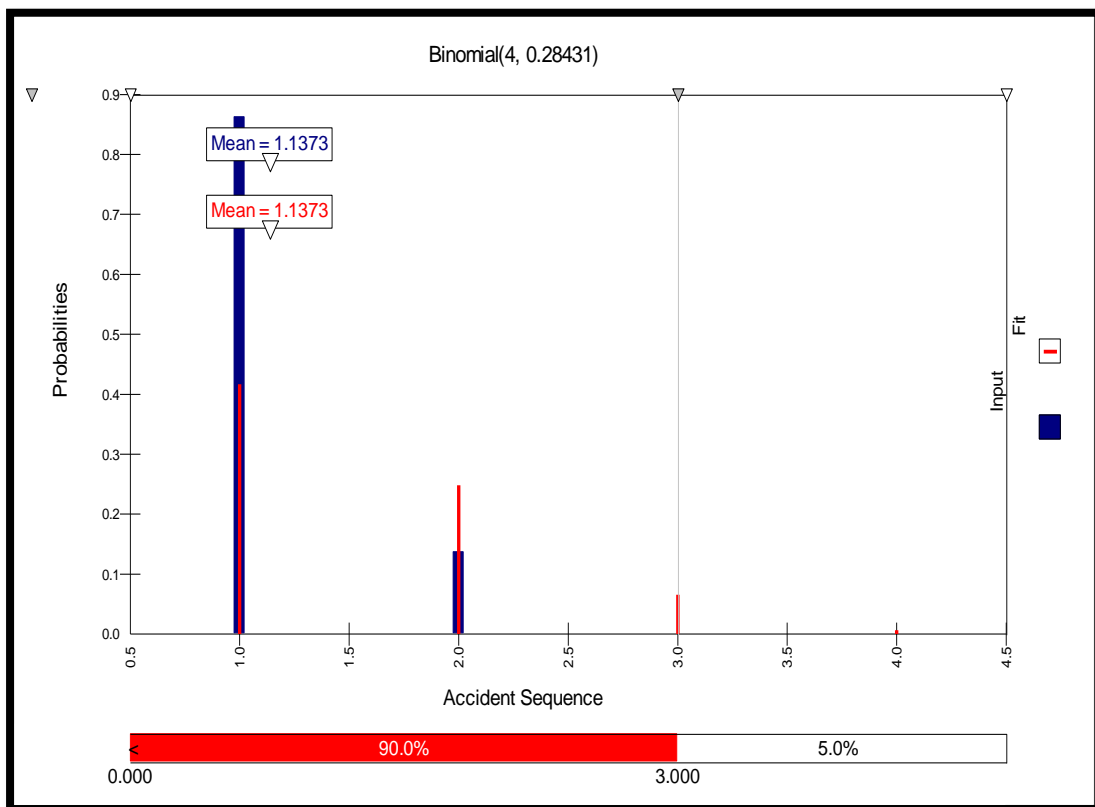
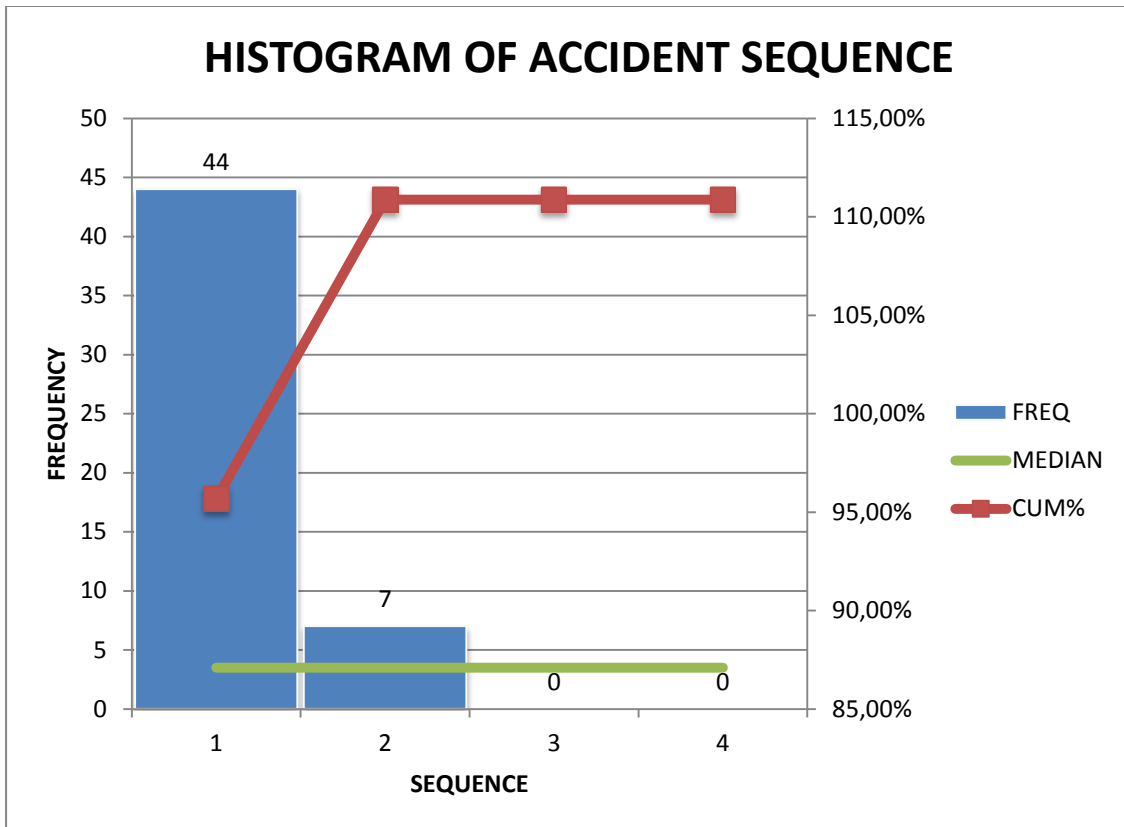


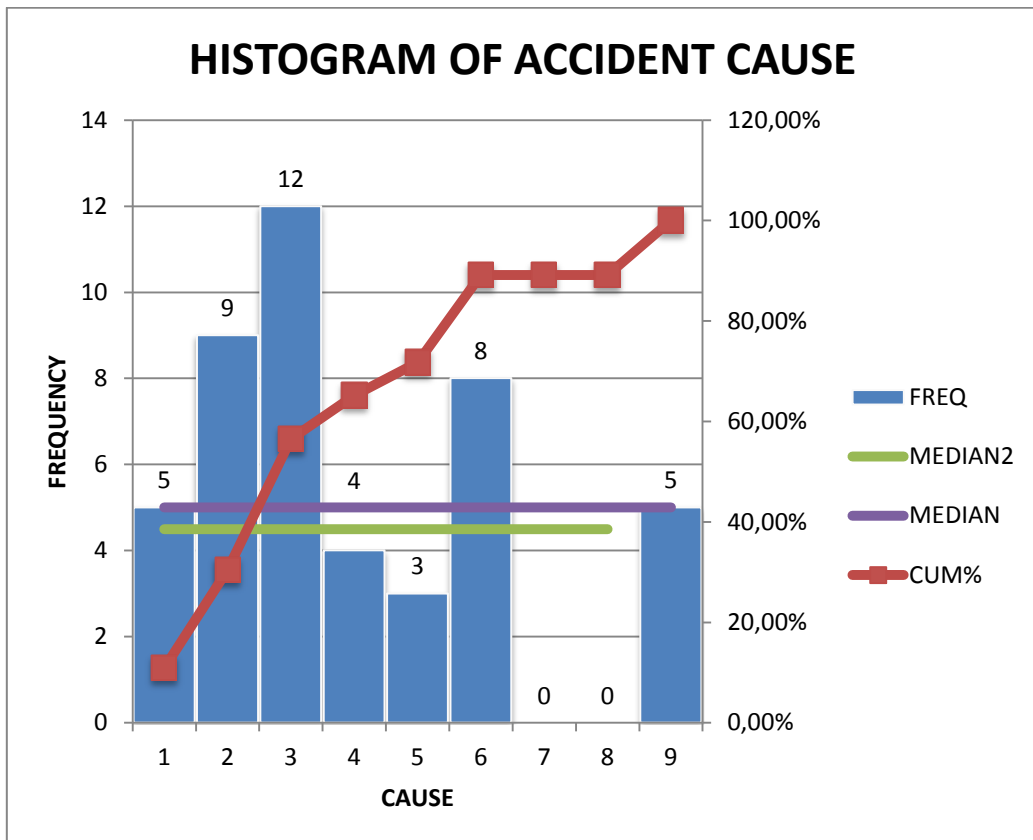
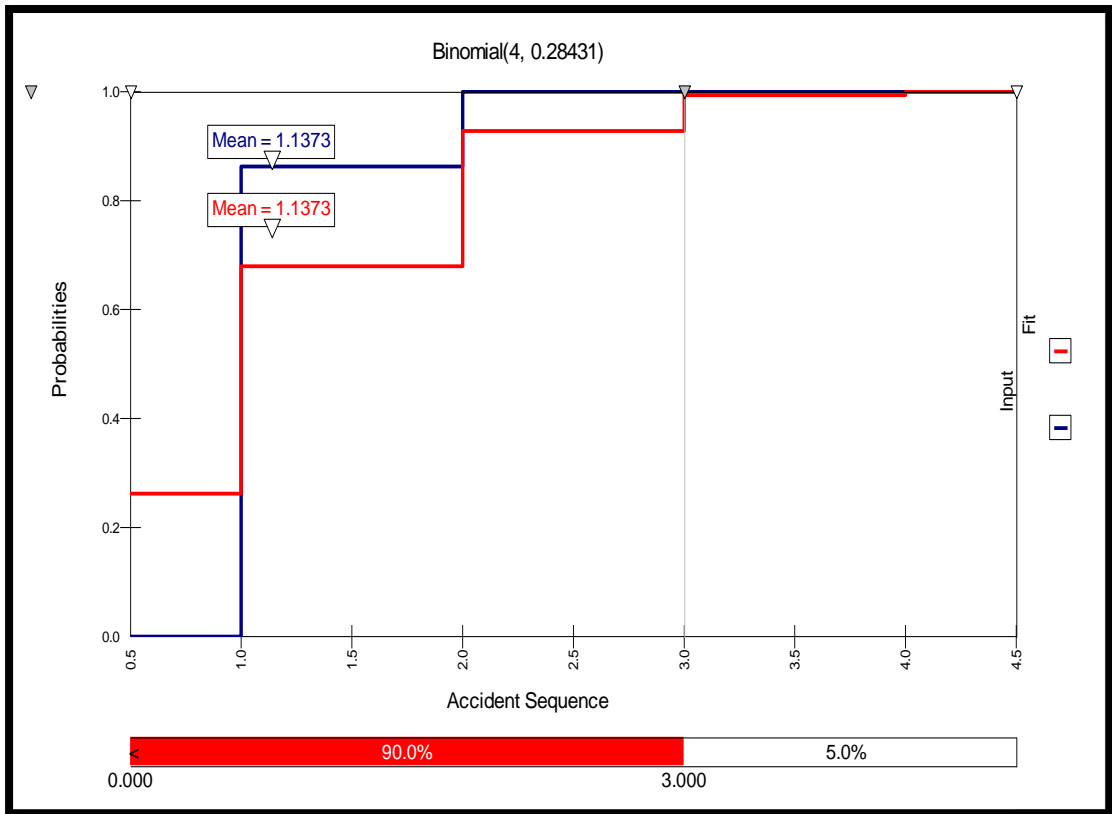


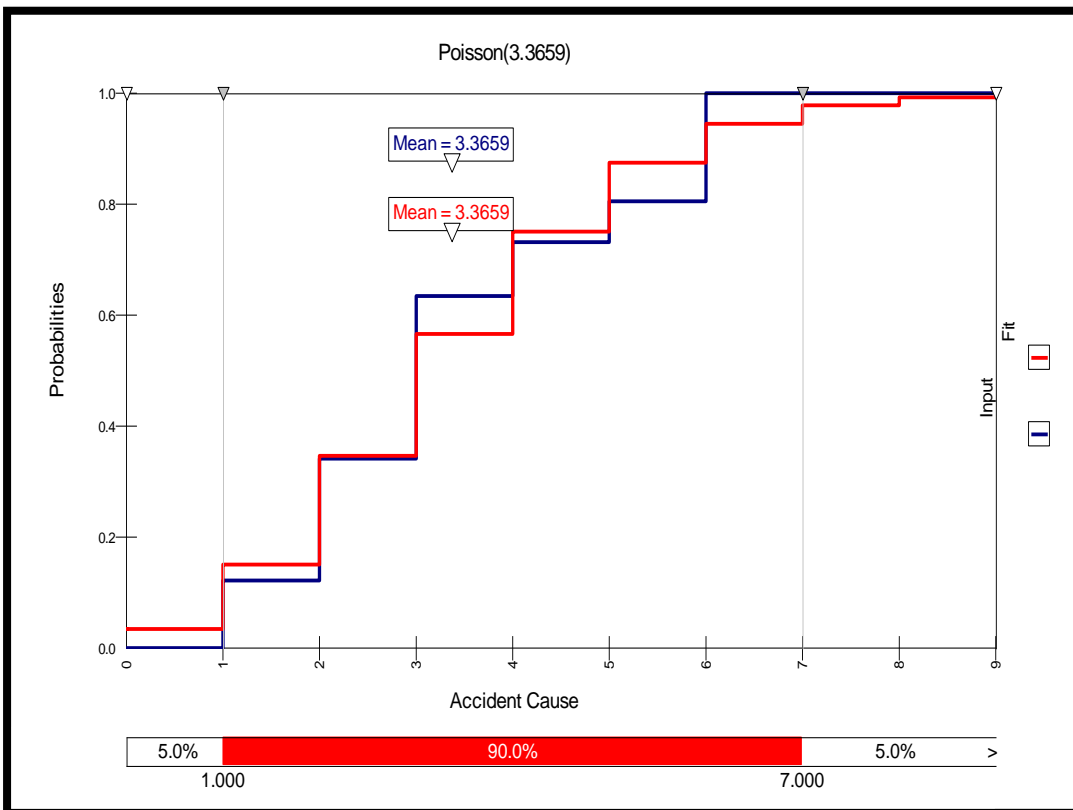
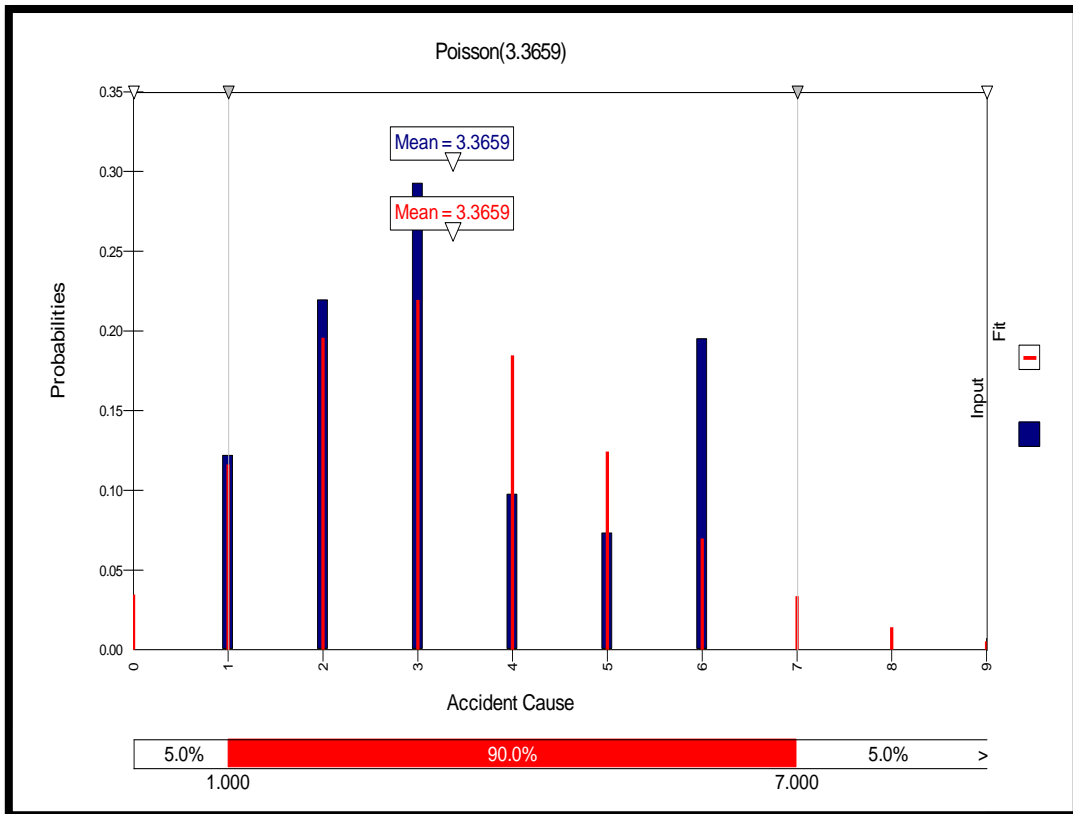


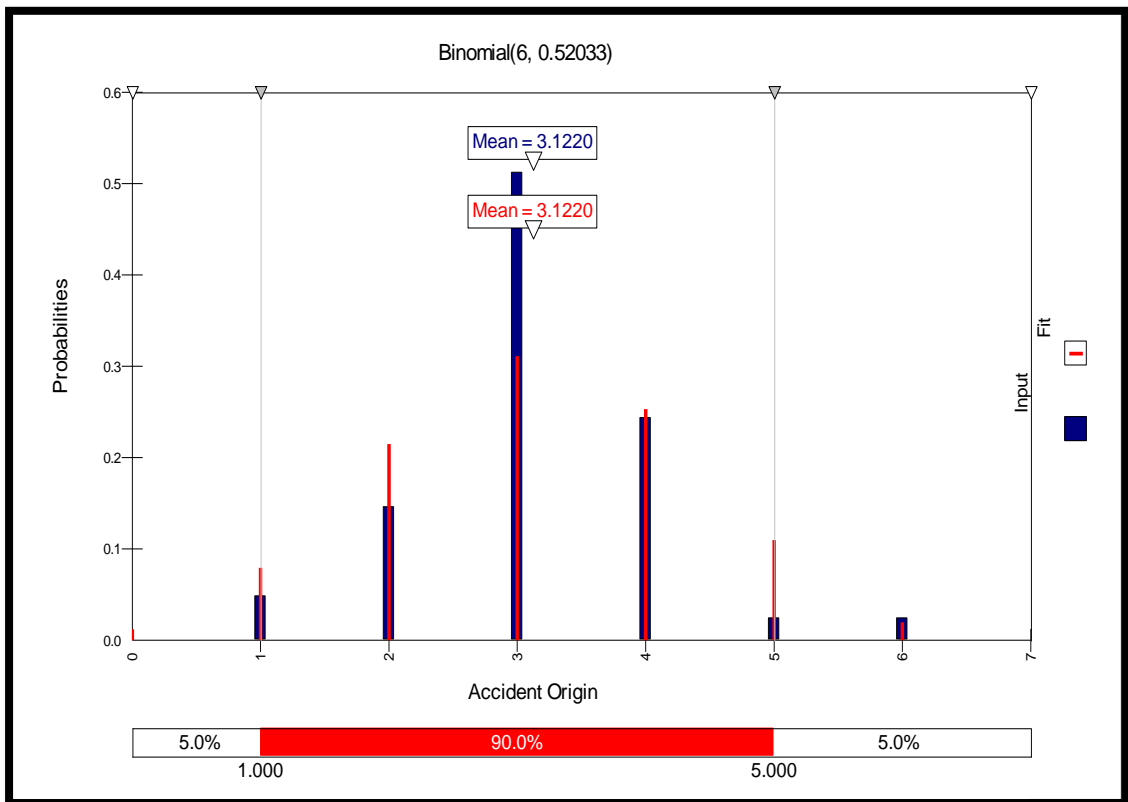
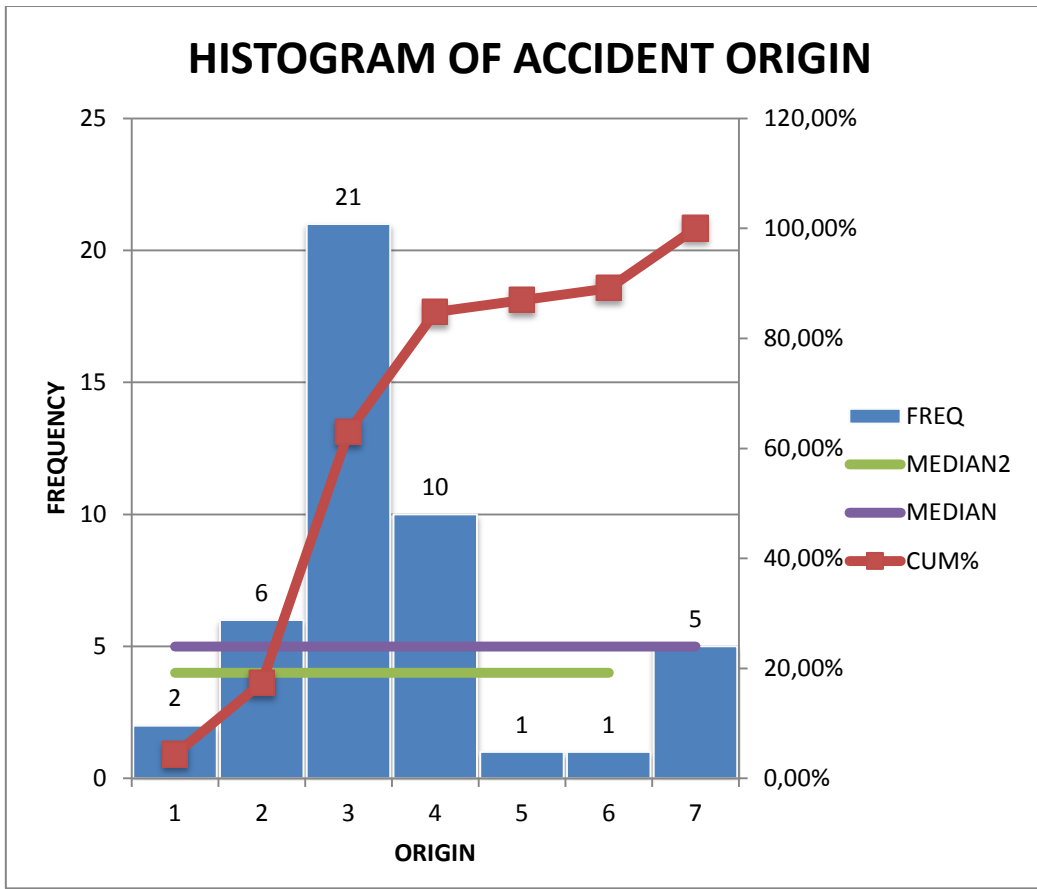


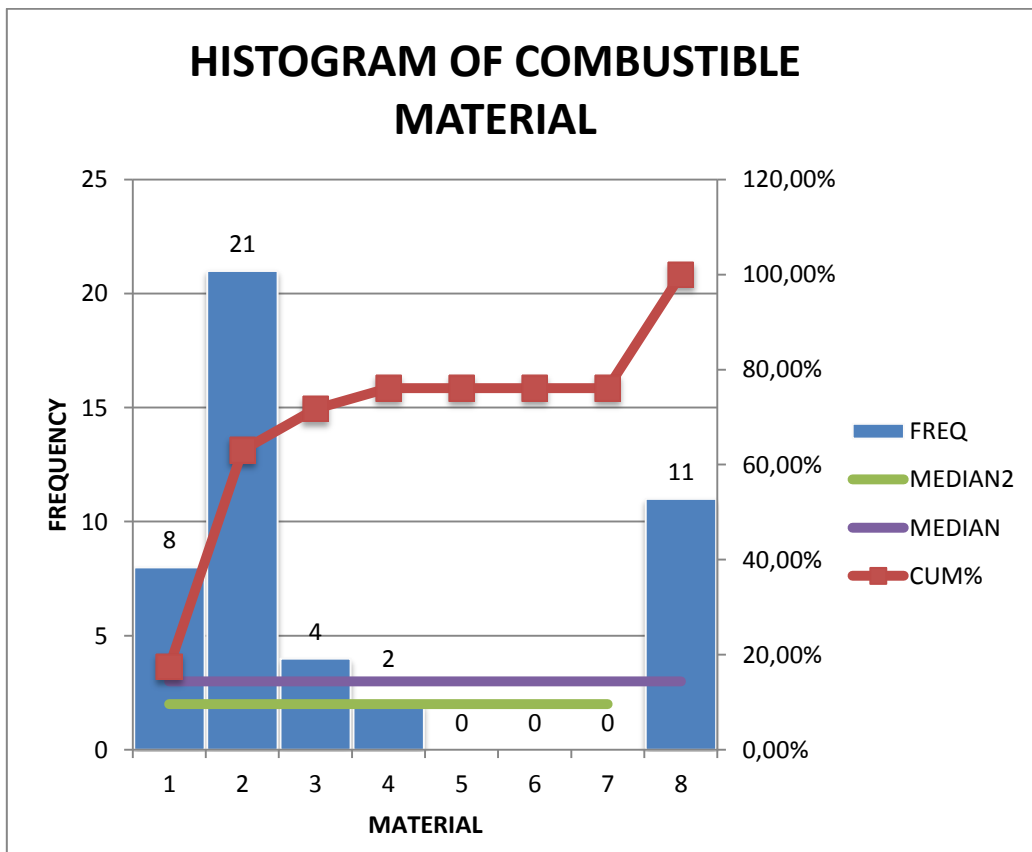
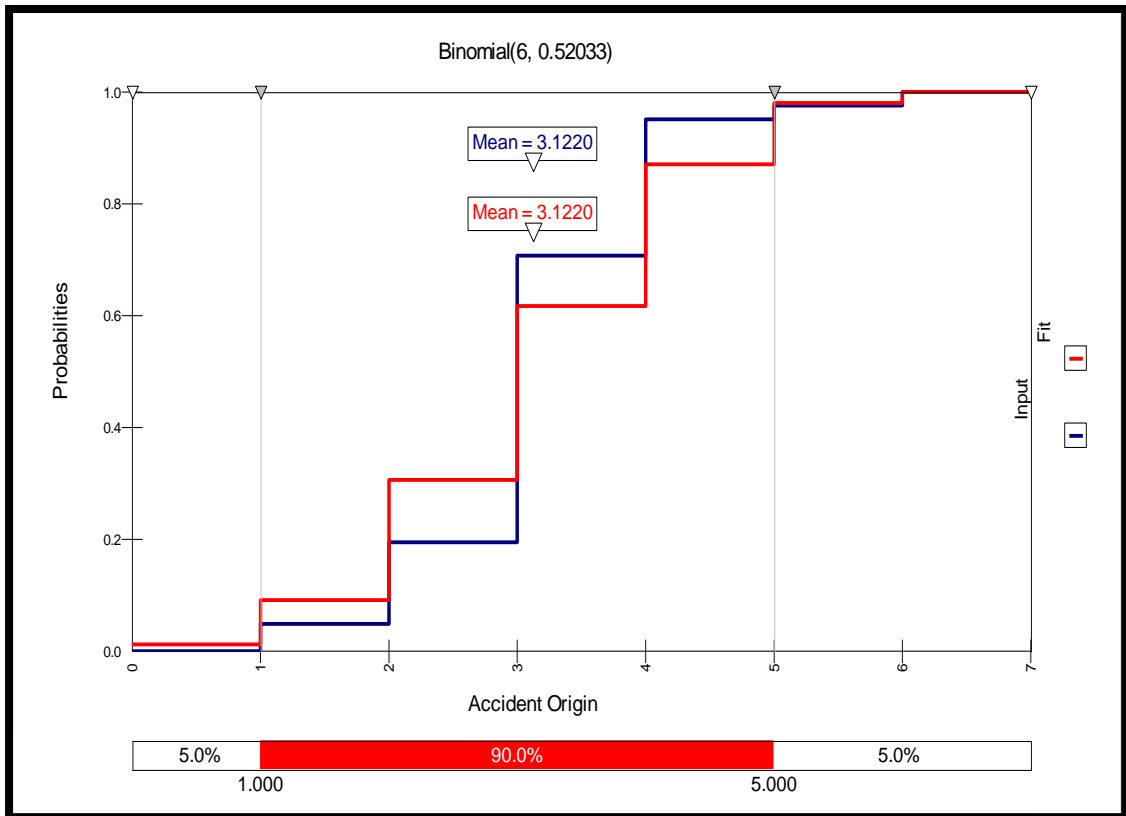




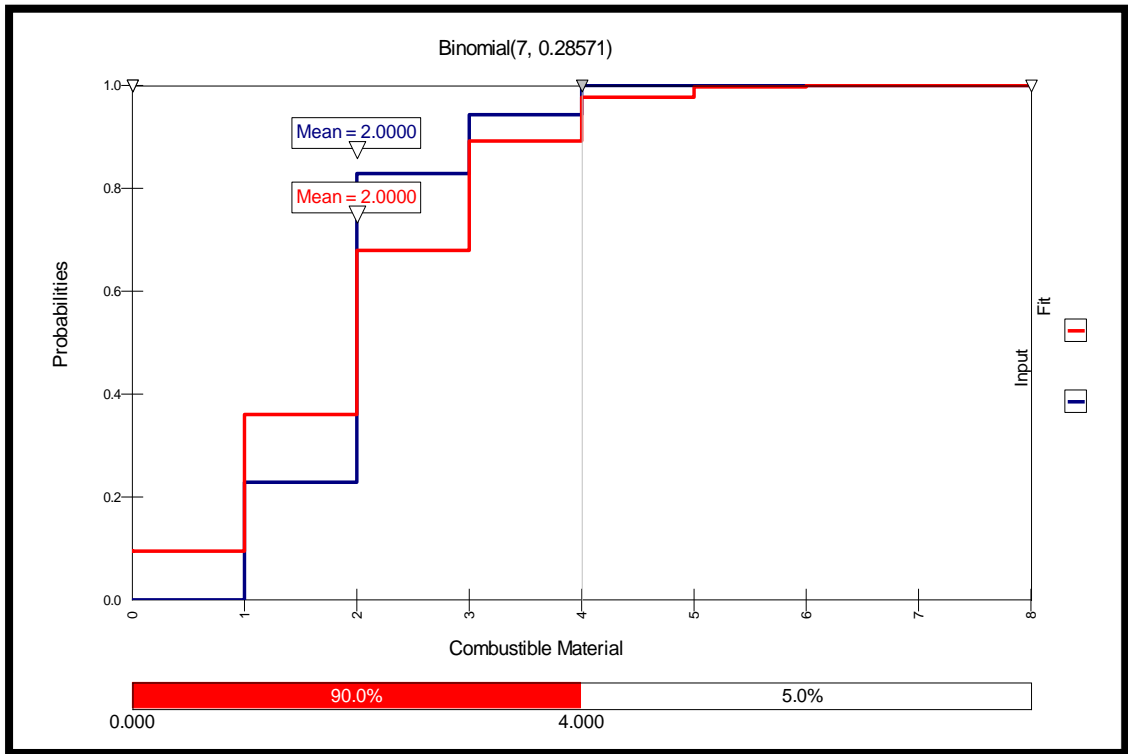
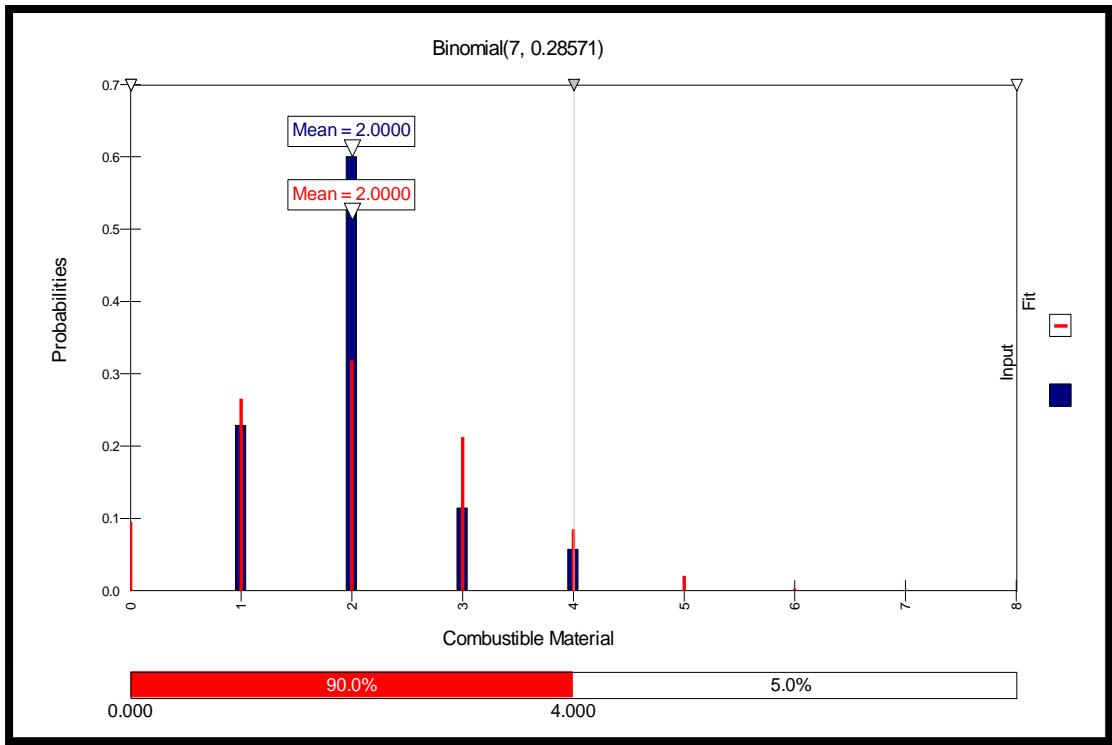


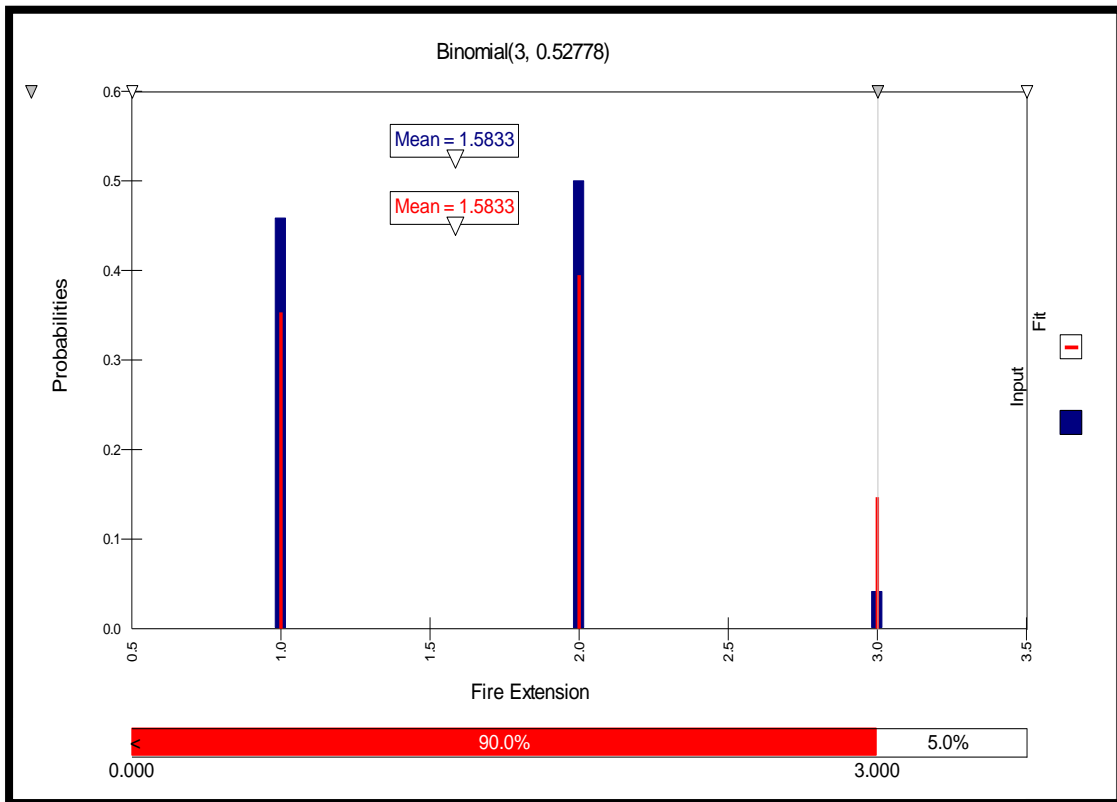
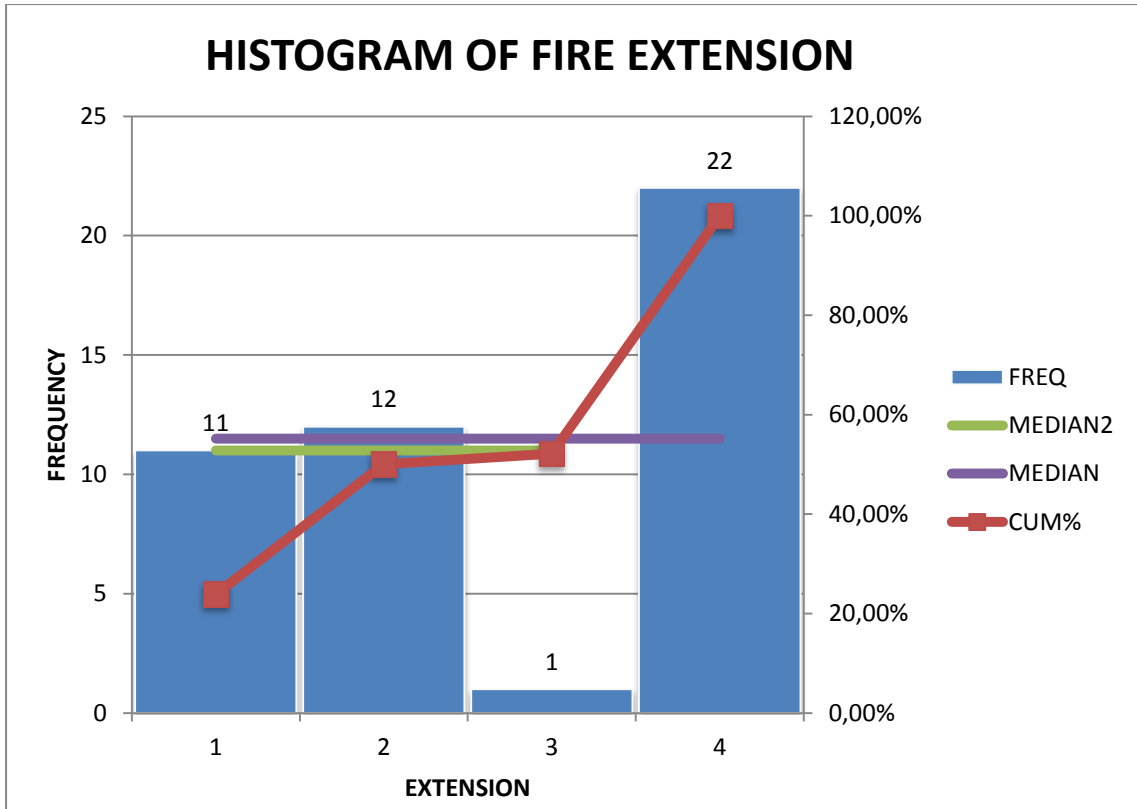


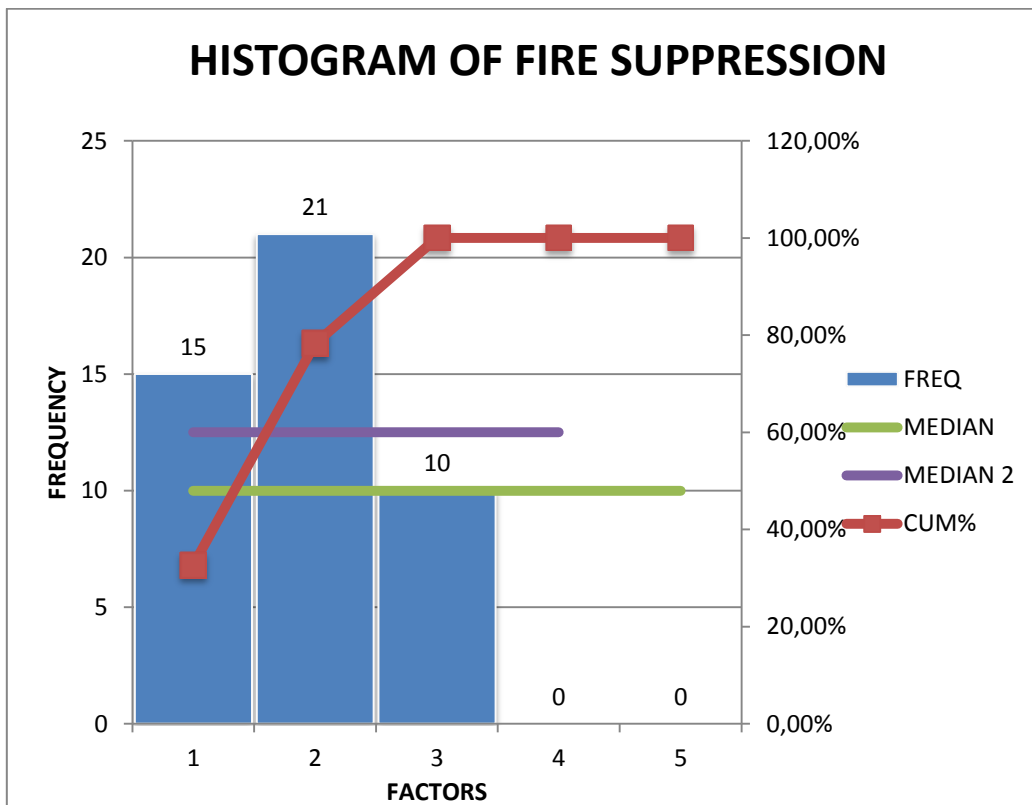
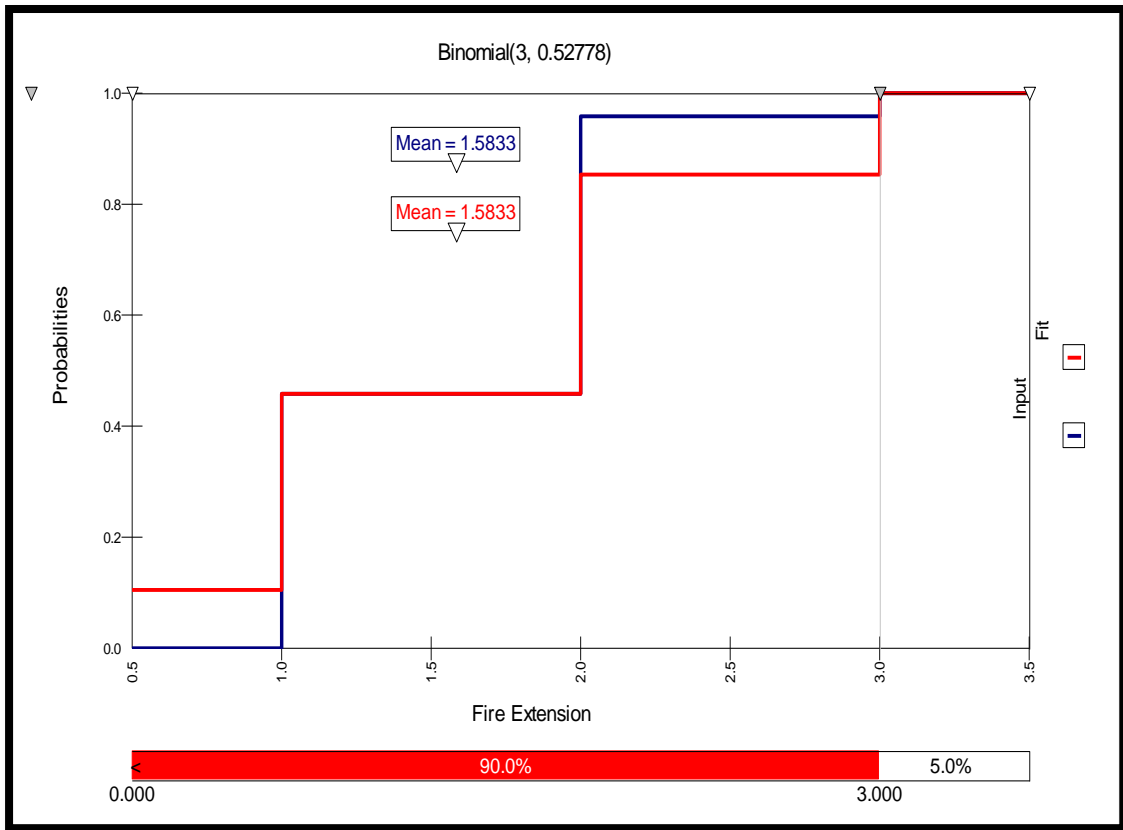


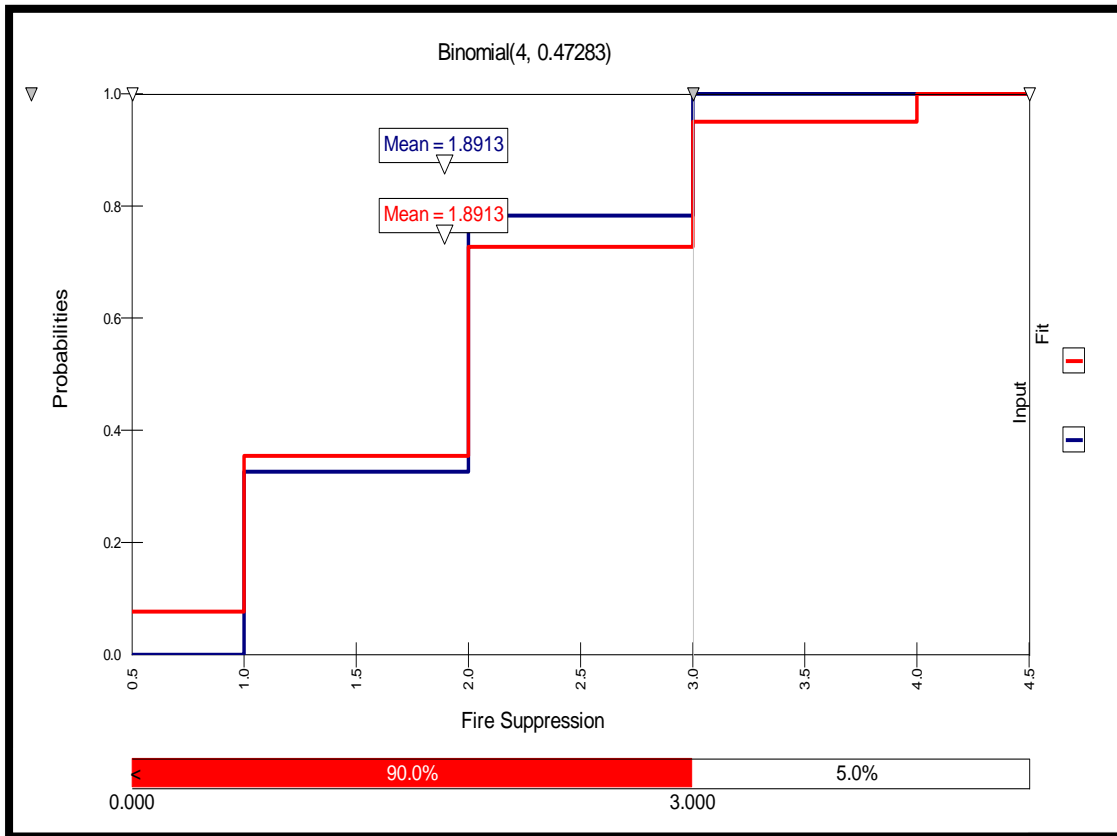
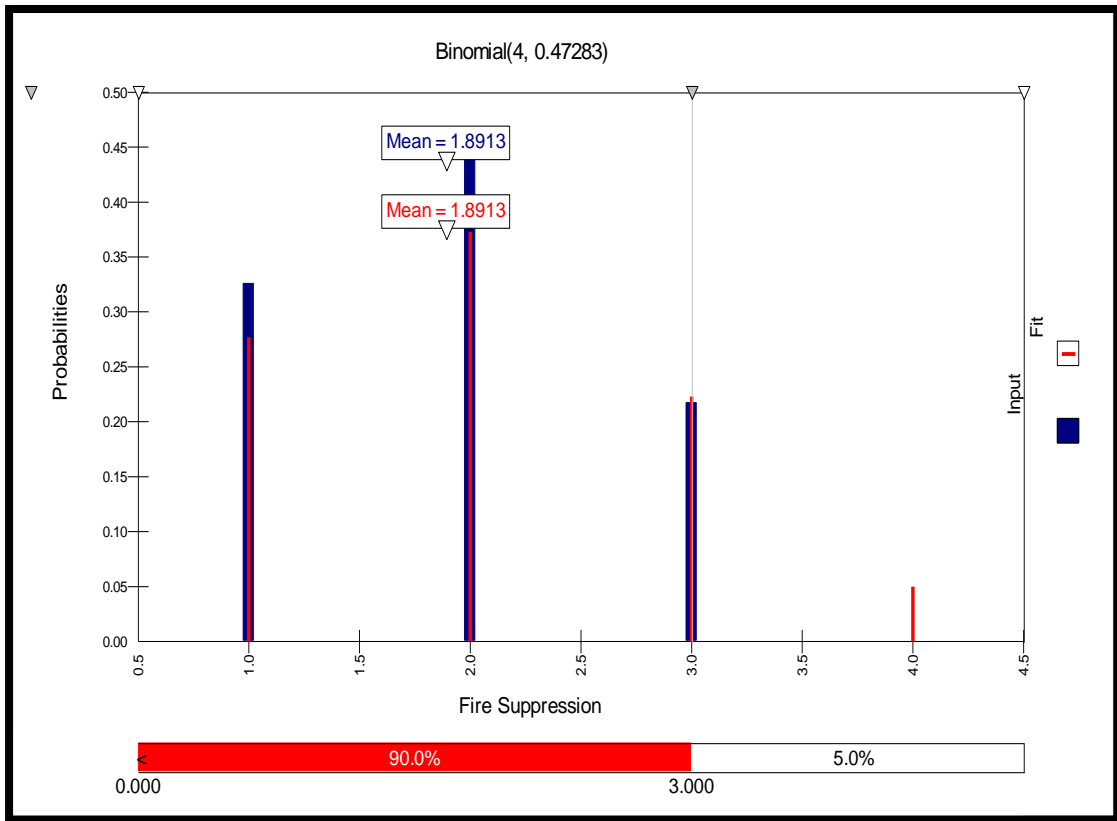


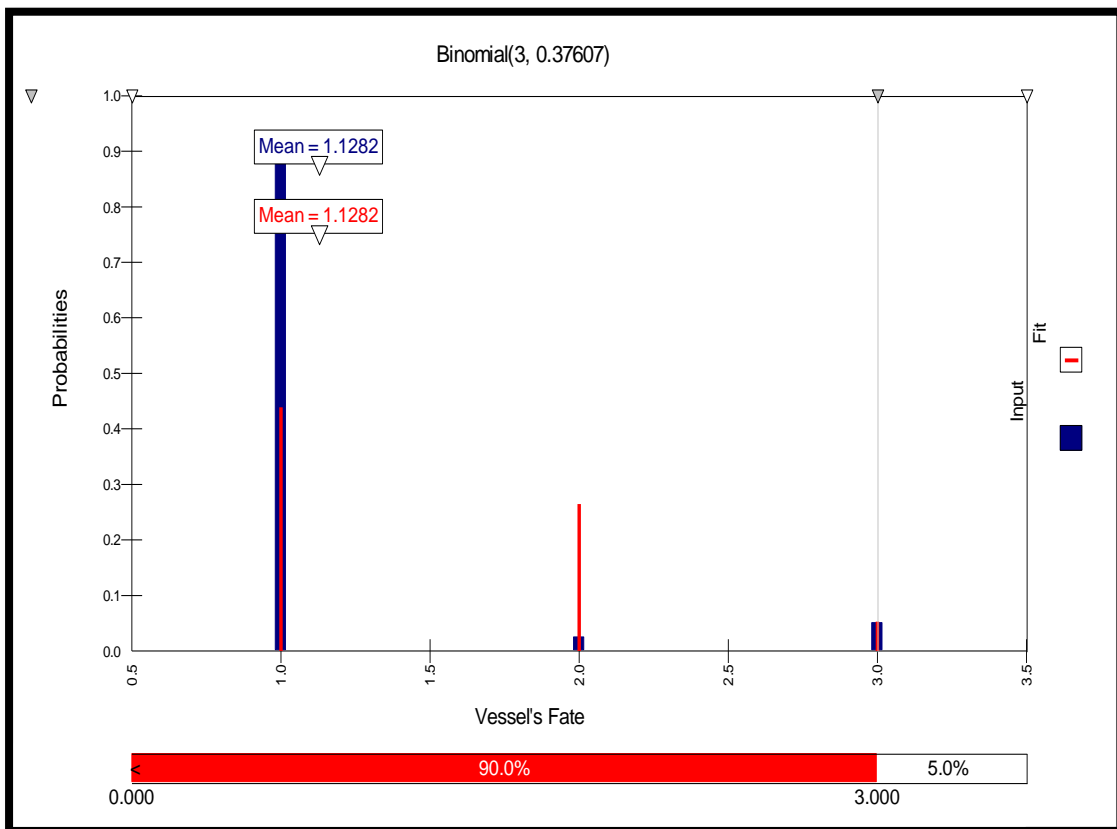
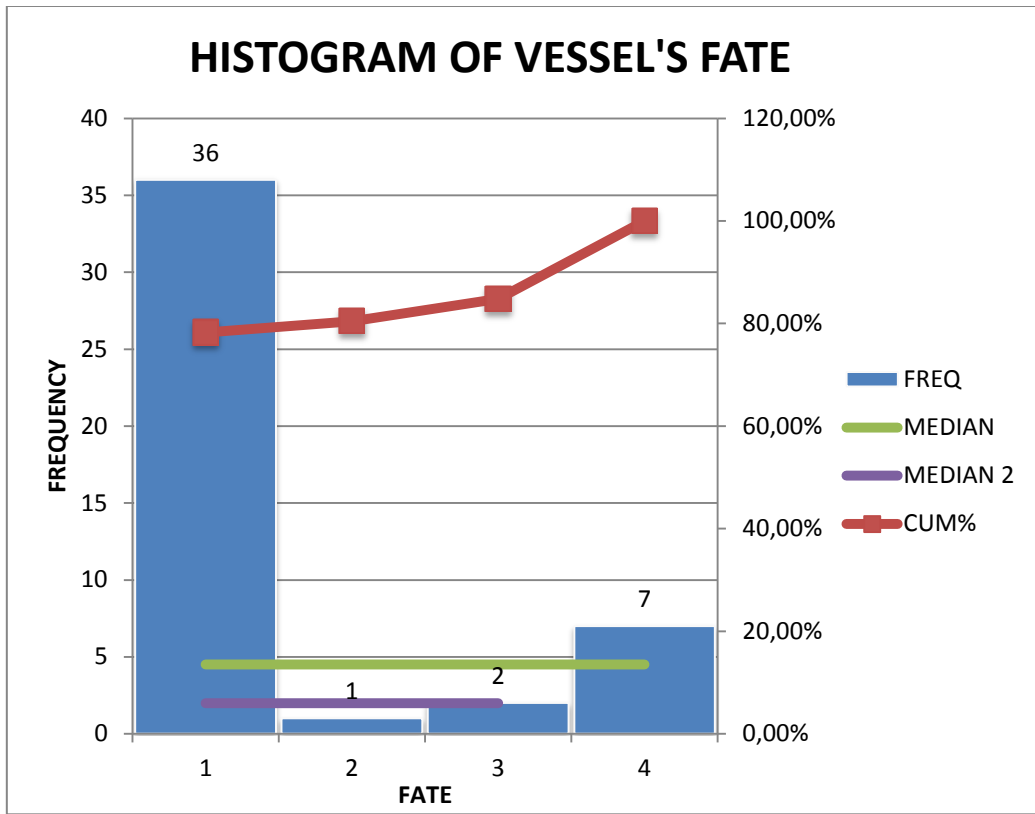


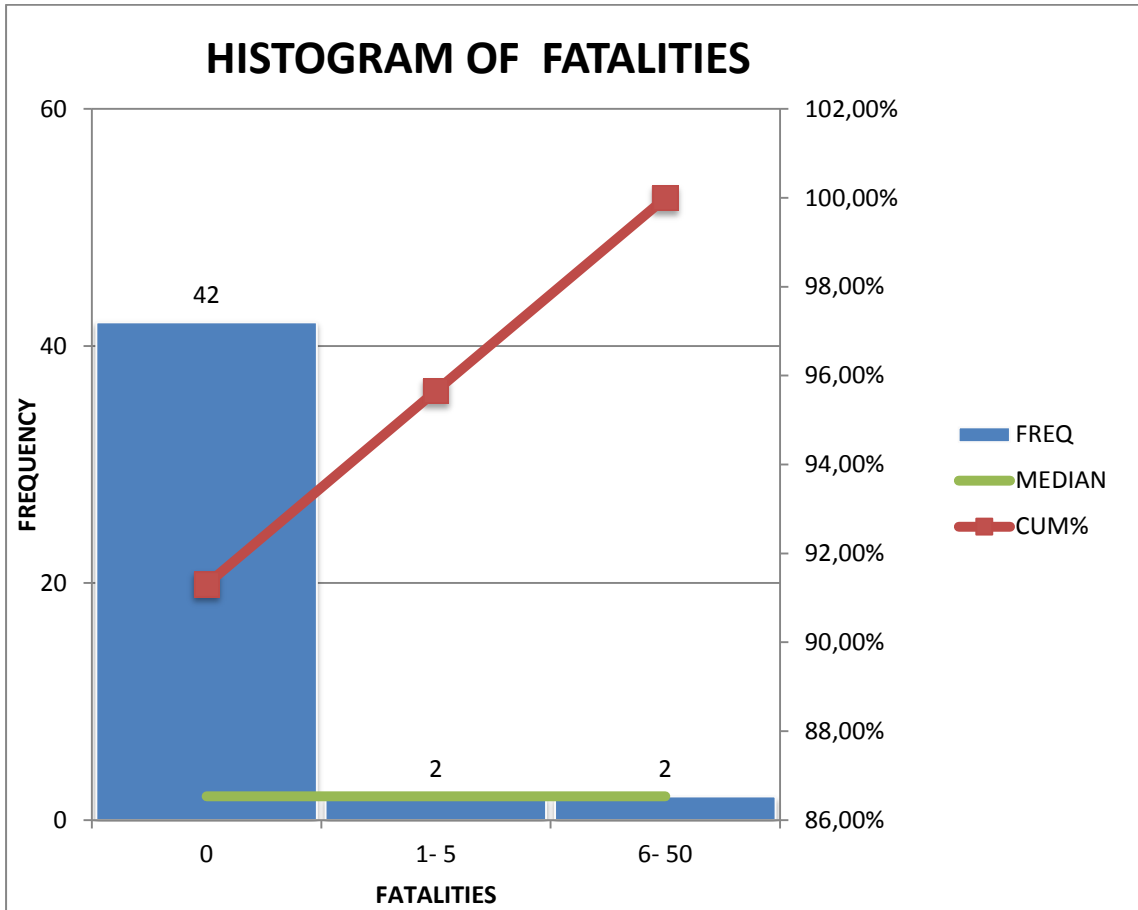
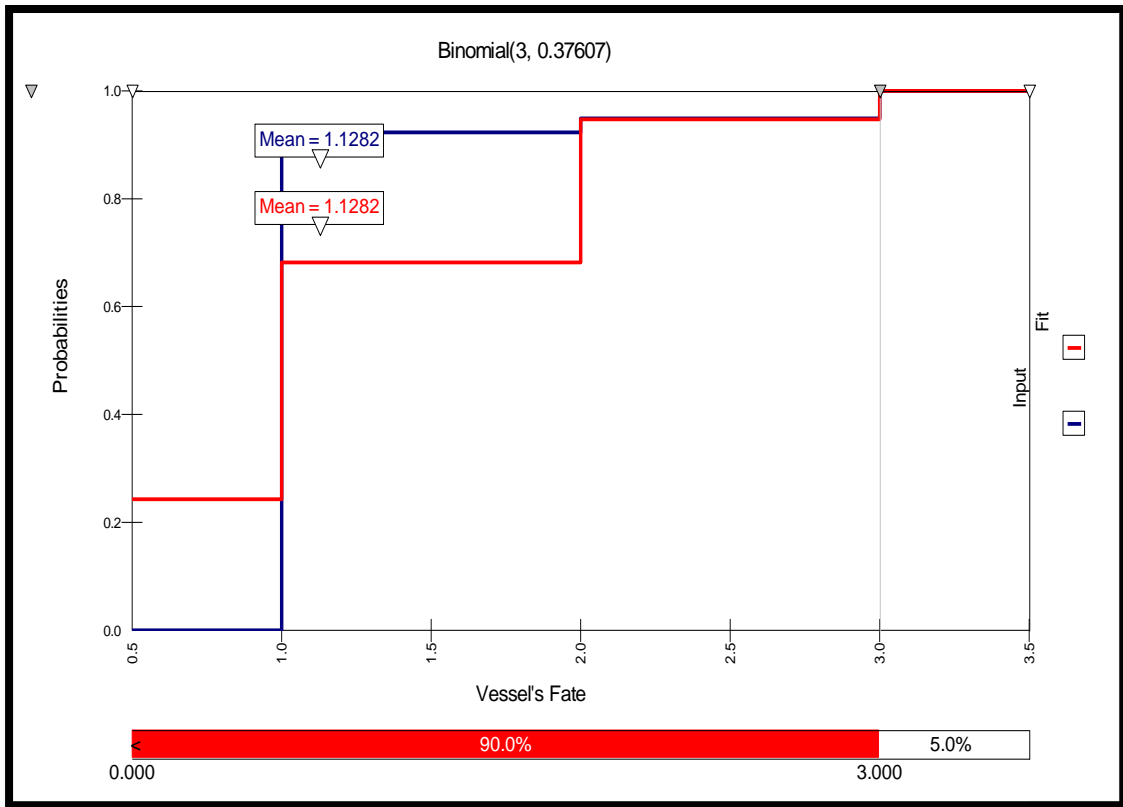


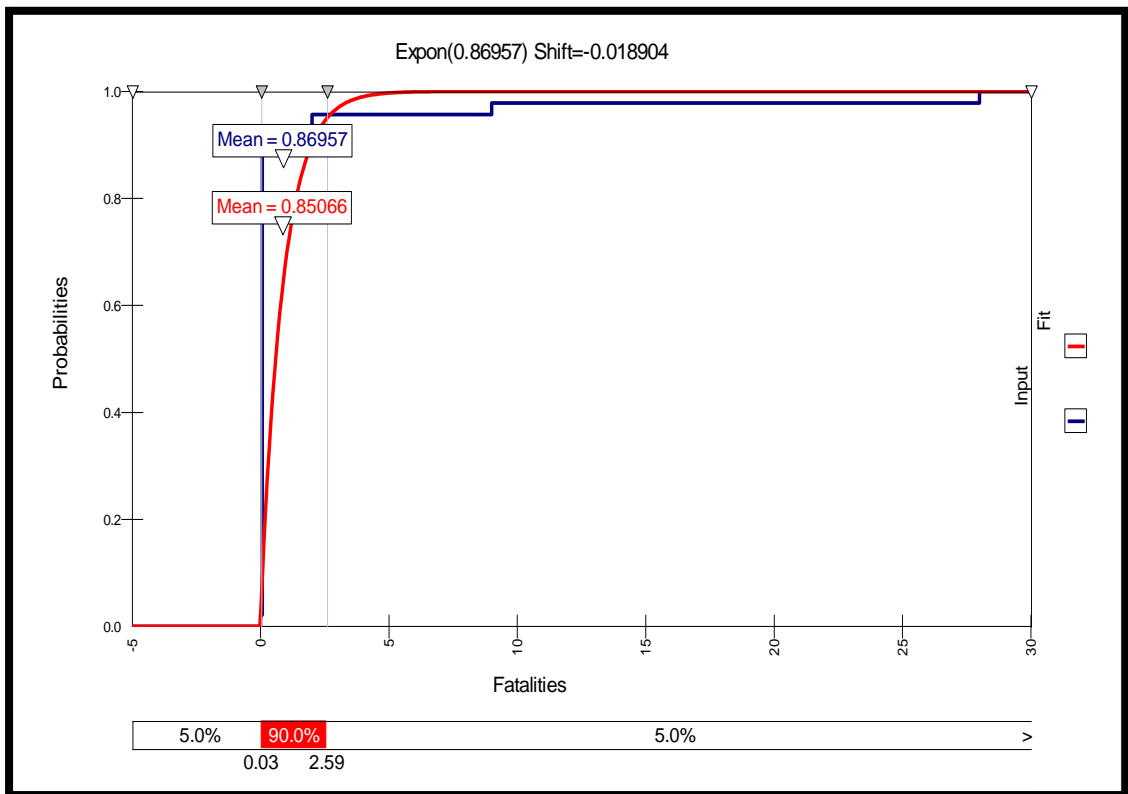
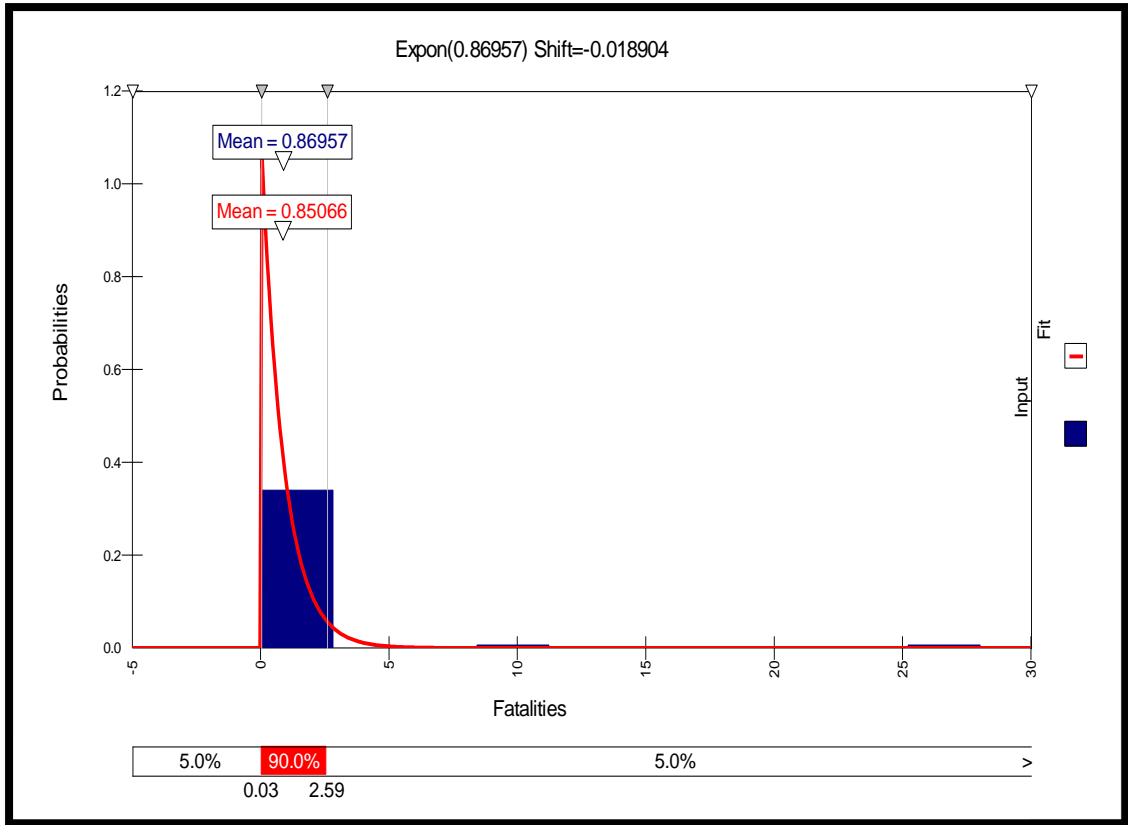




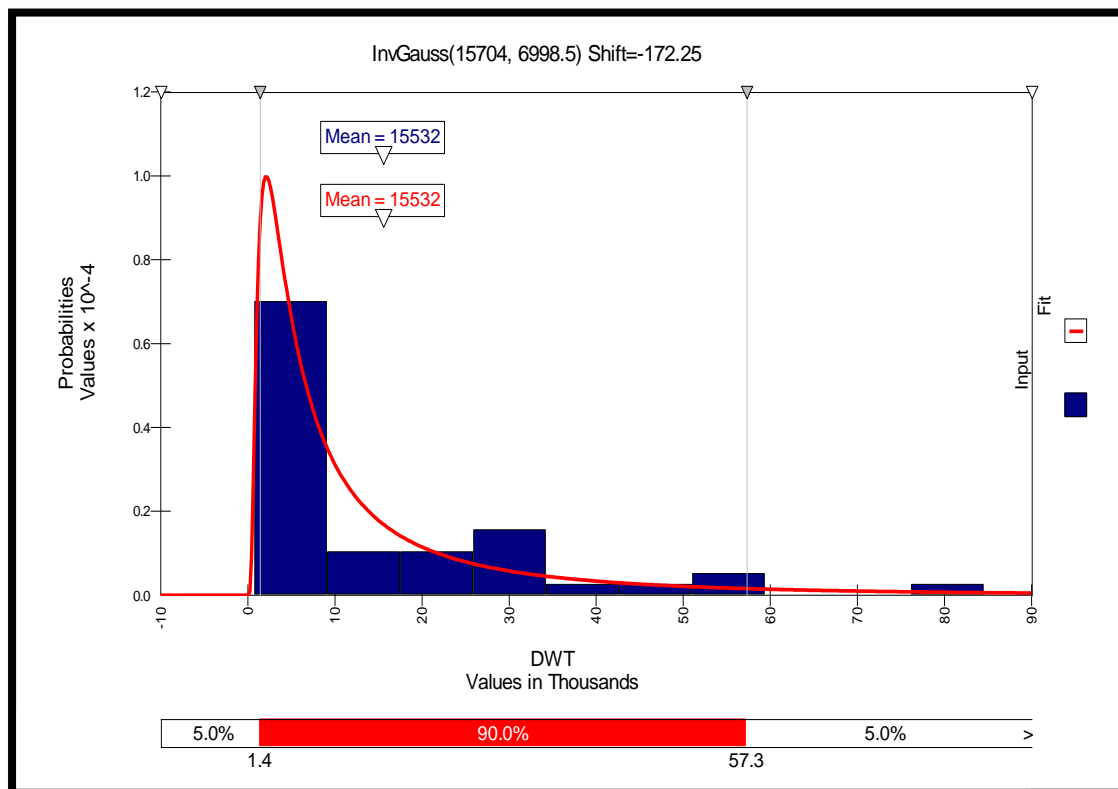
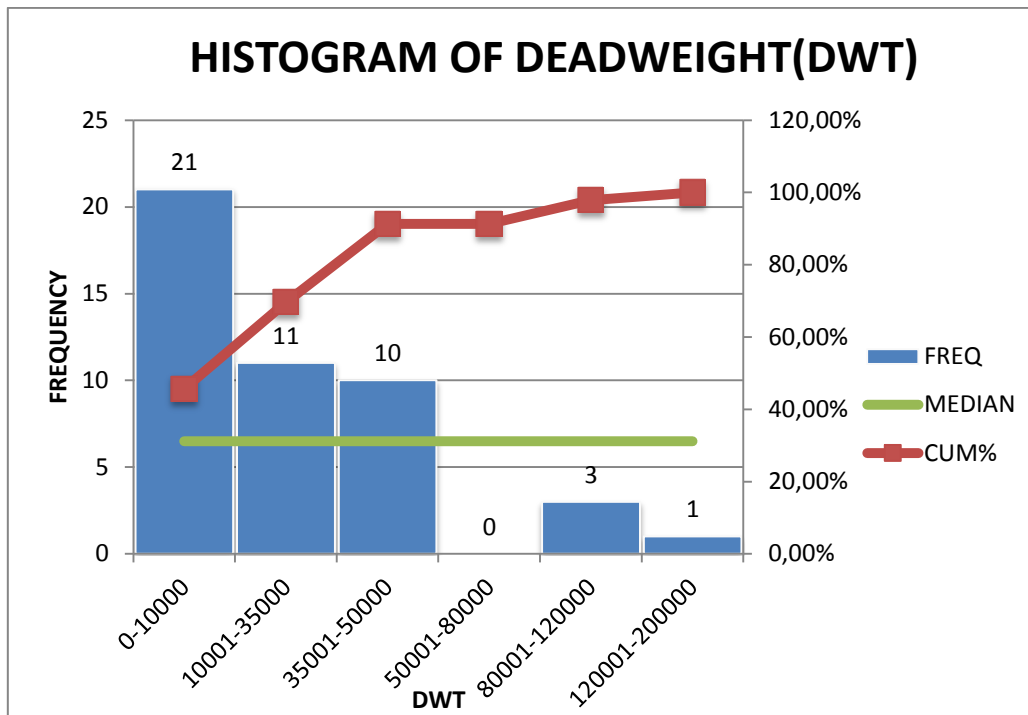




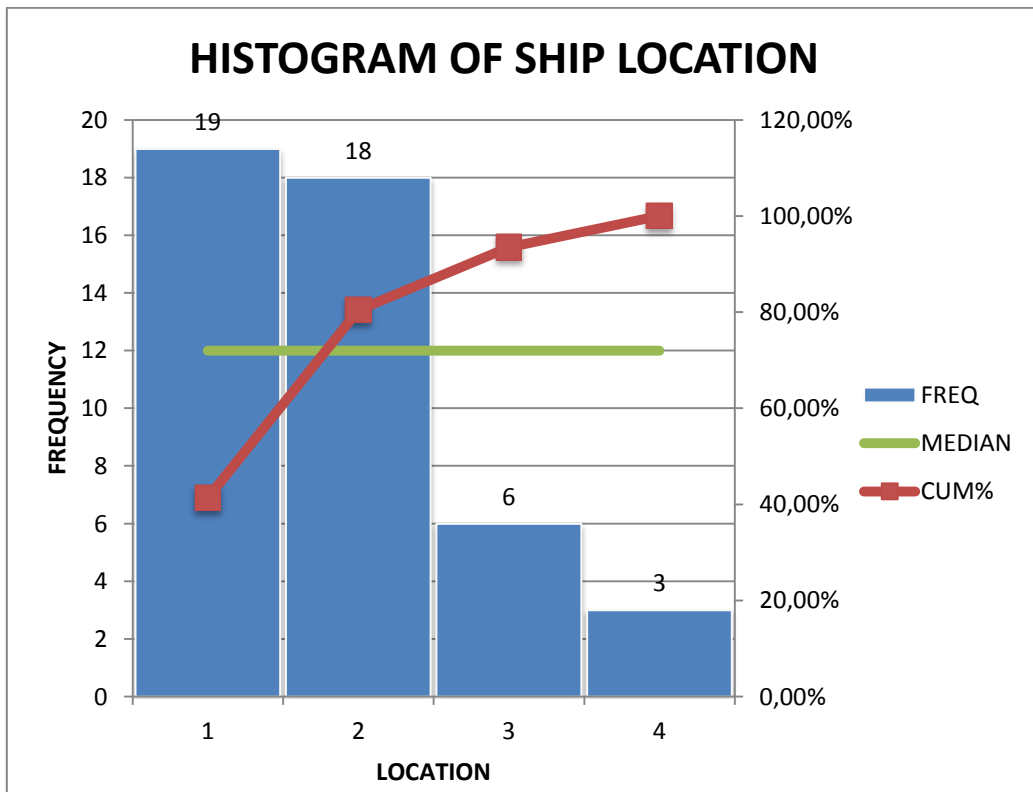
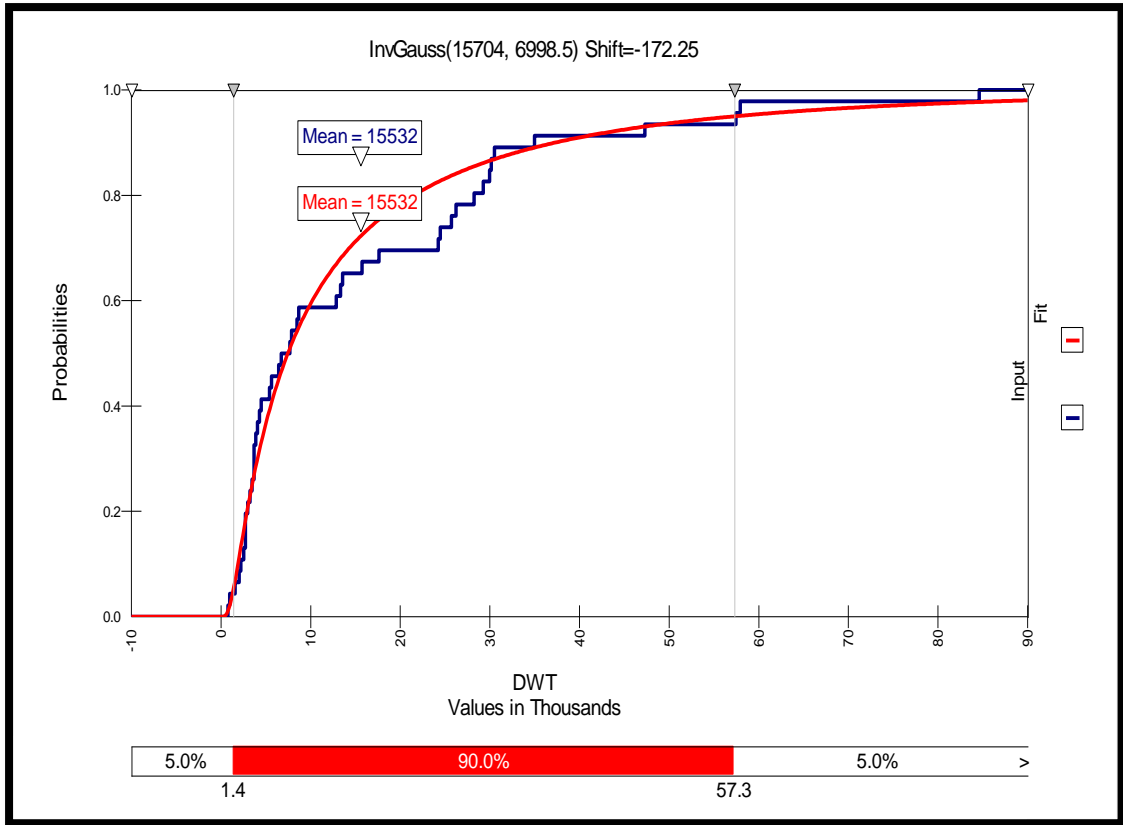


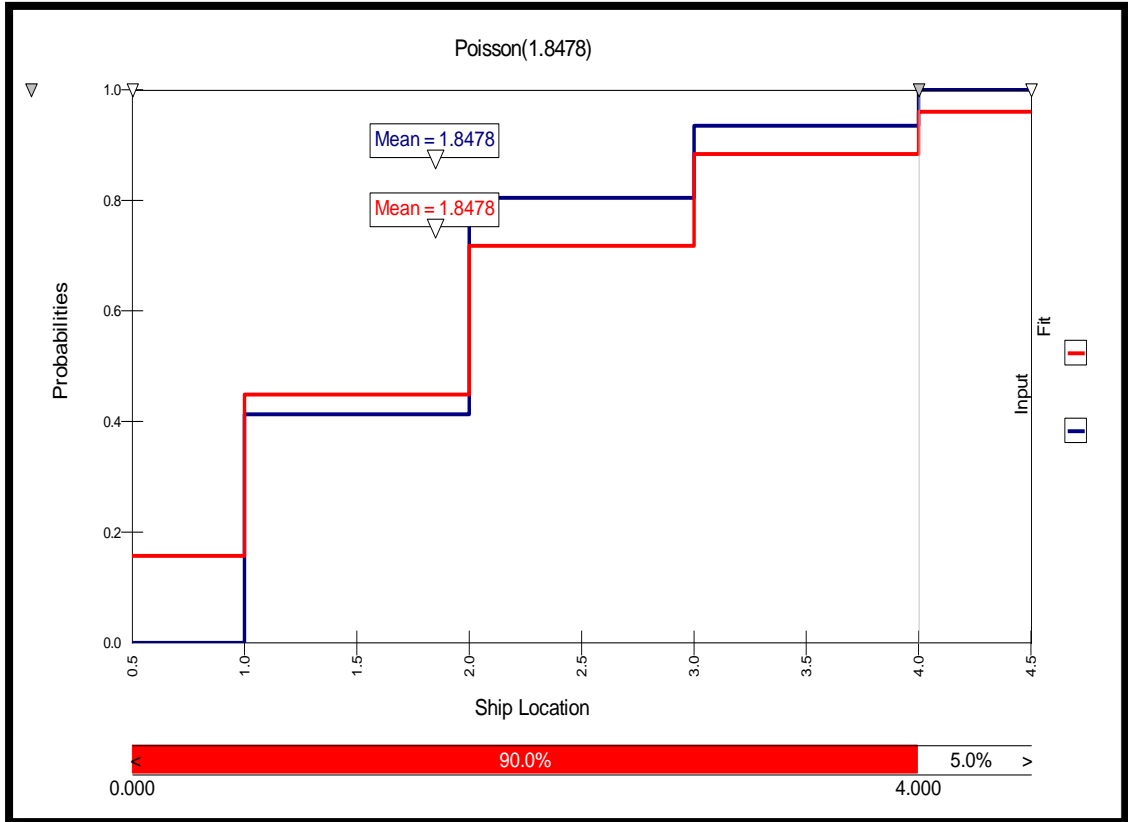
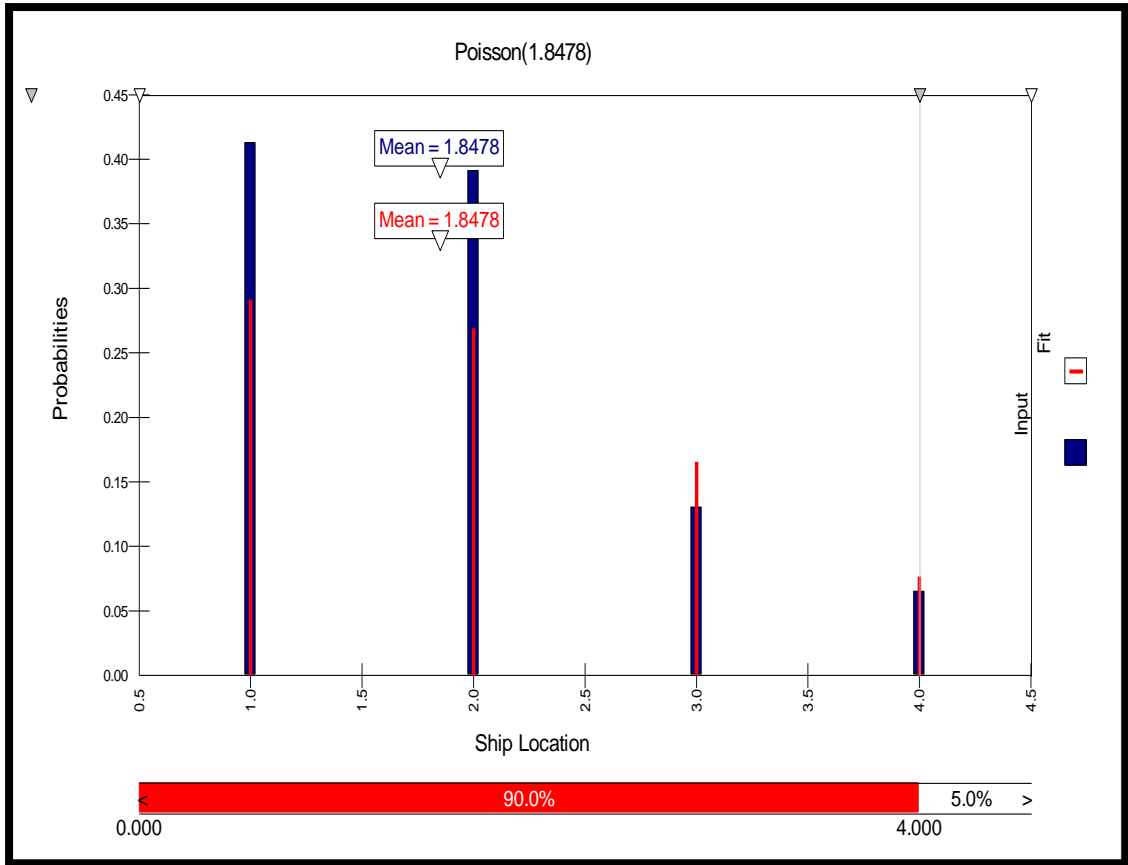


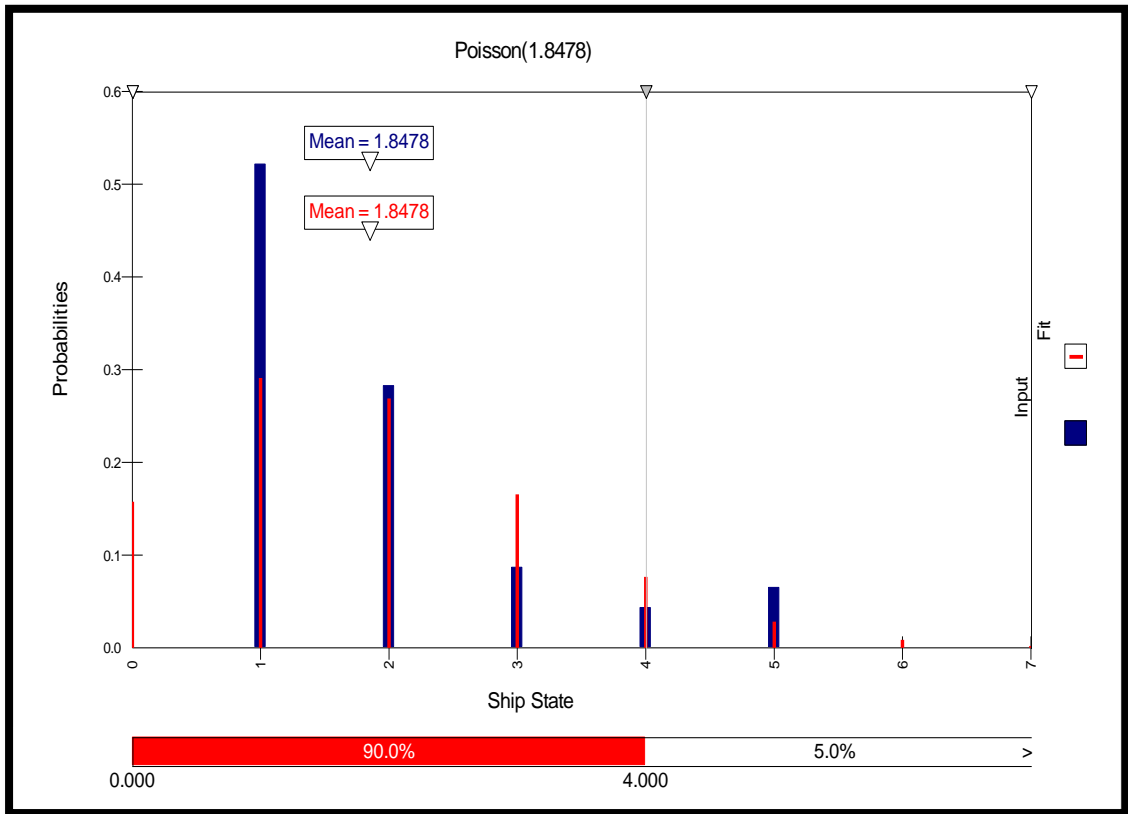
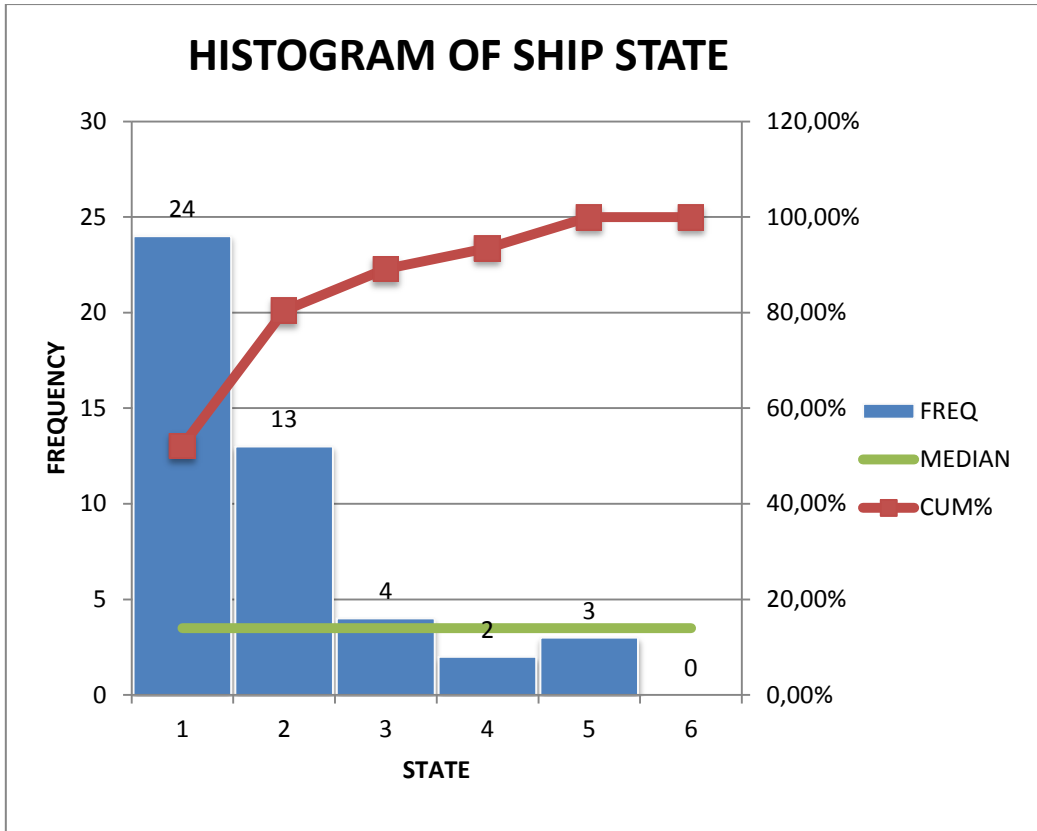
## A.2 TANKERS

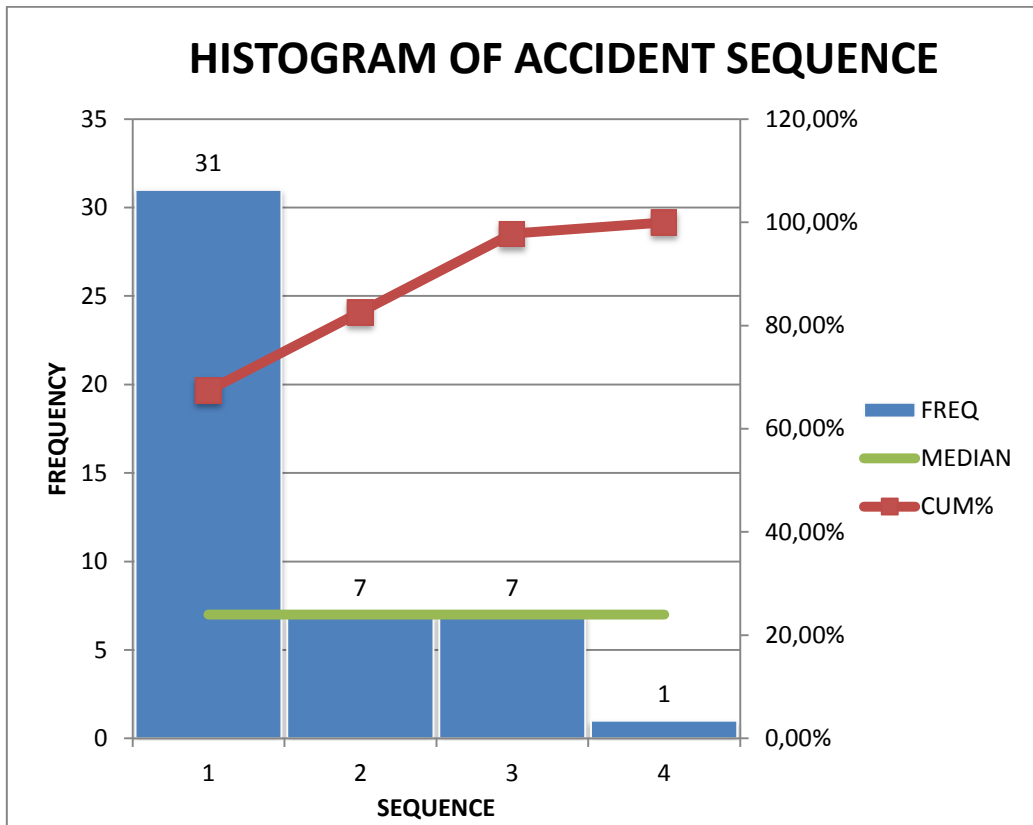
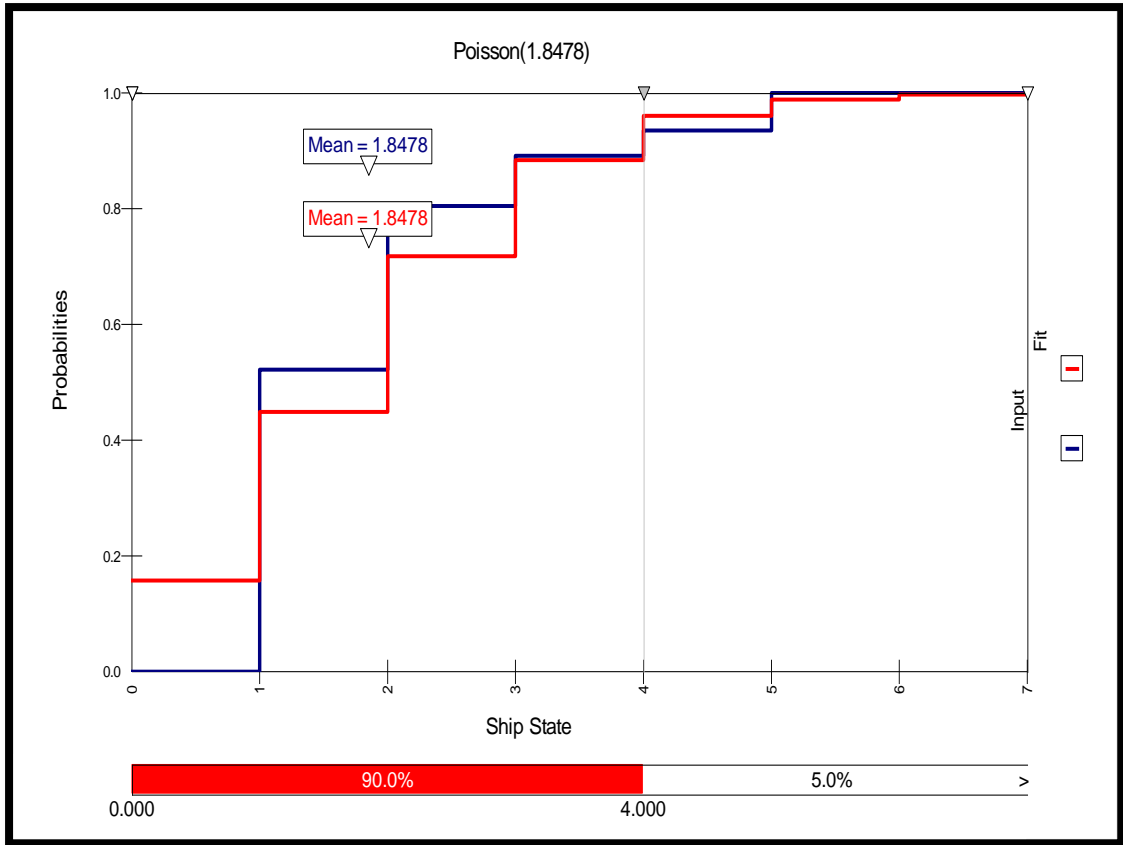


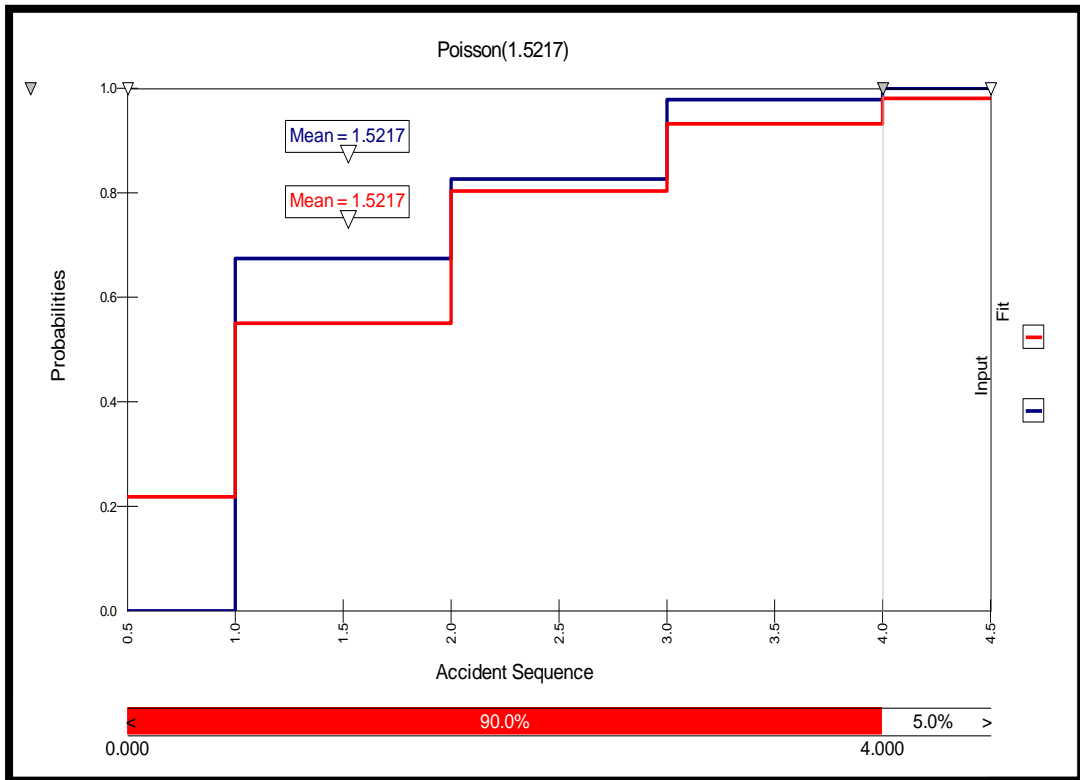
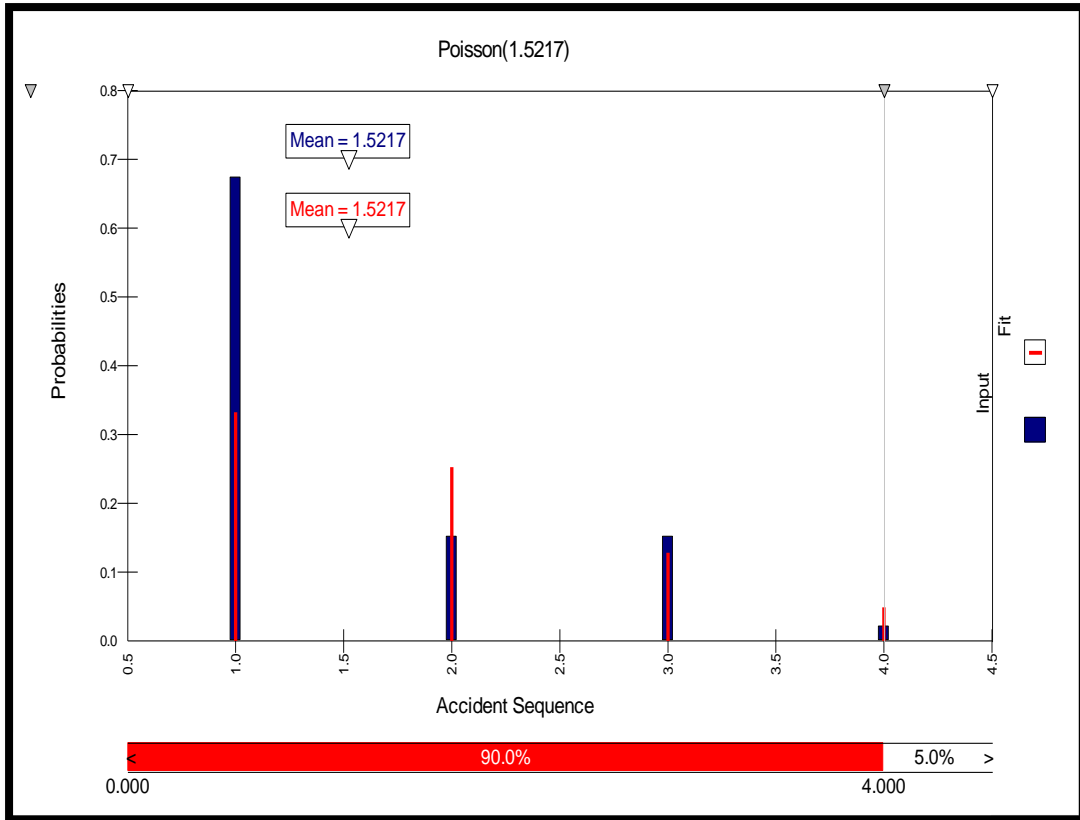


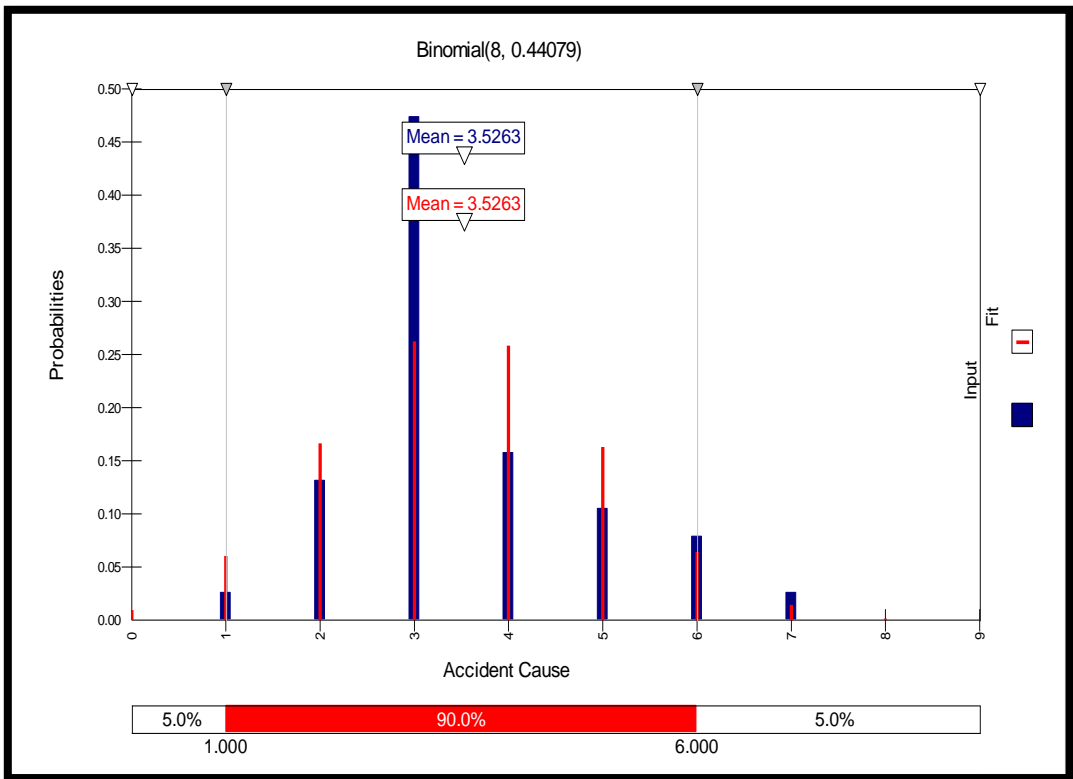
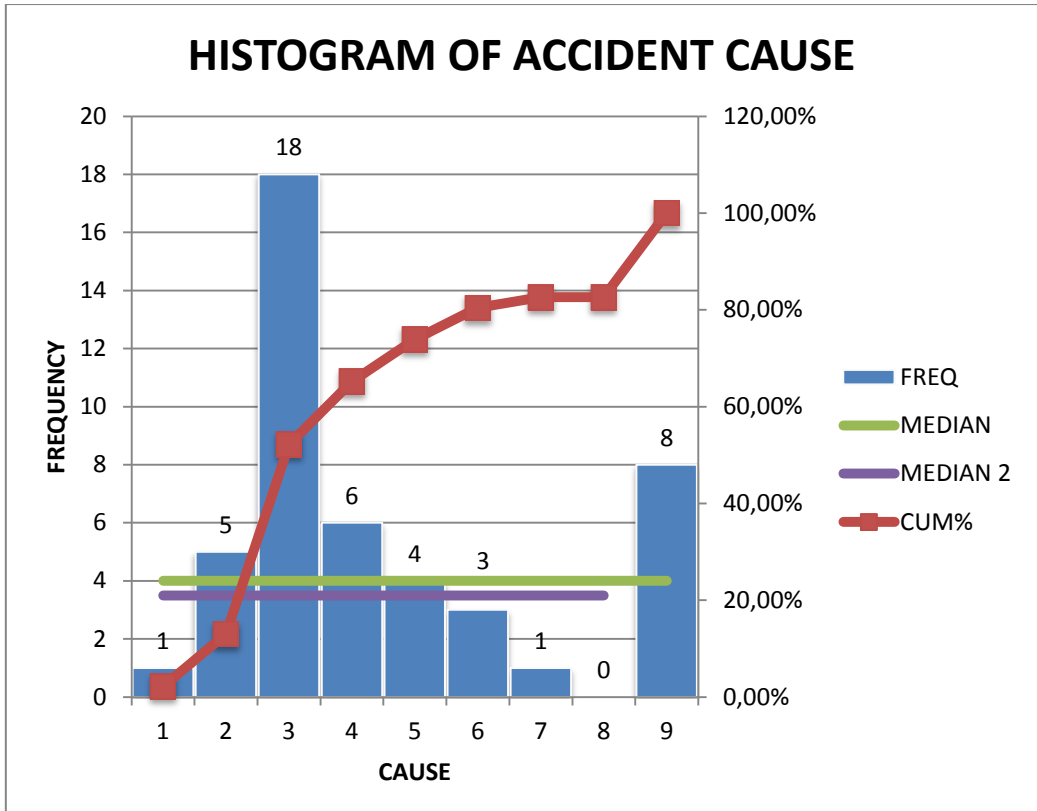


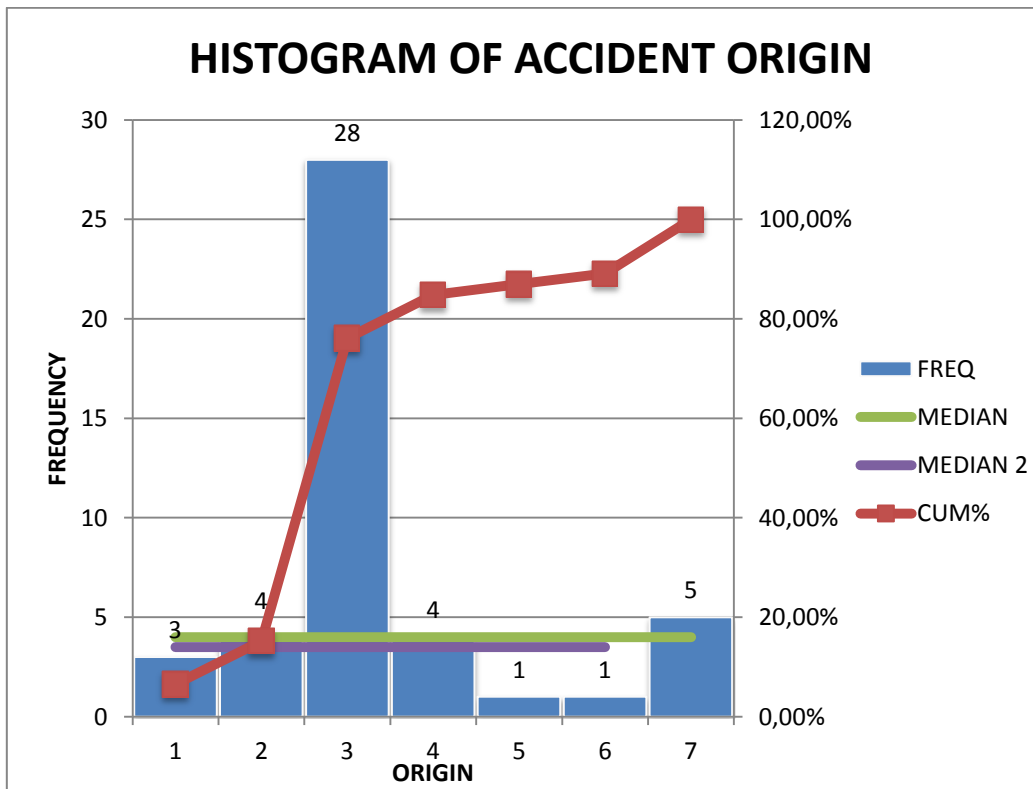
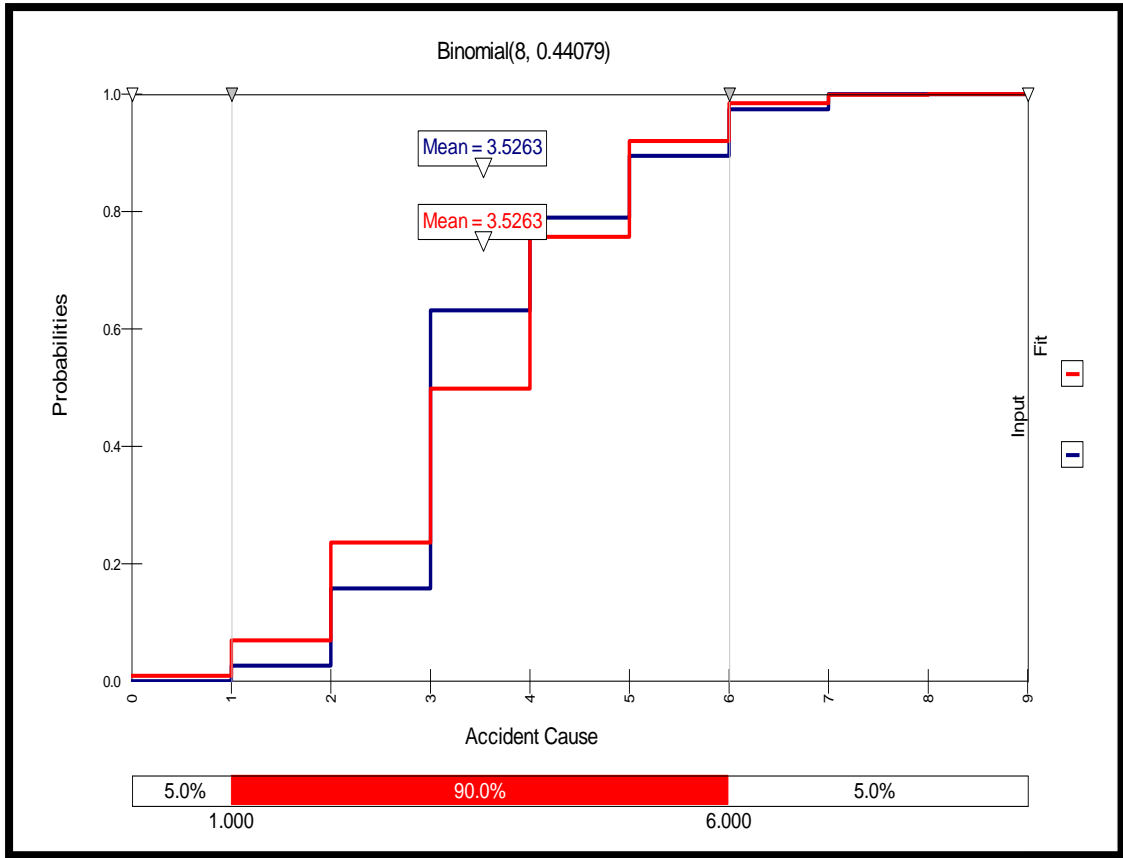


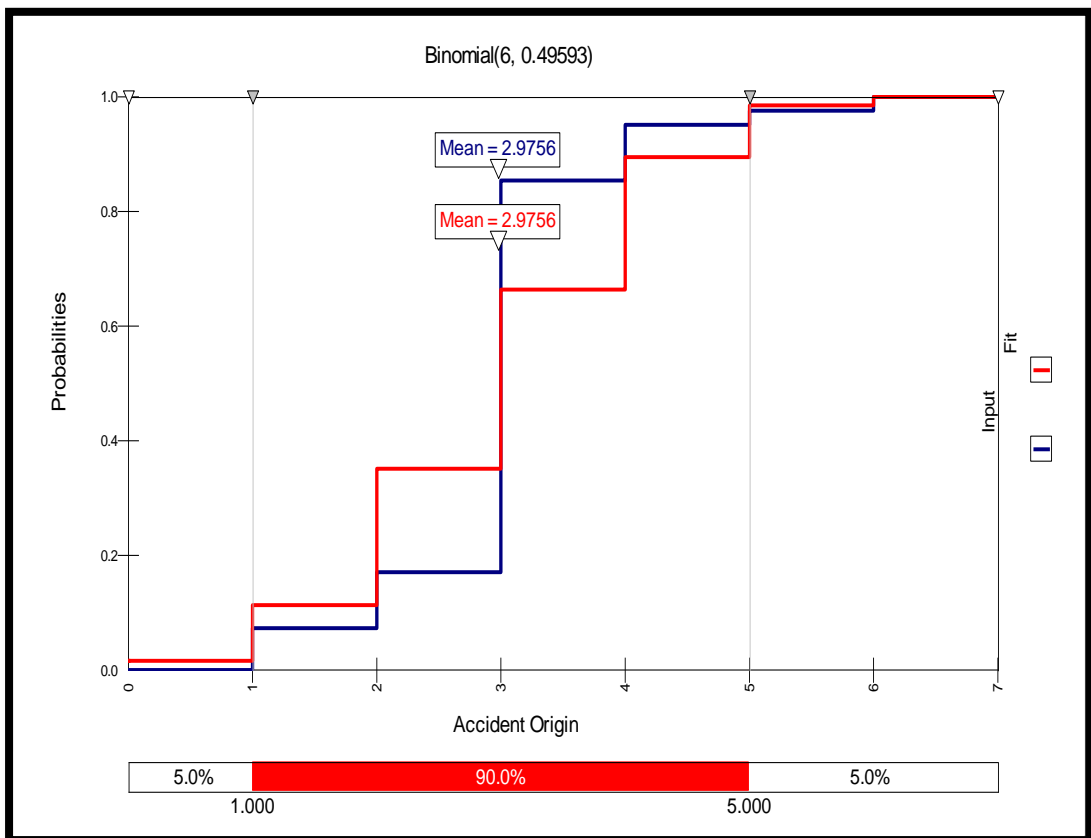
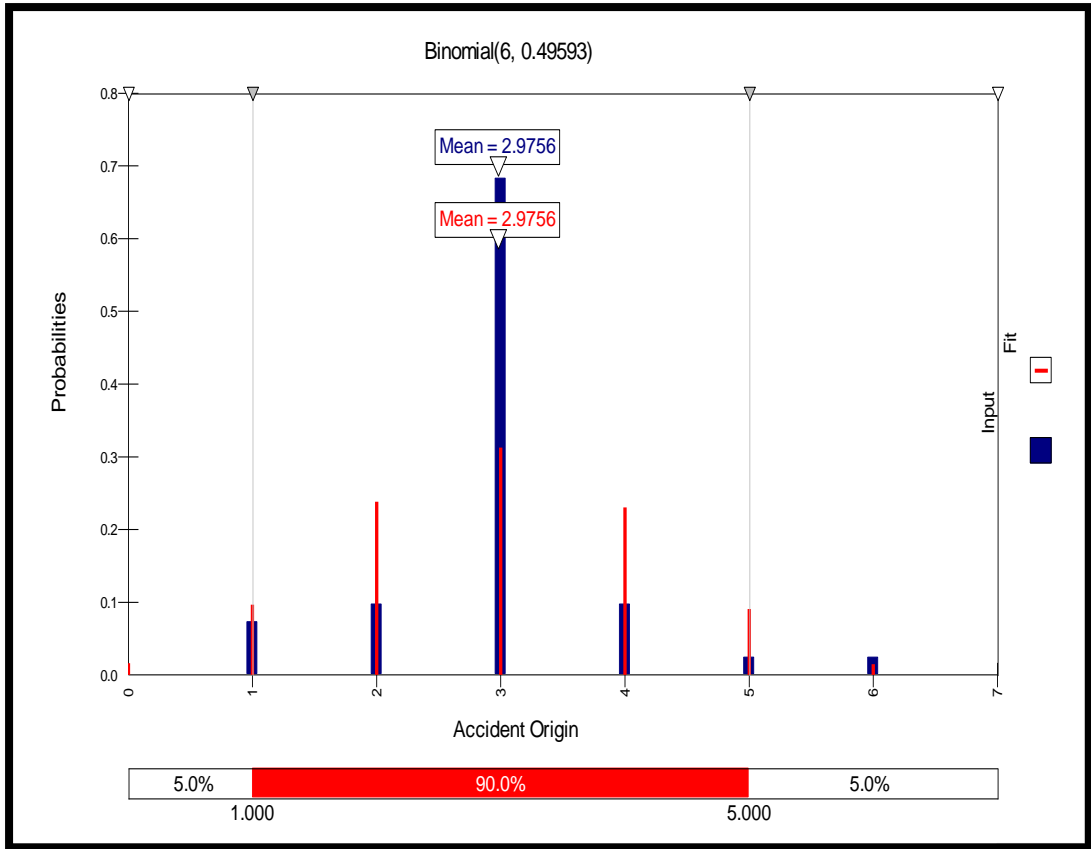




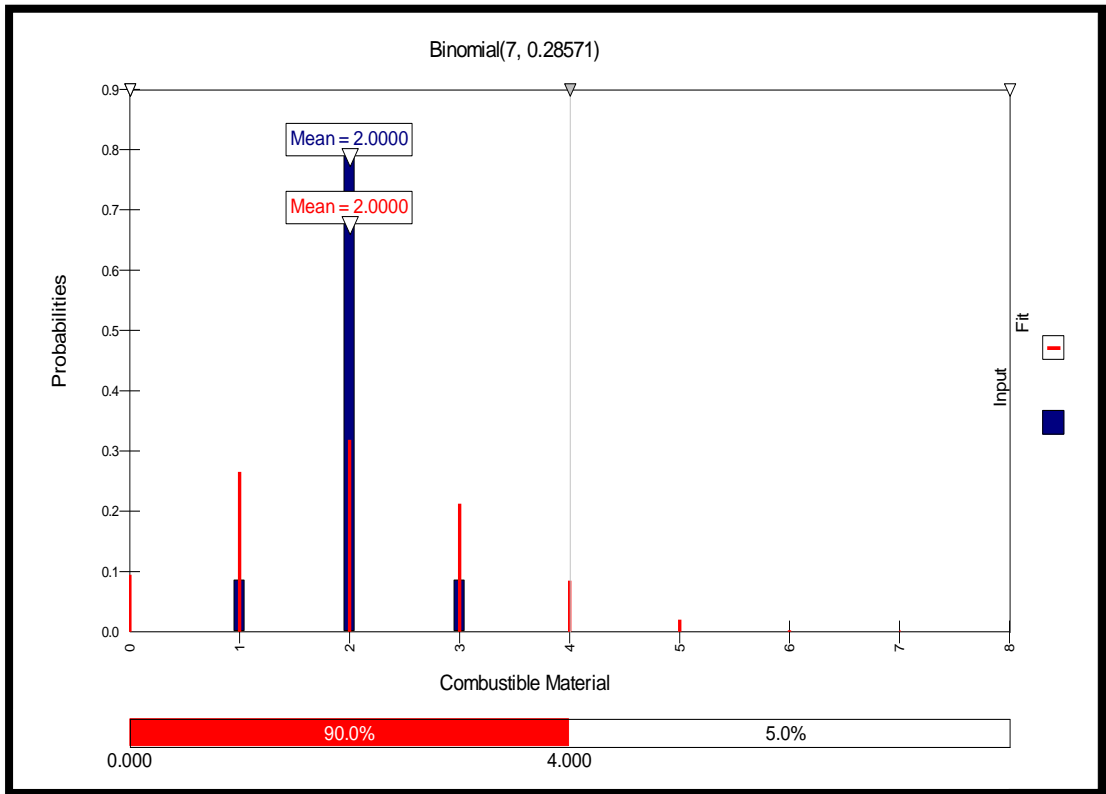
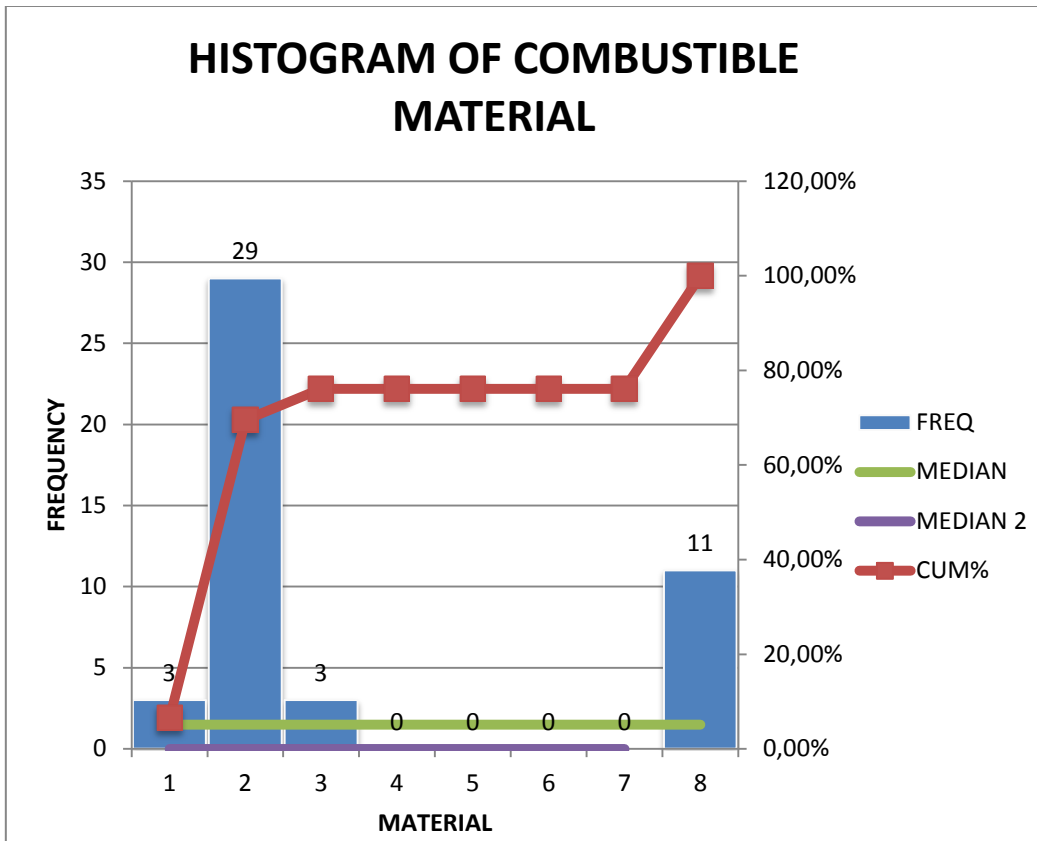


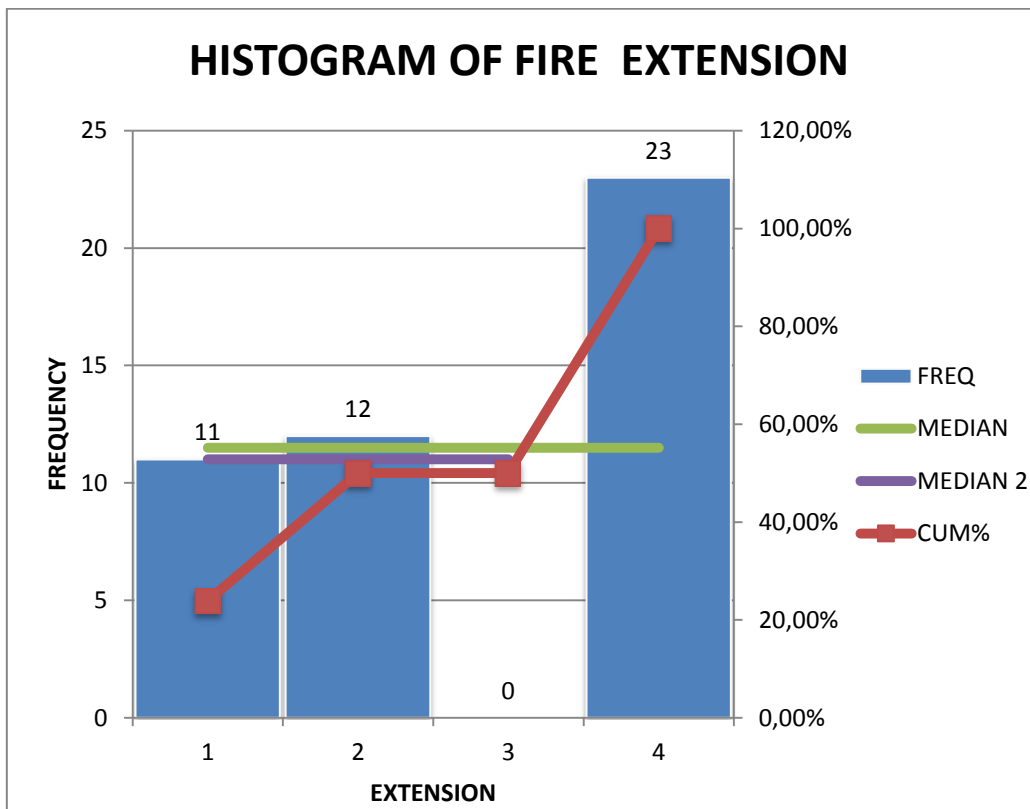
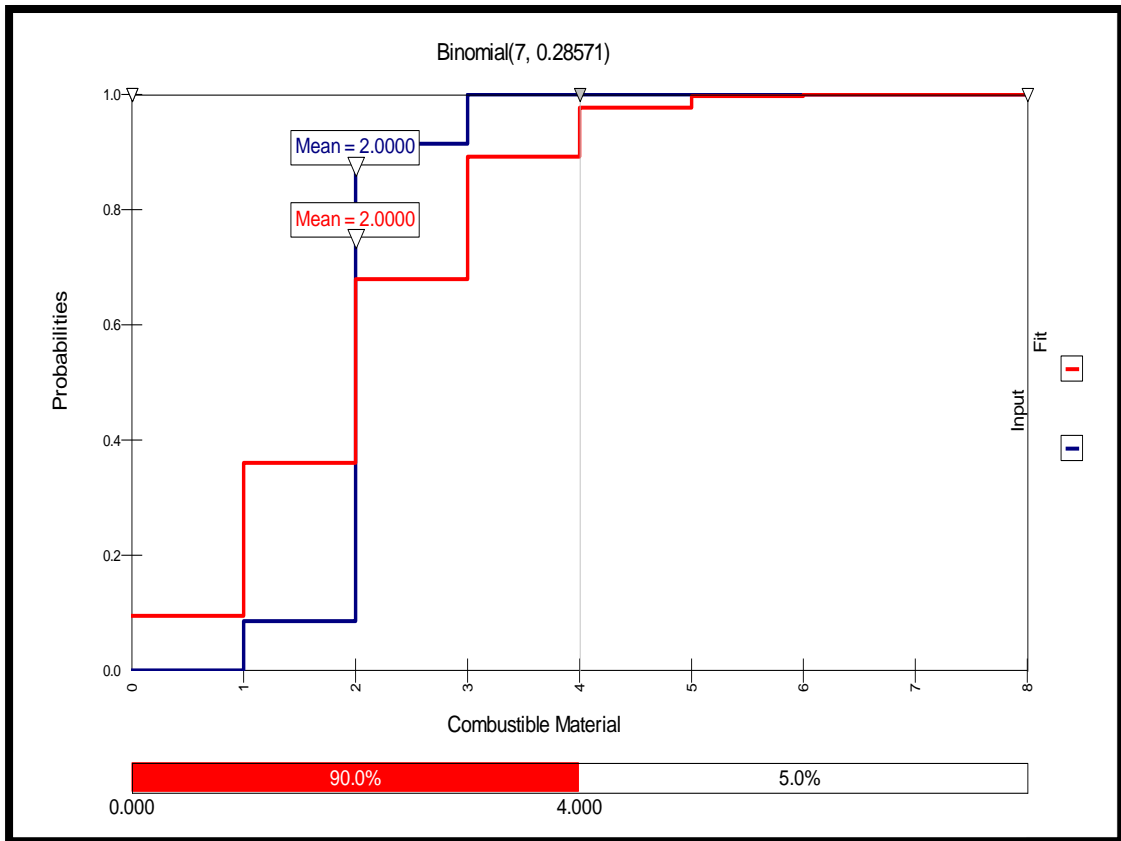


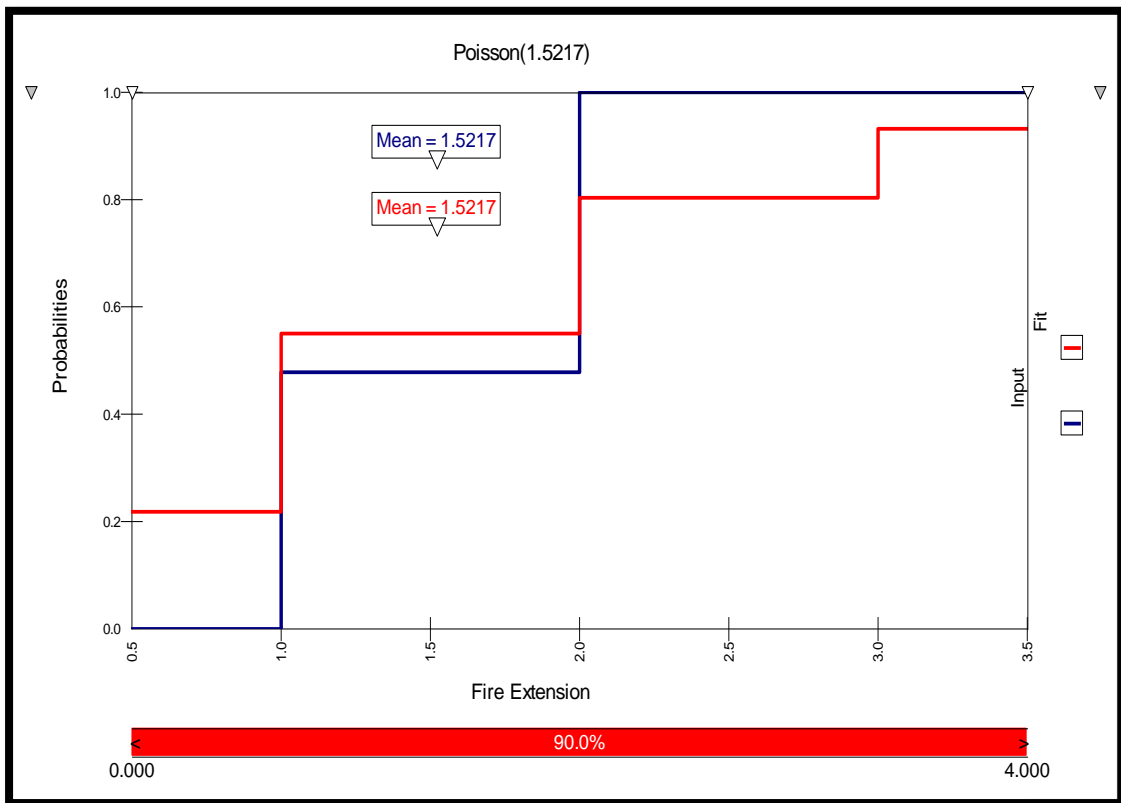
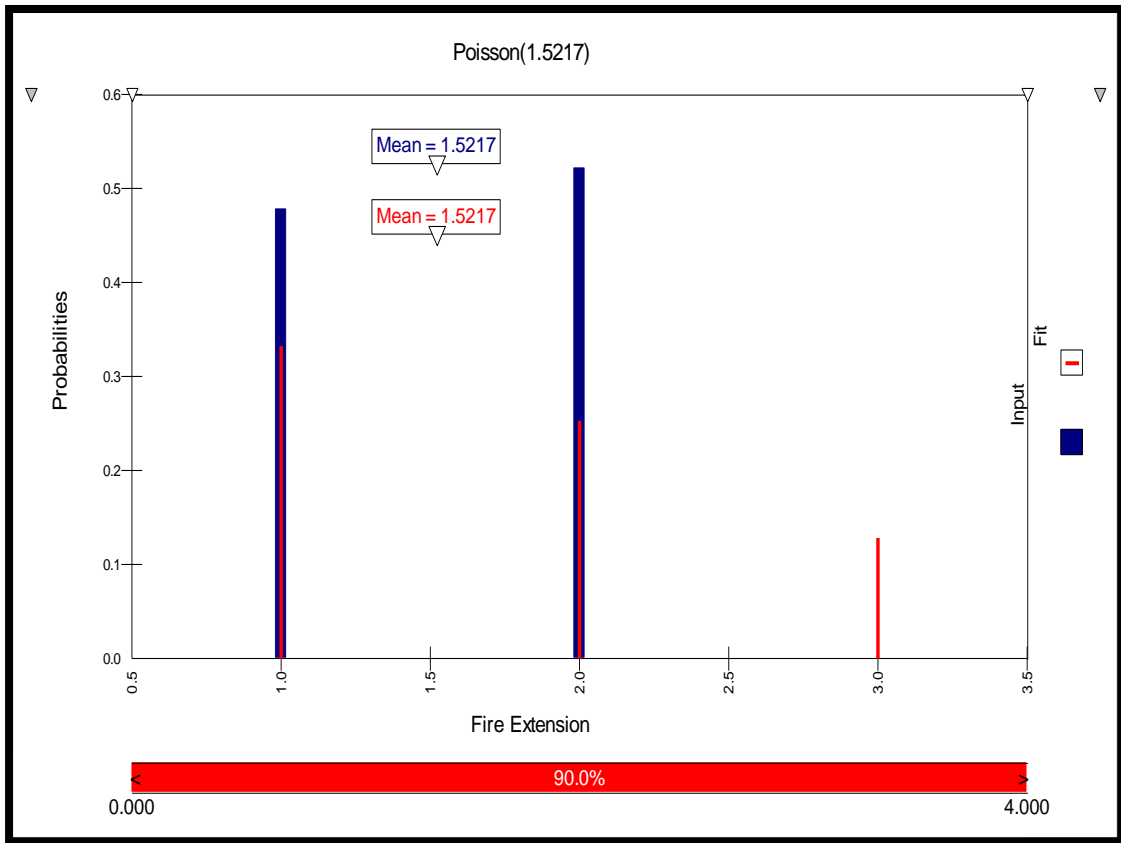


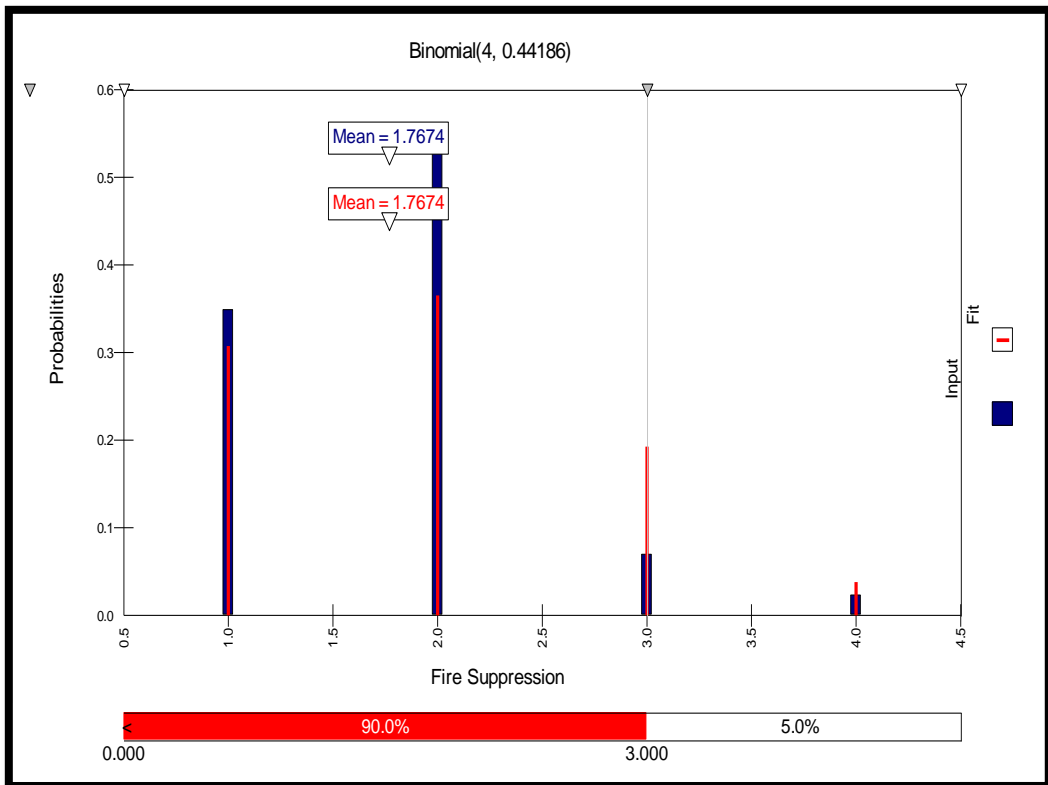
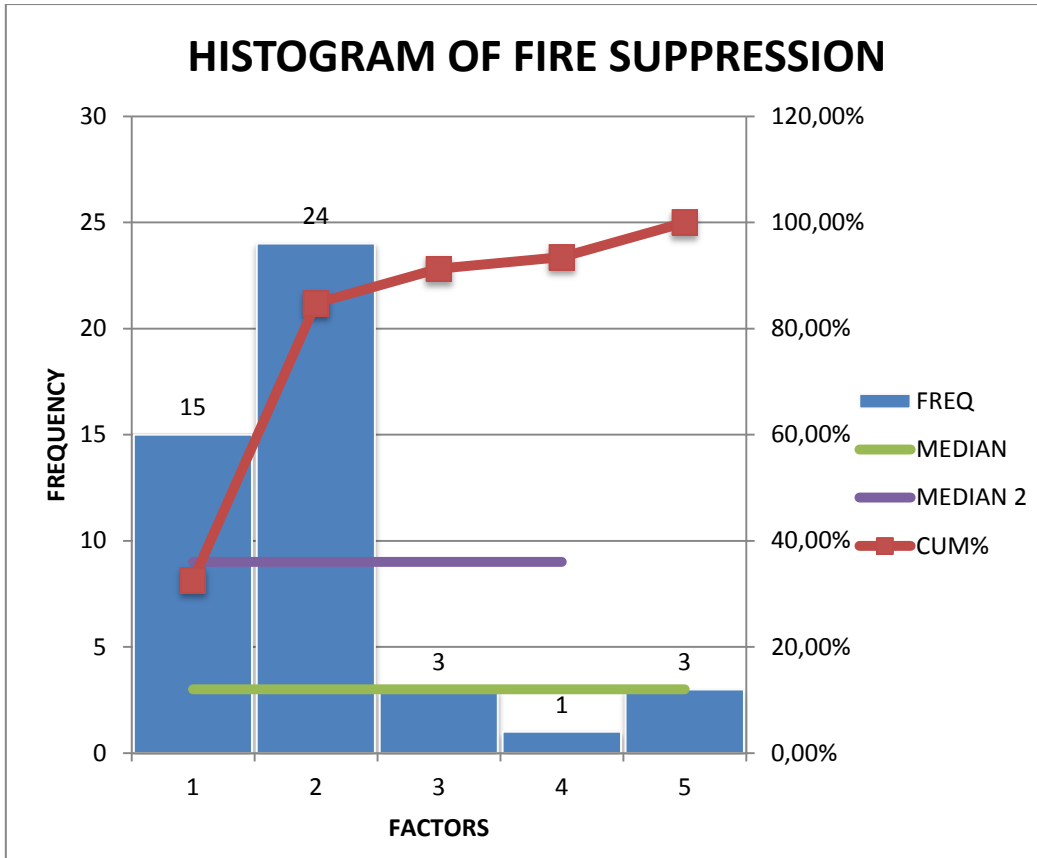


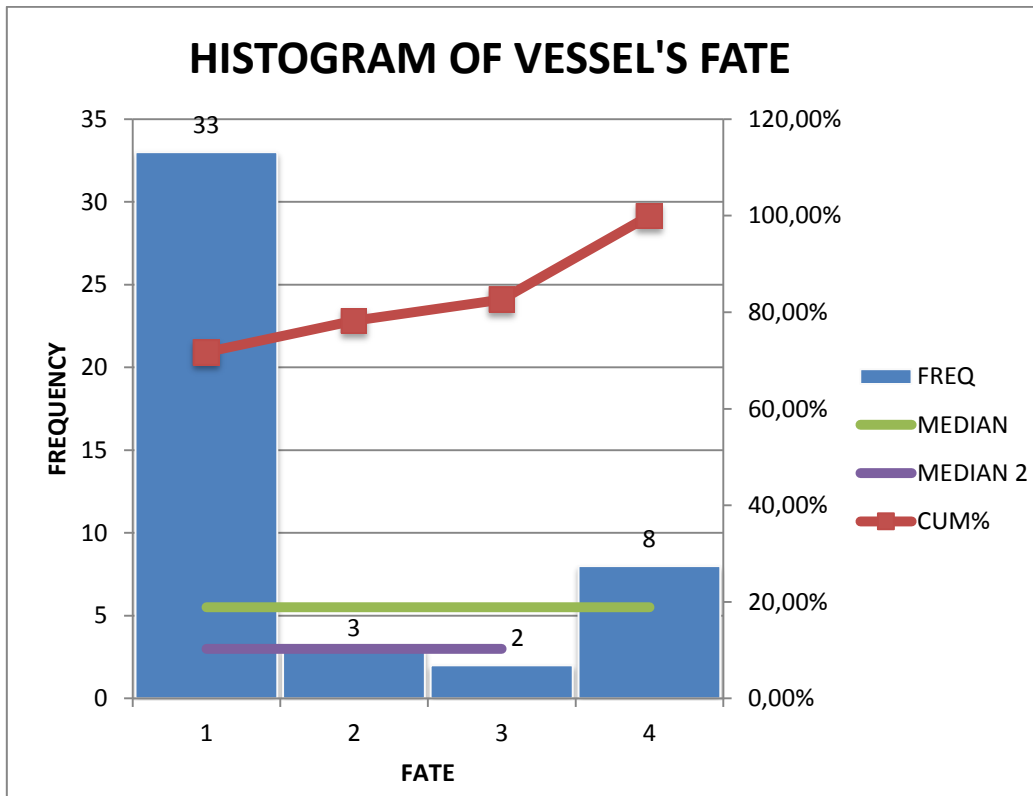
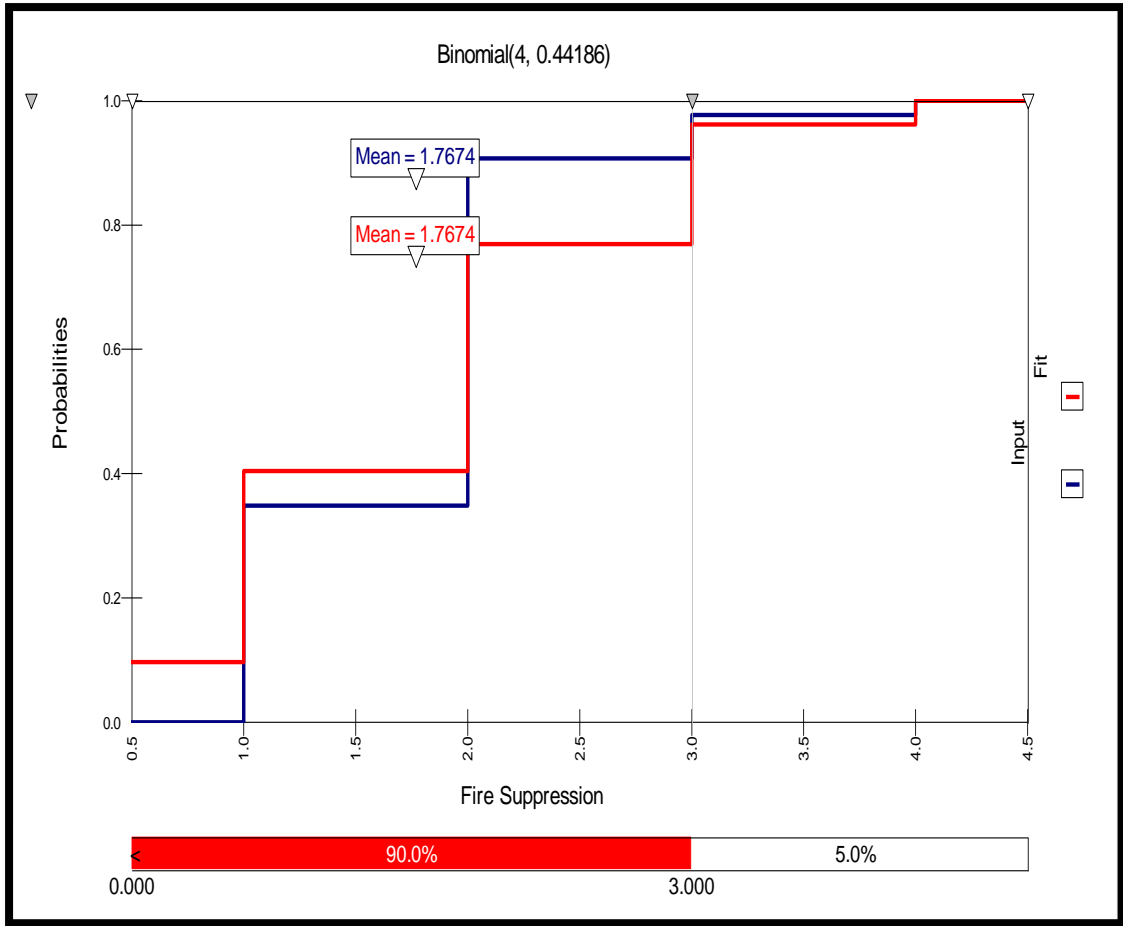


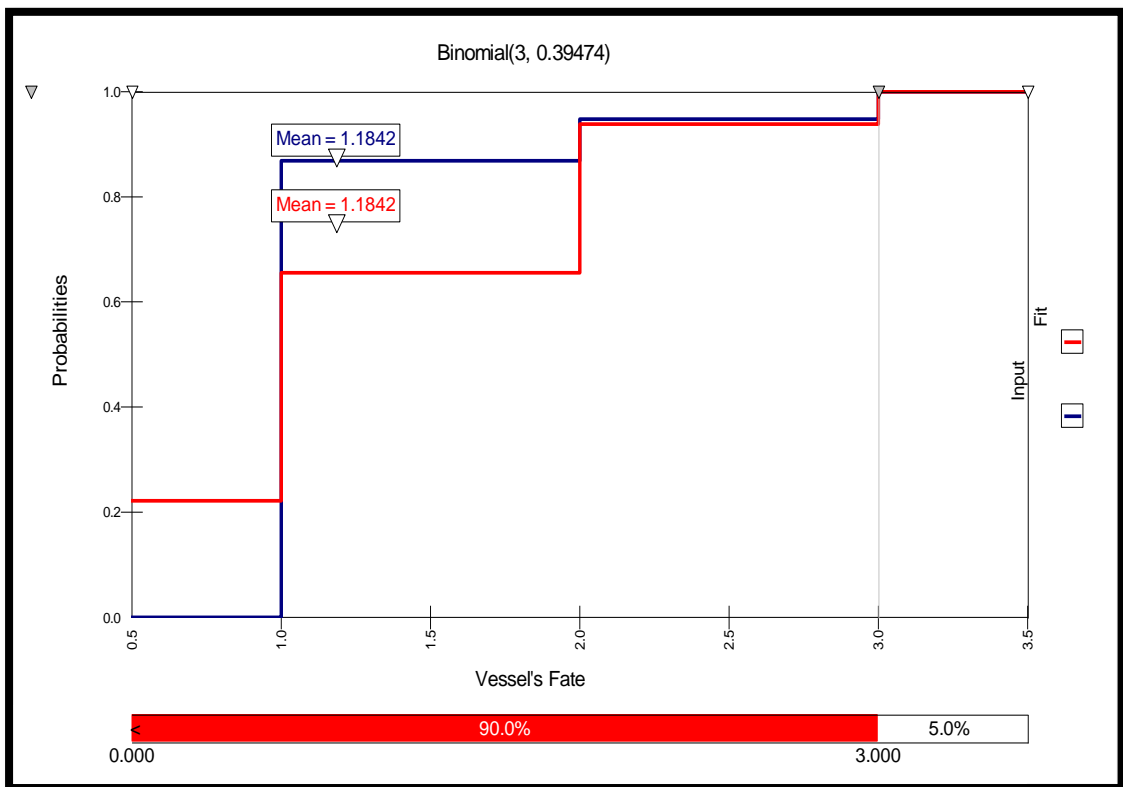
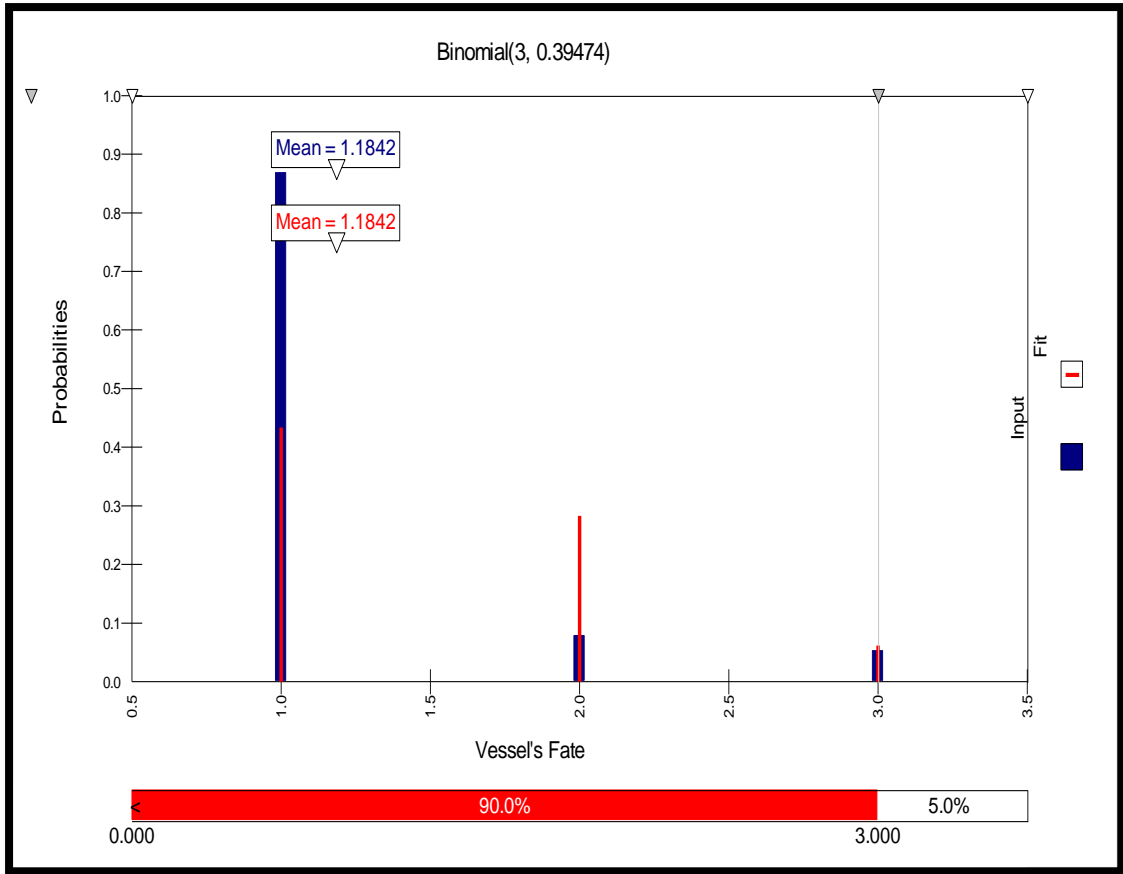


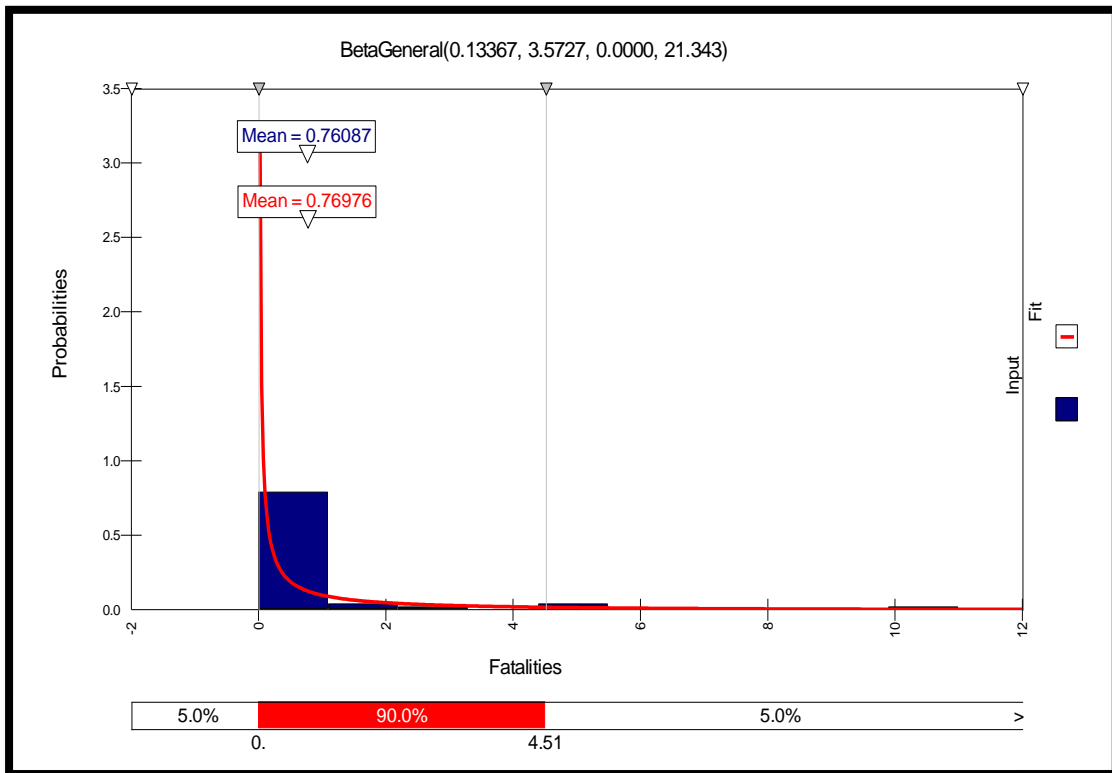
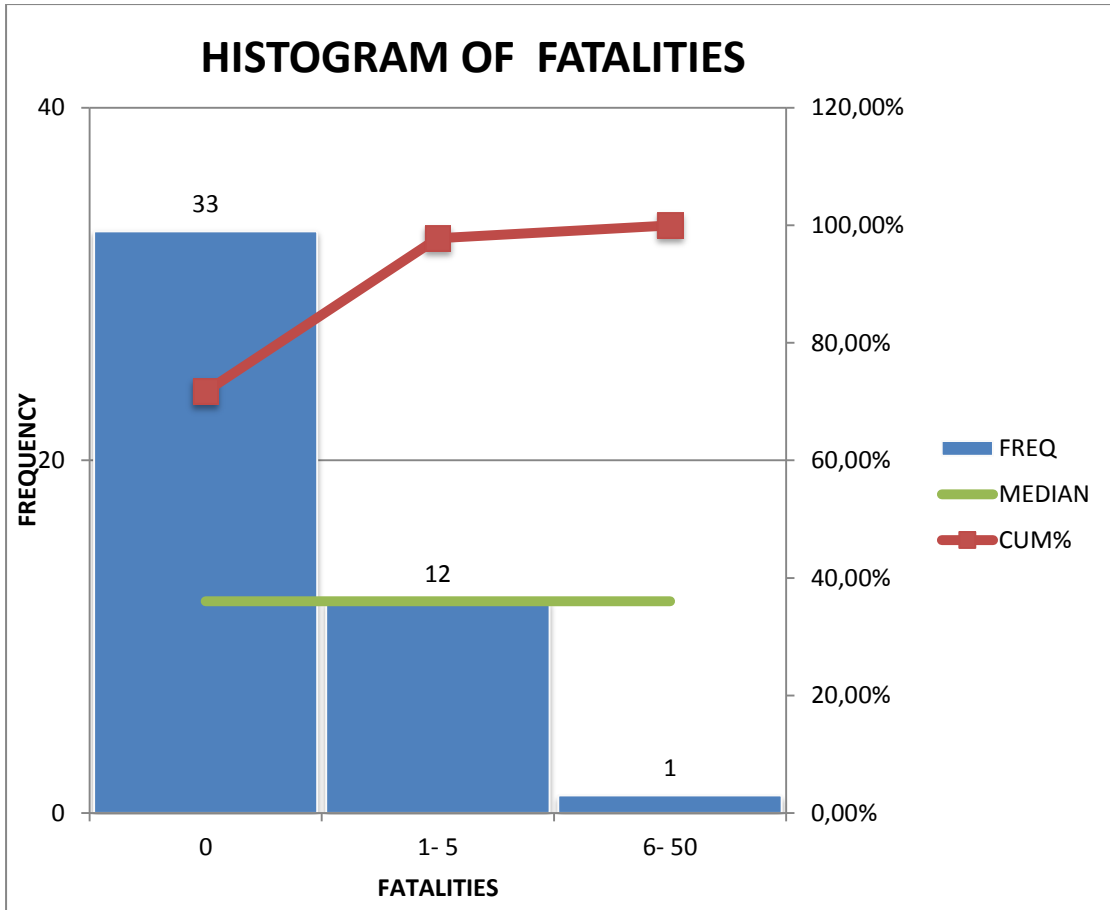


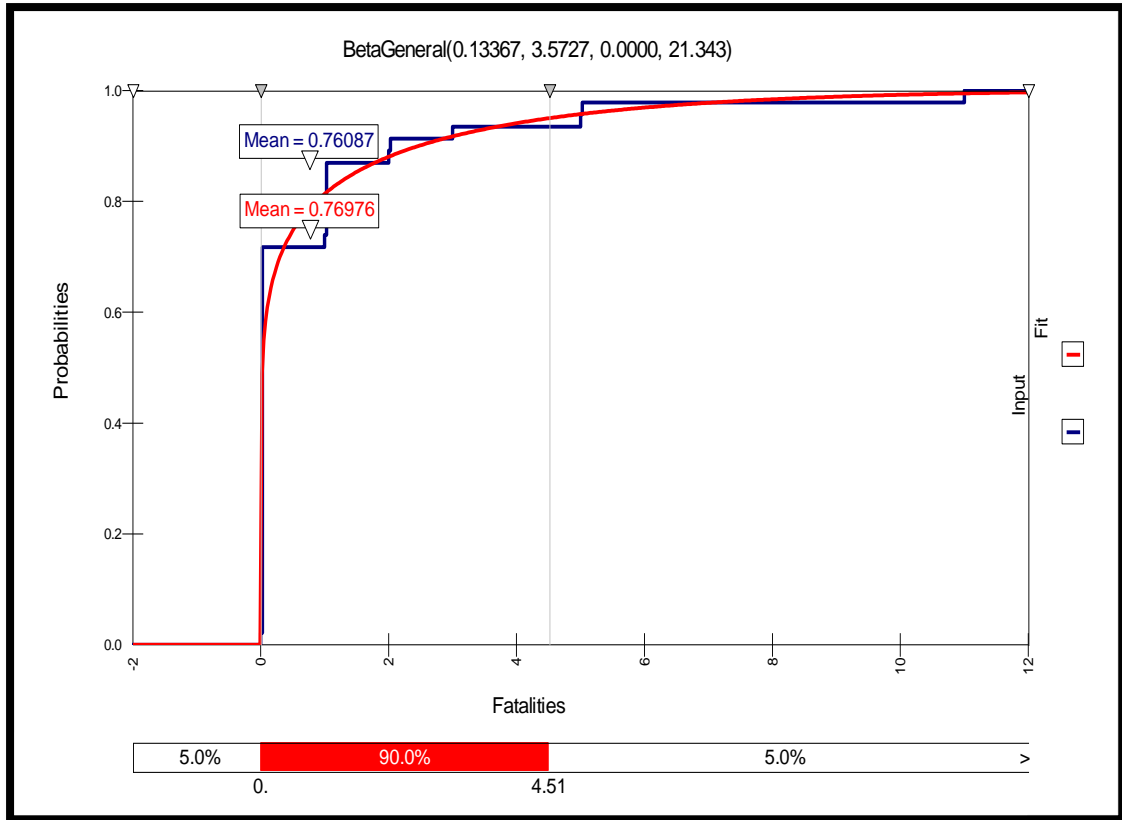




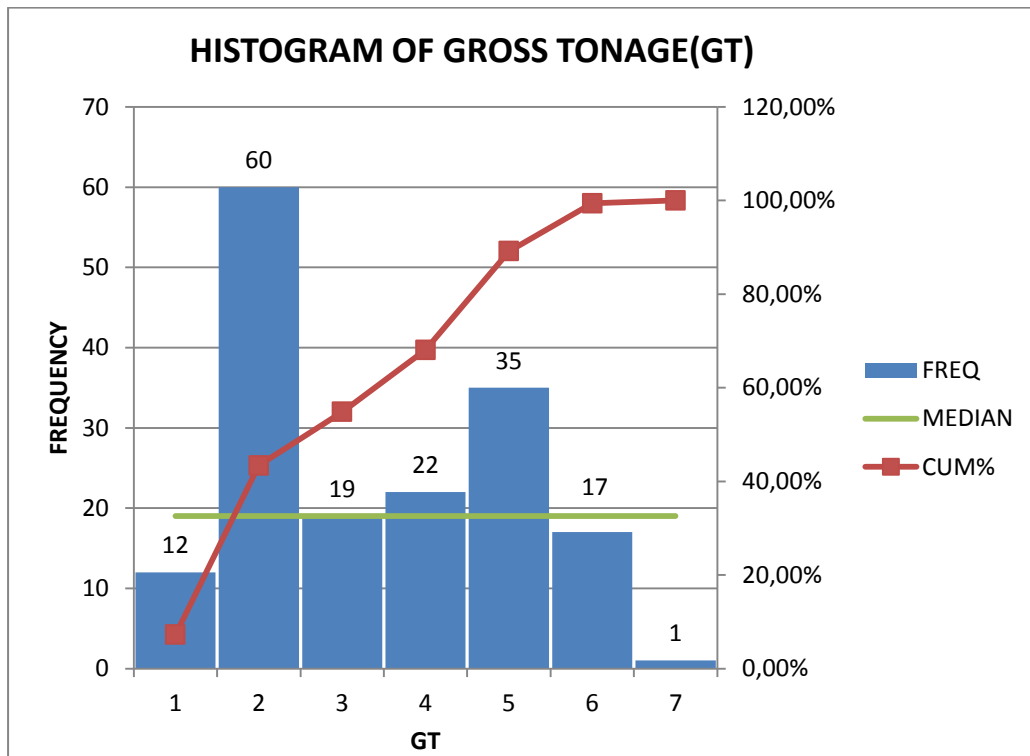




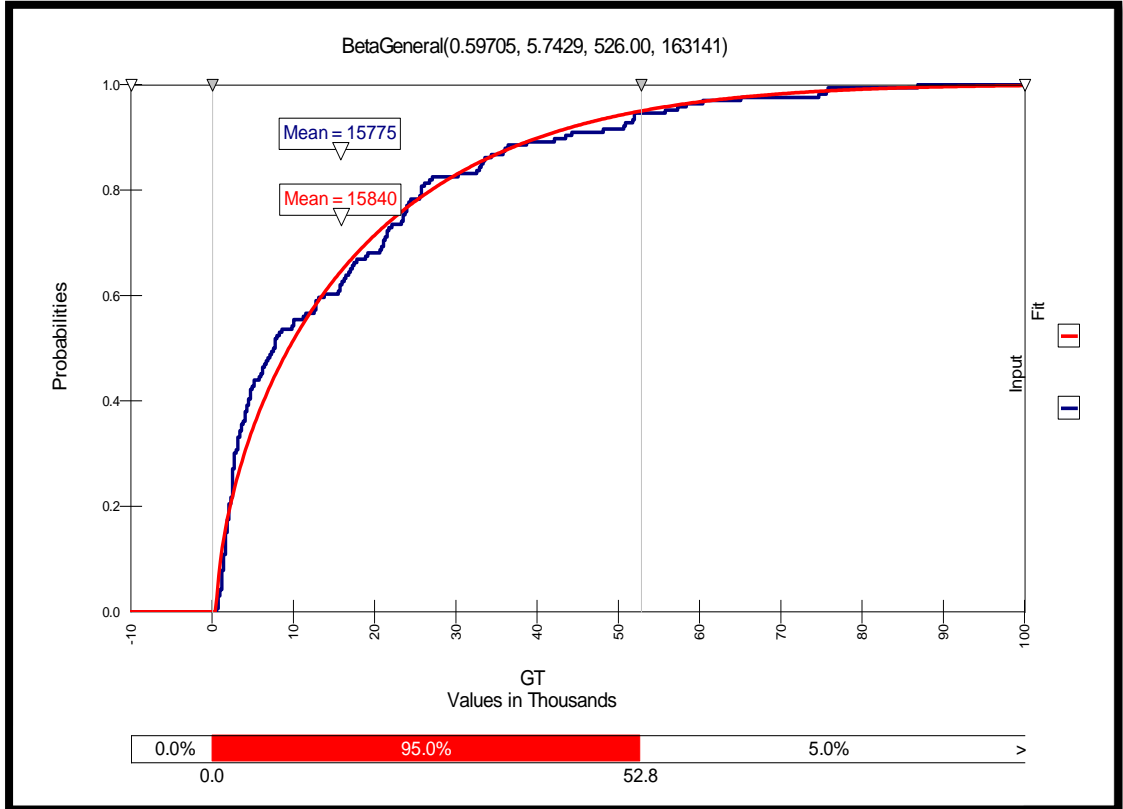
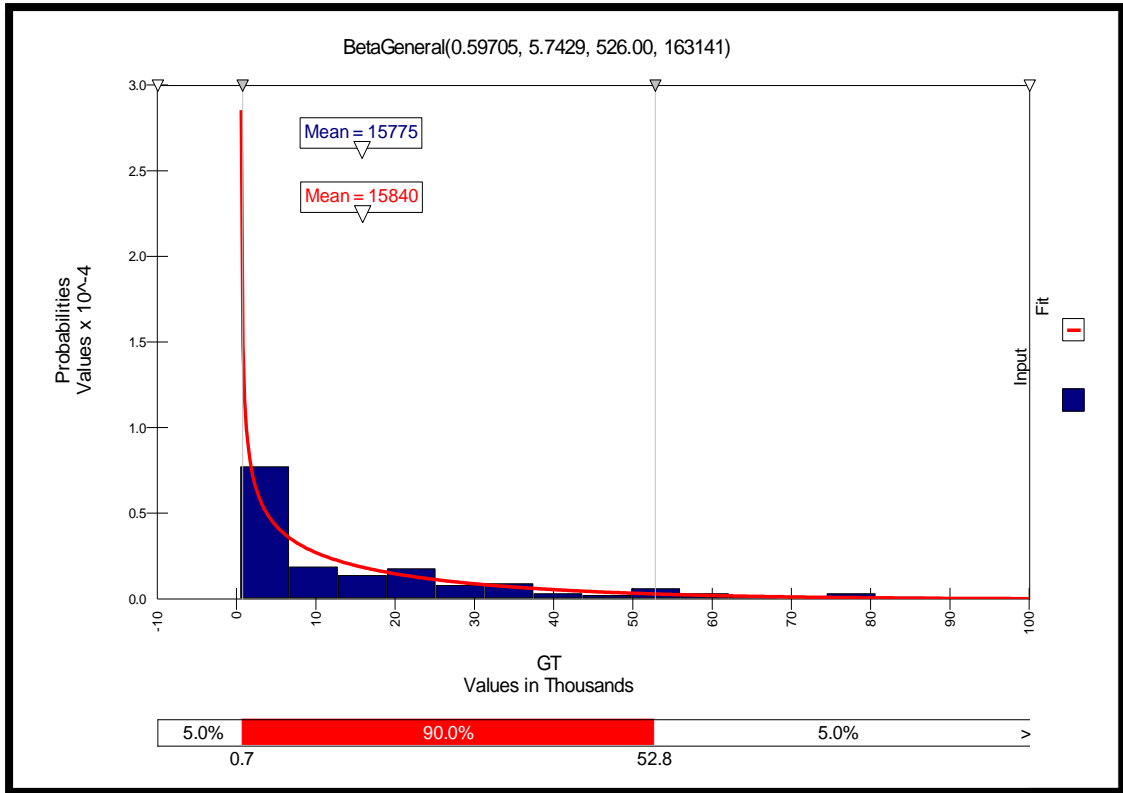


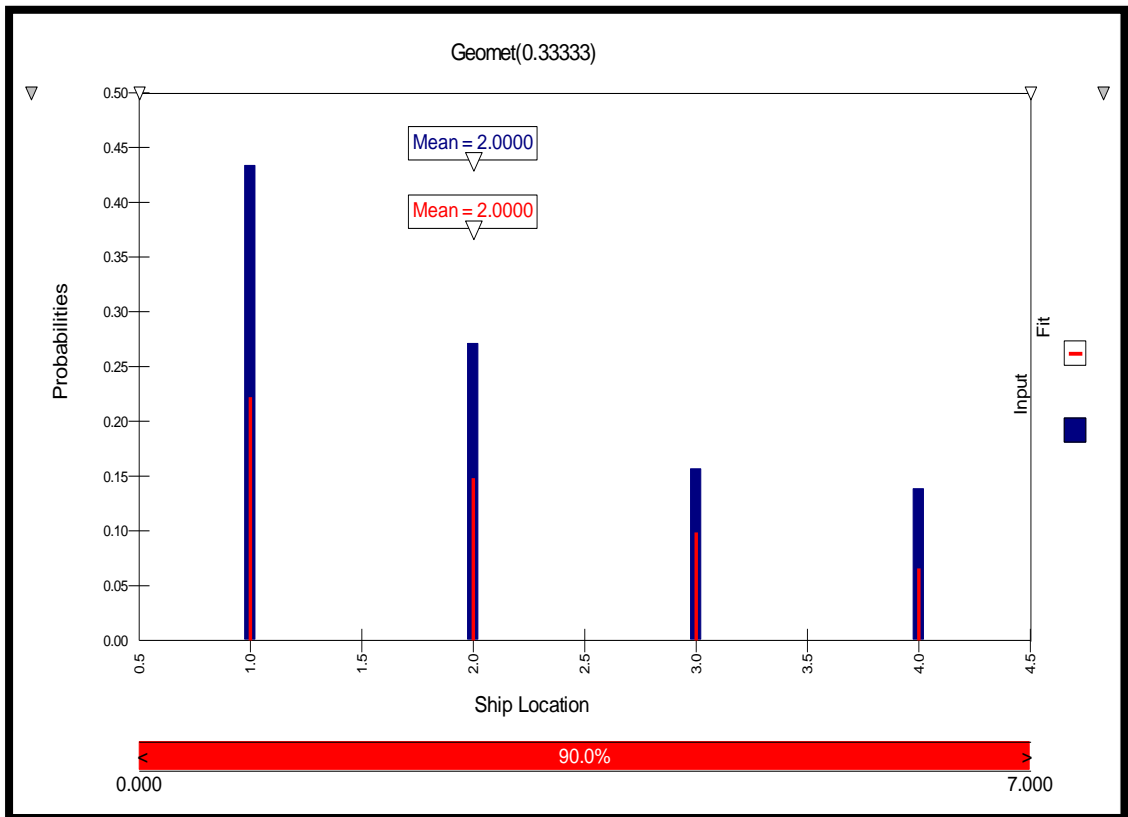
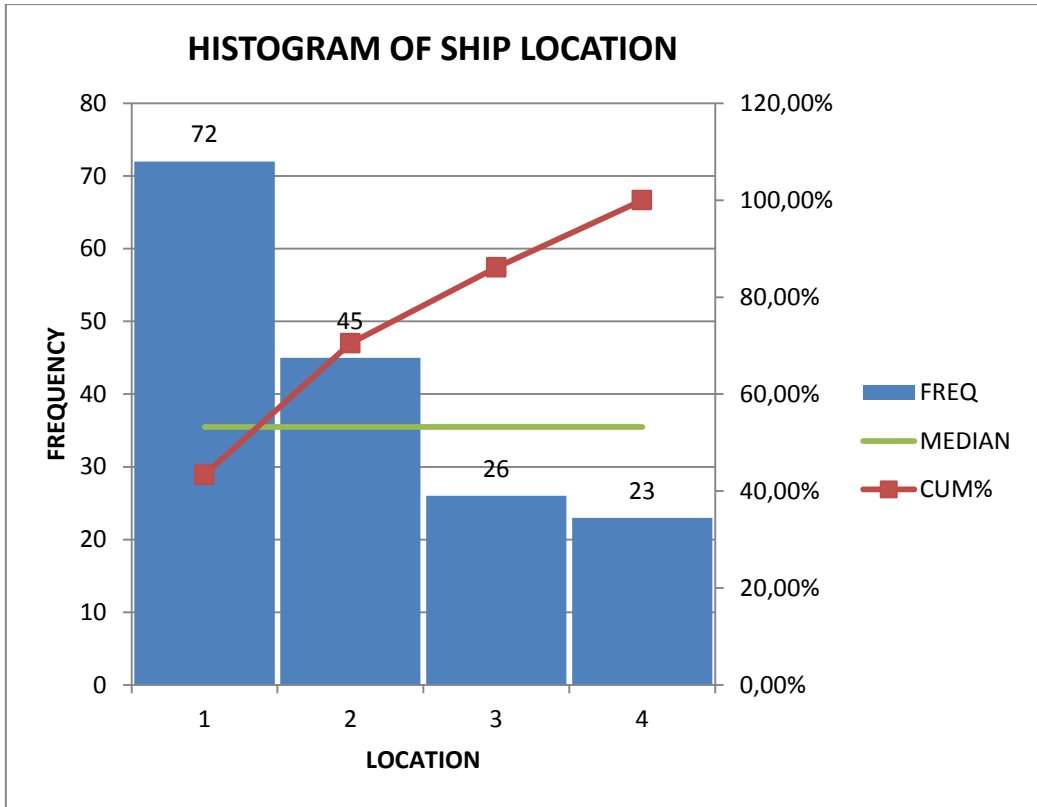


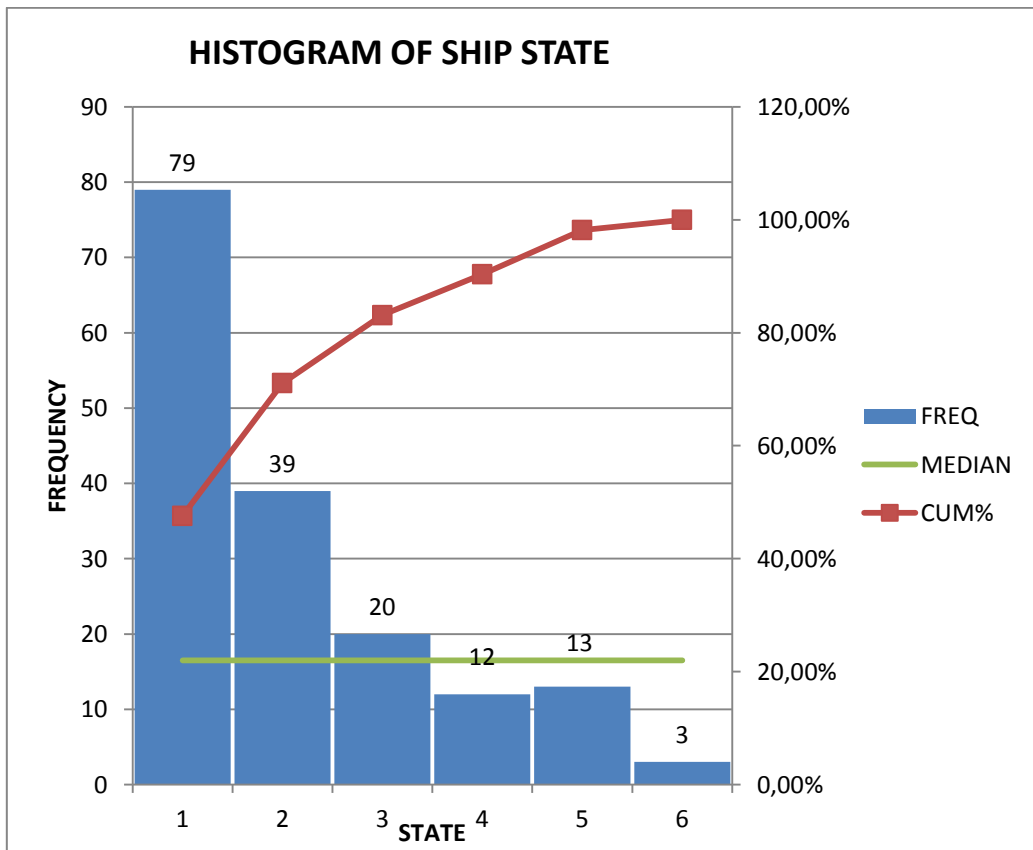
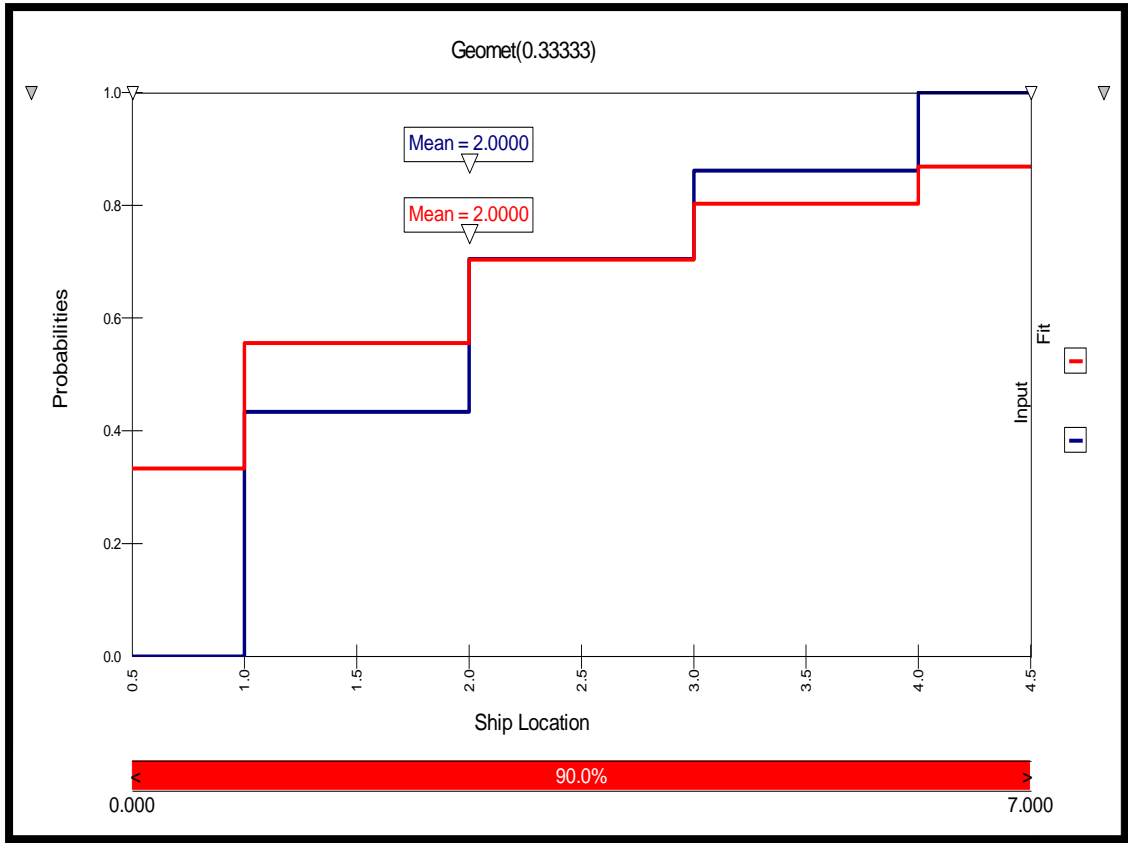
## A.2 CARGO SHIPS

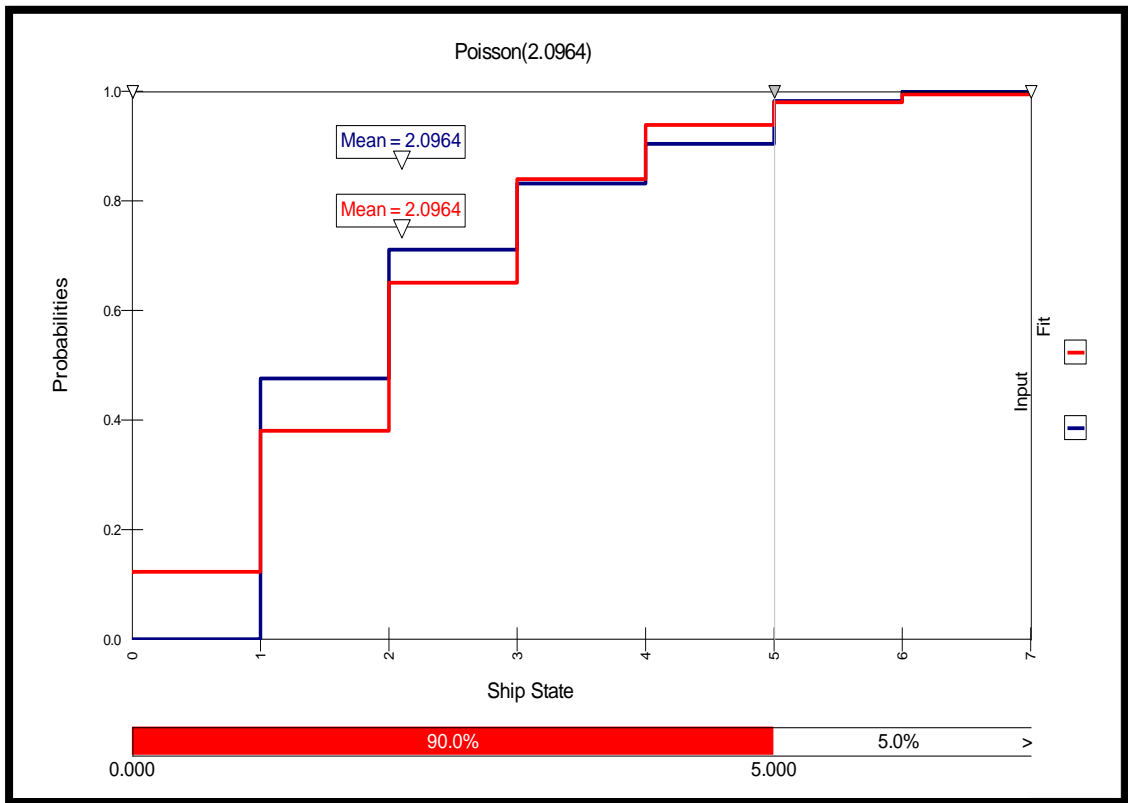
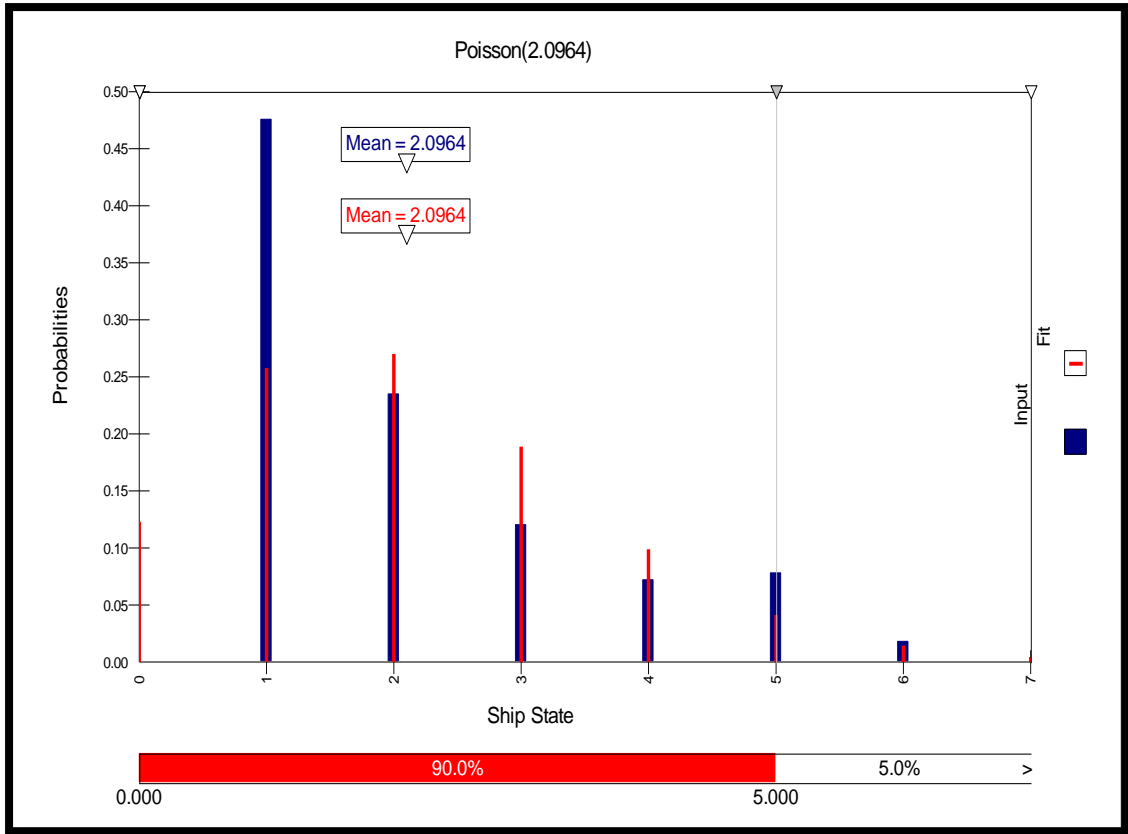


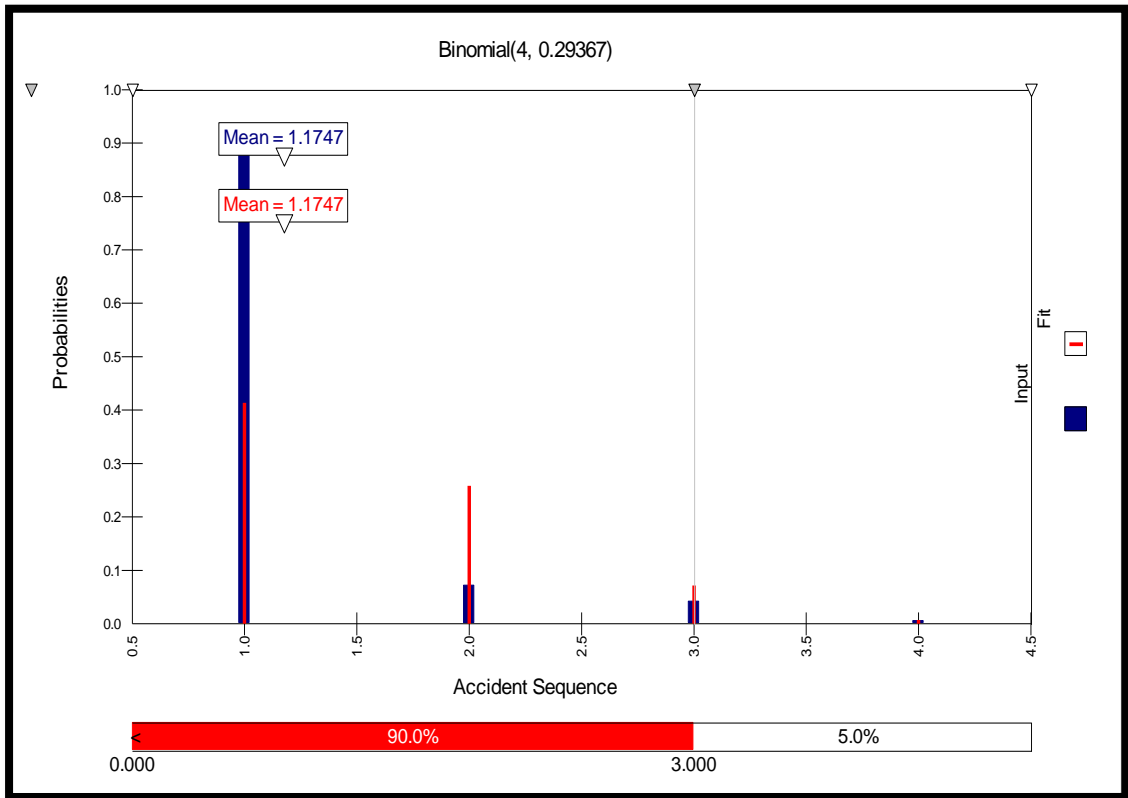
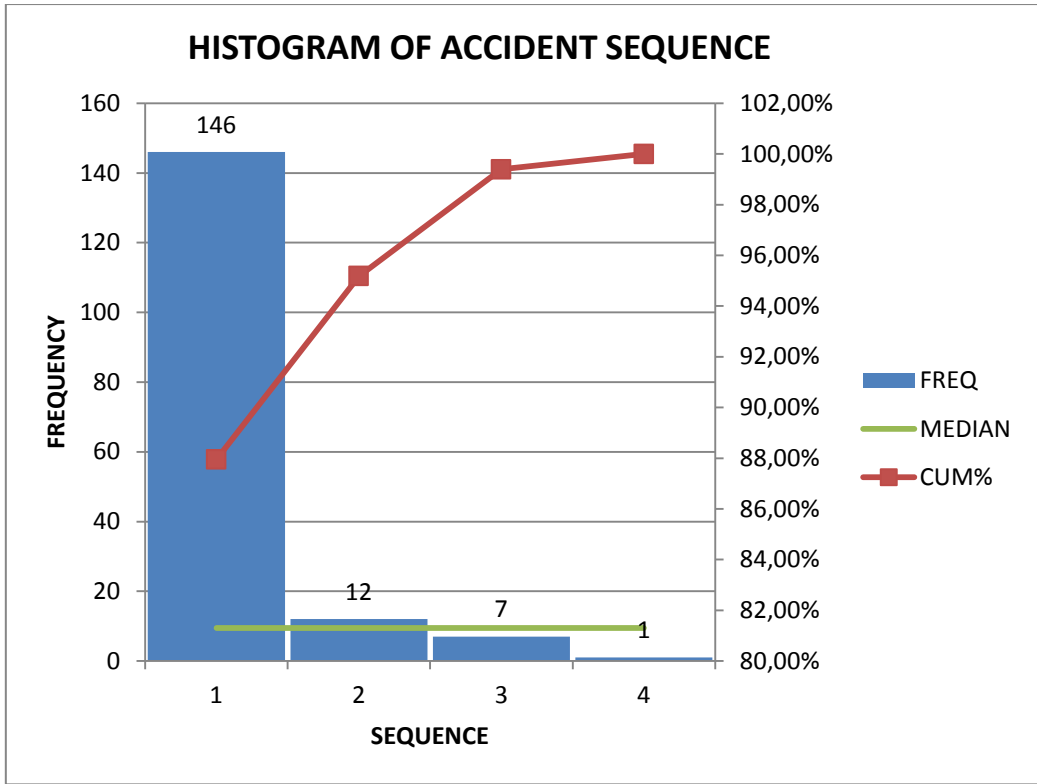


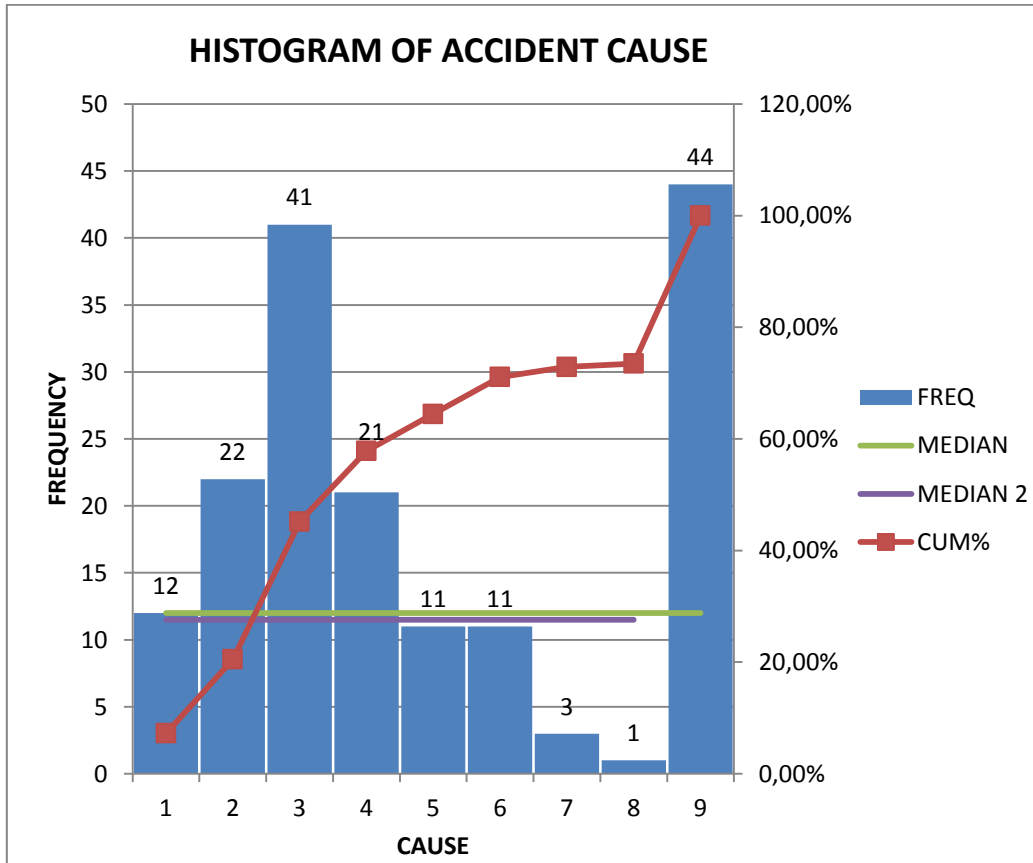
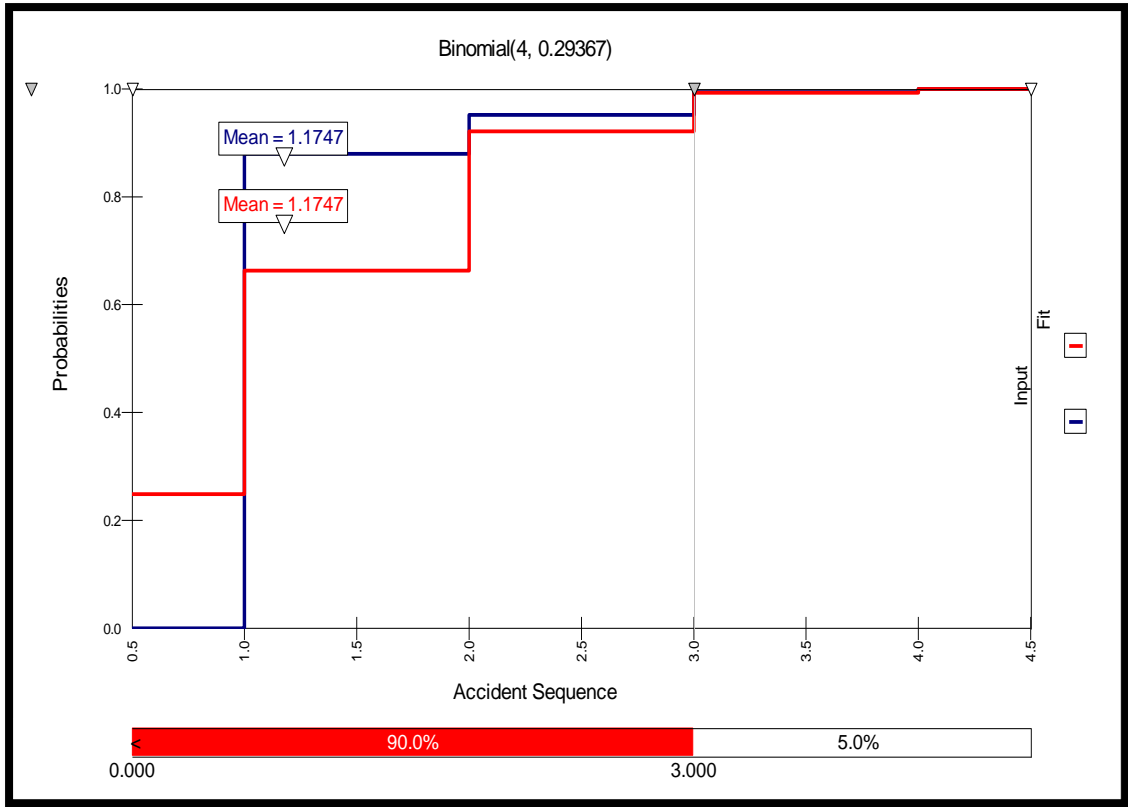


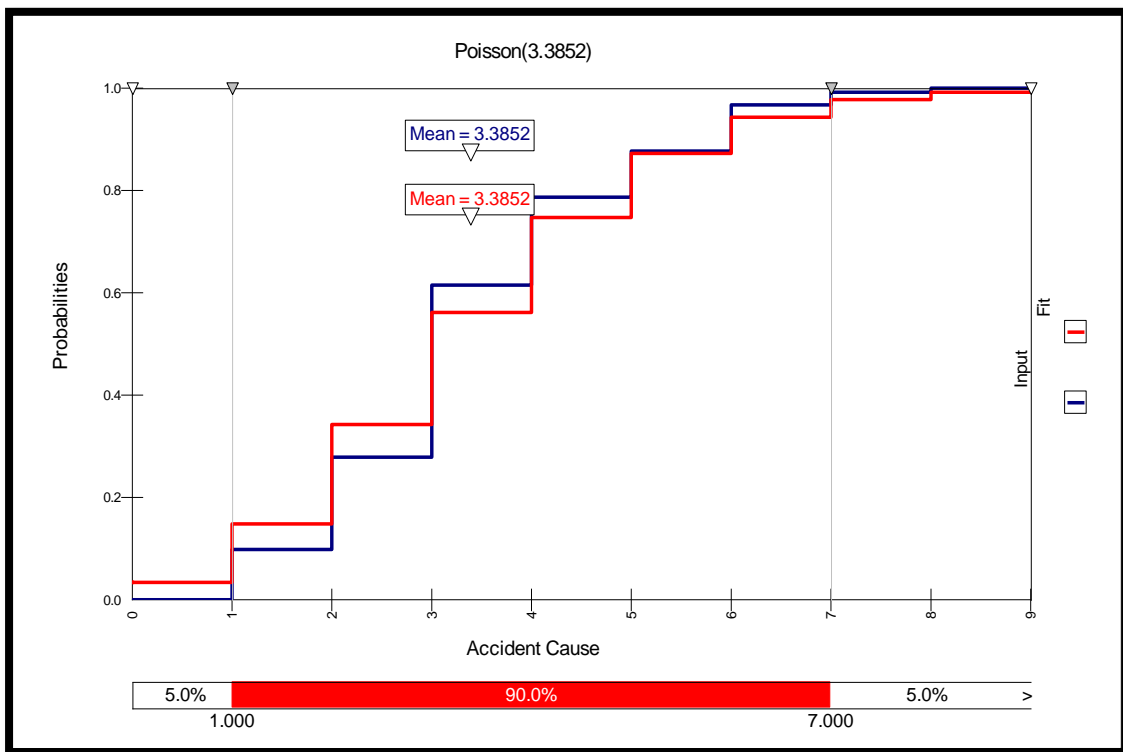
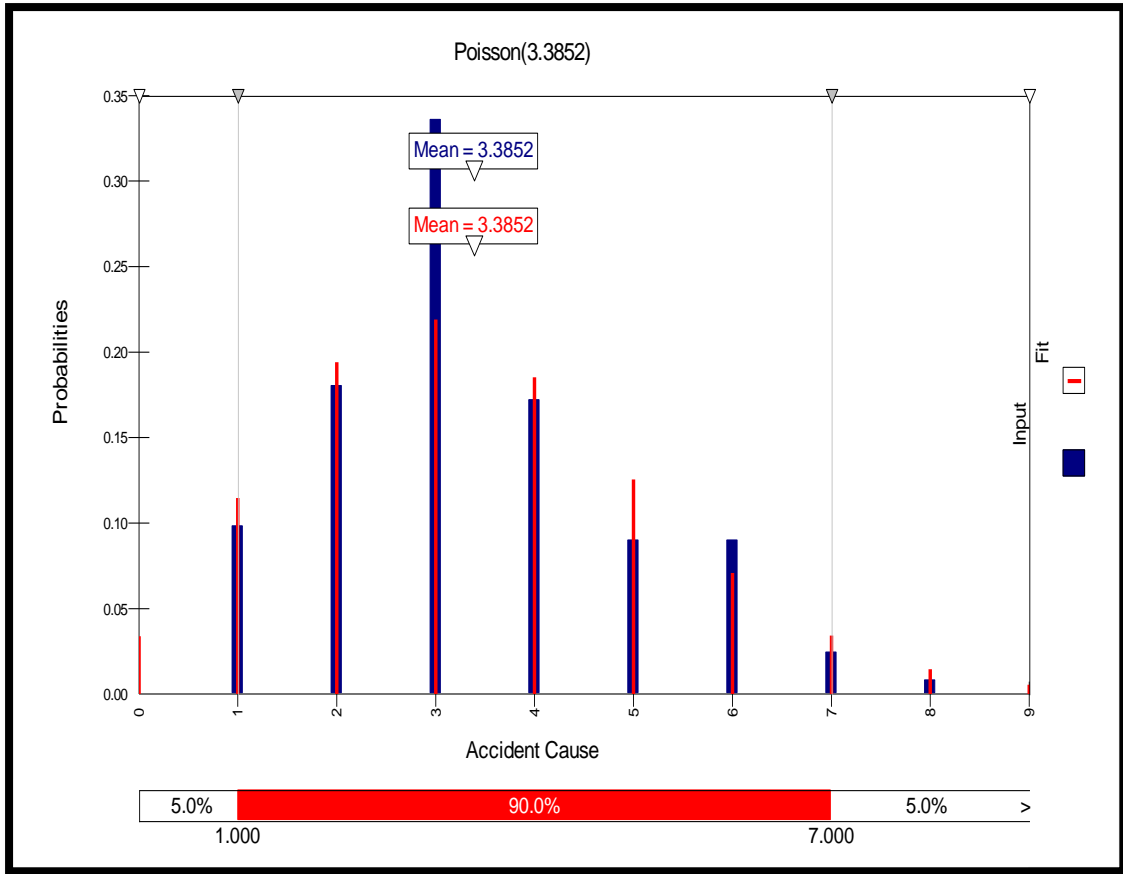


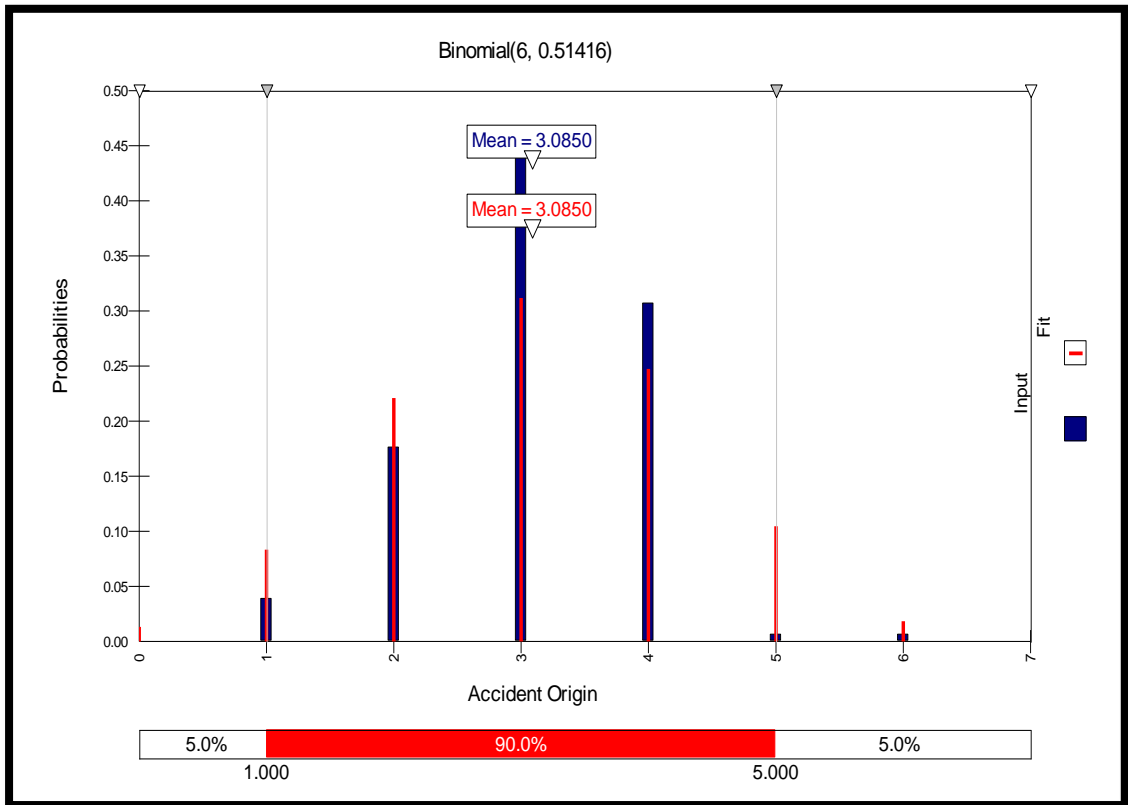
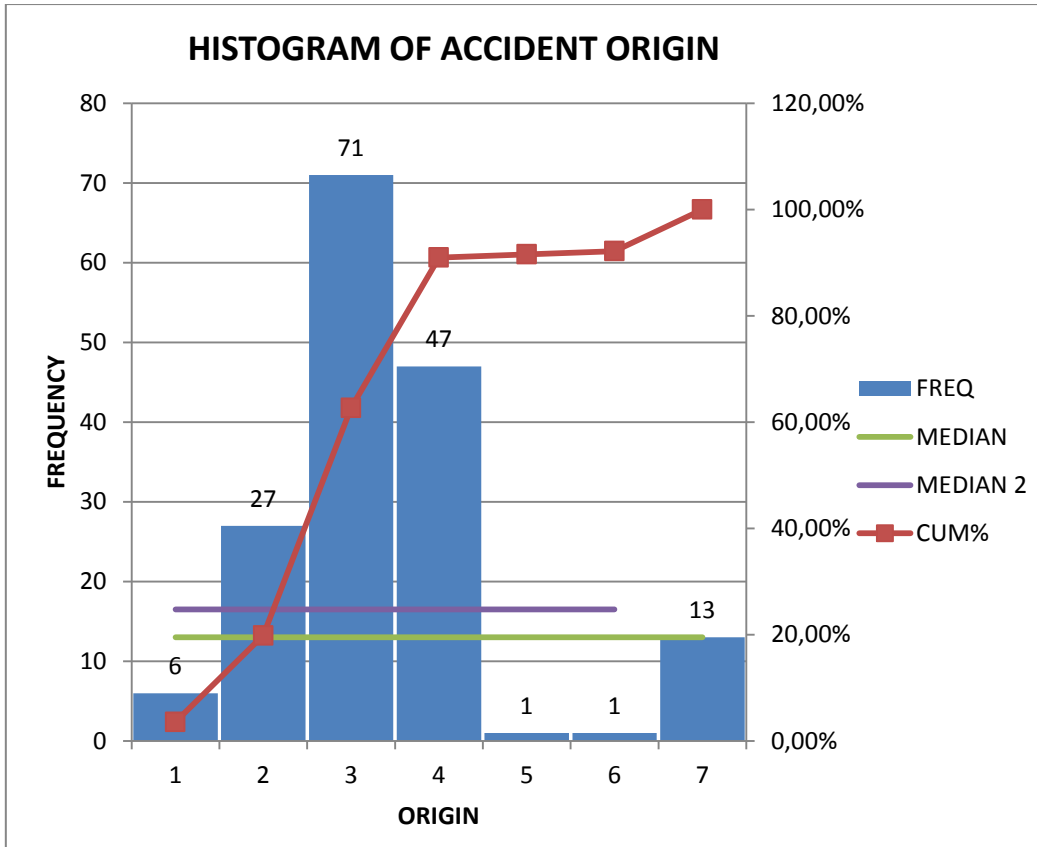




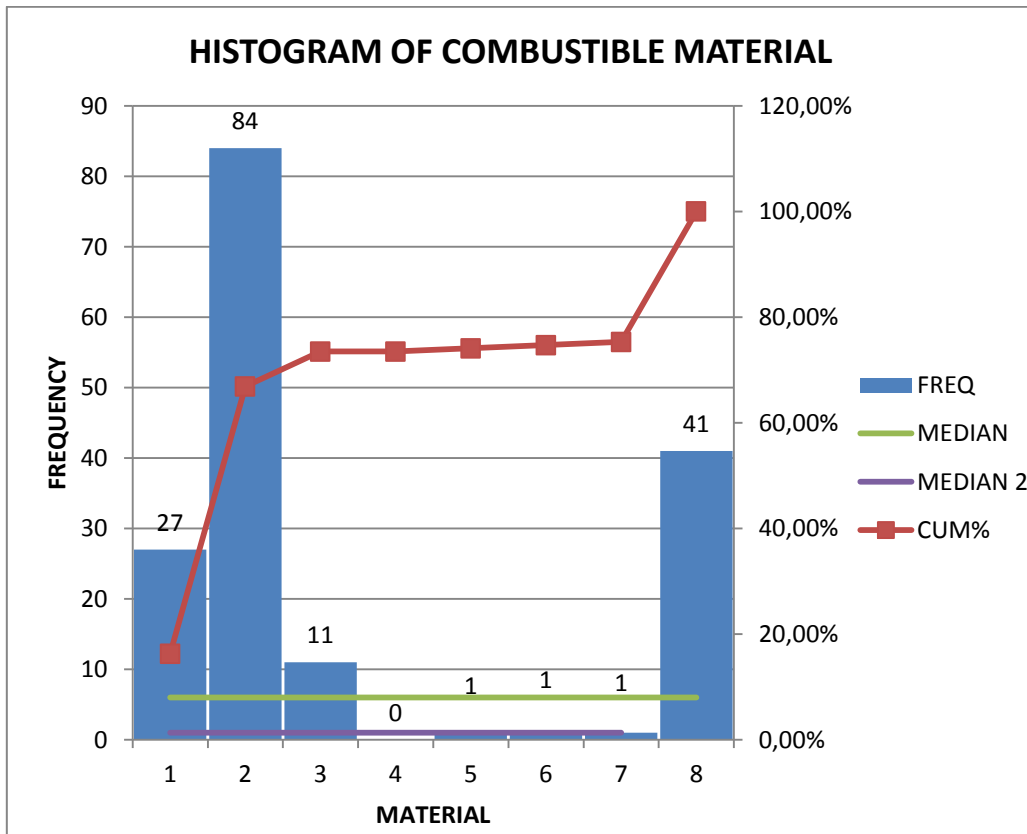
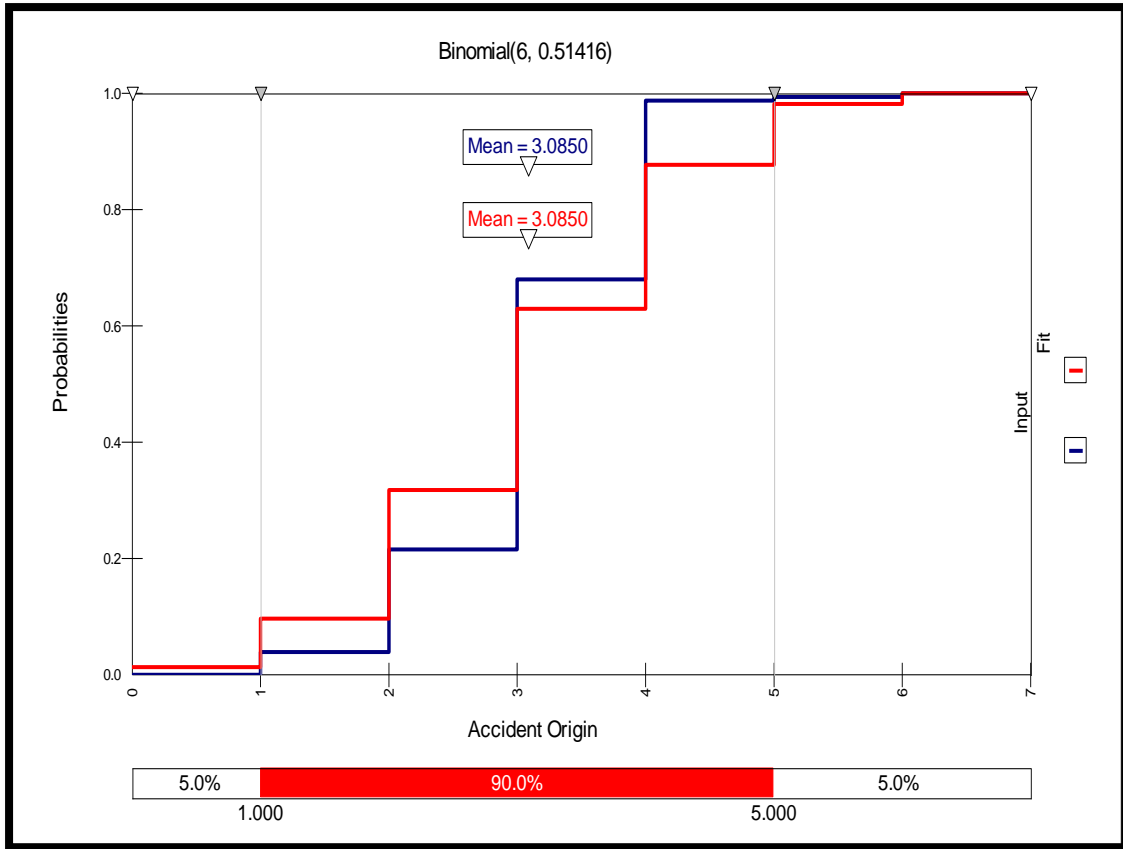


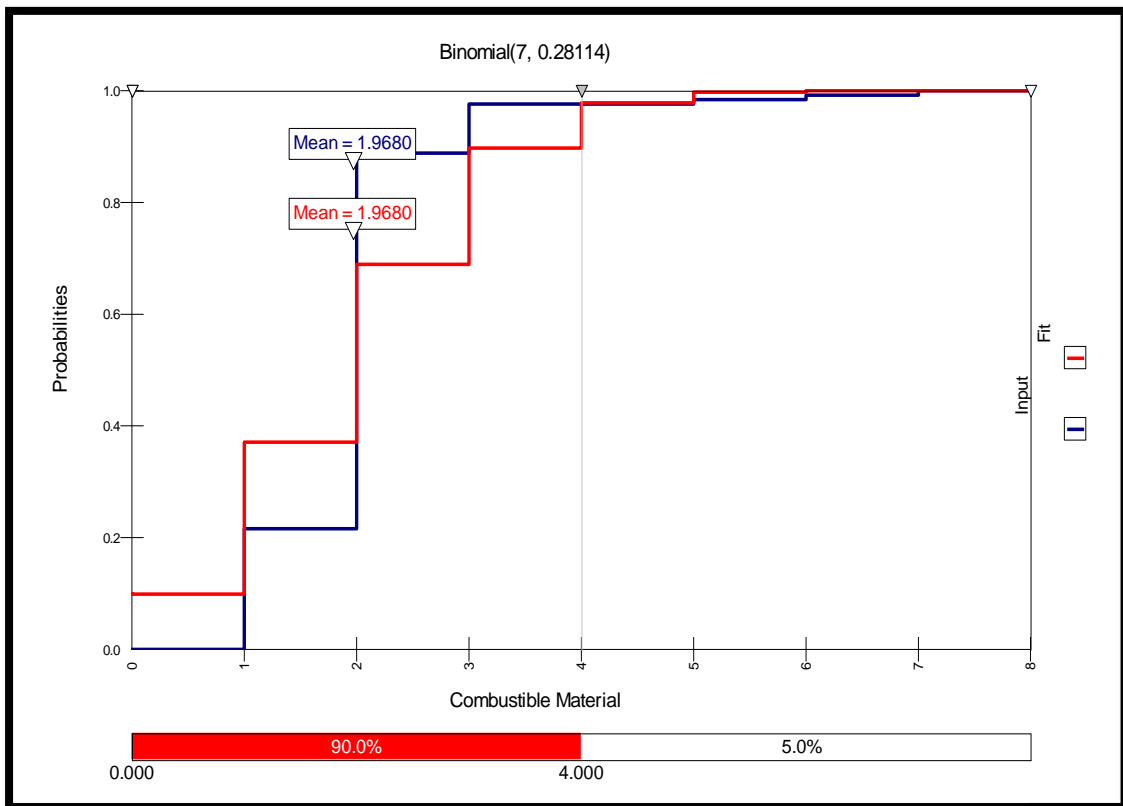
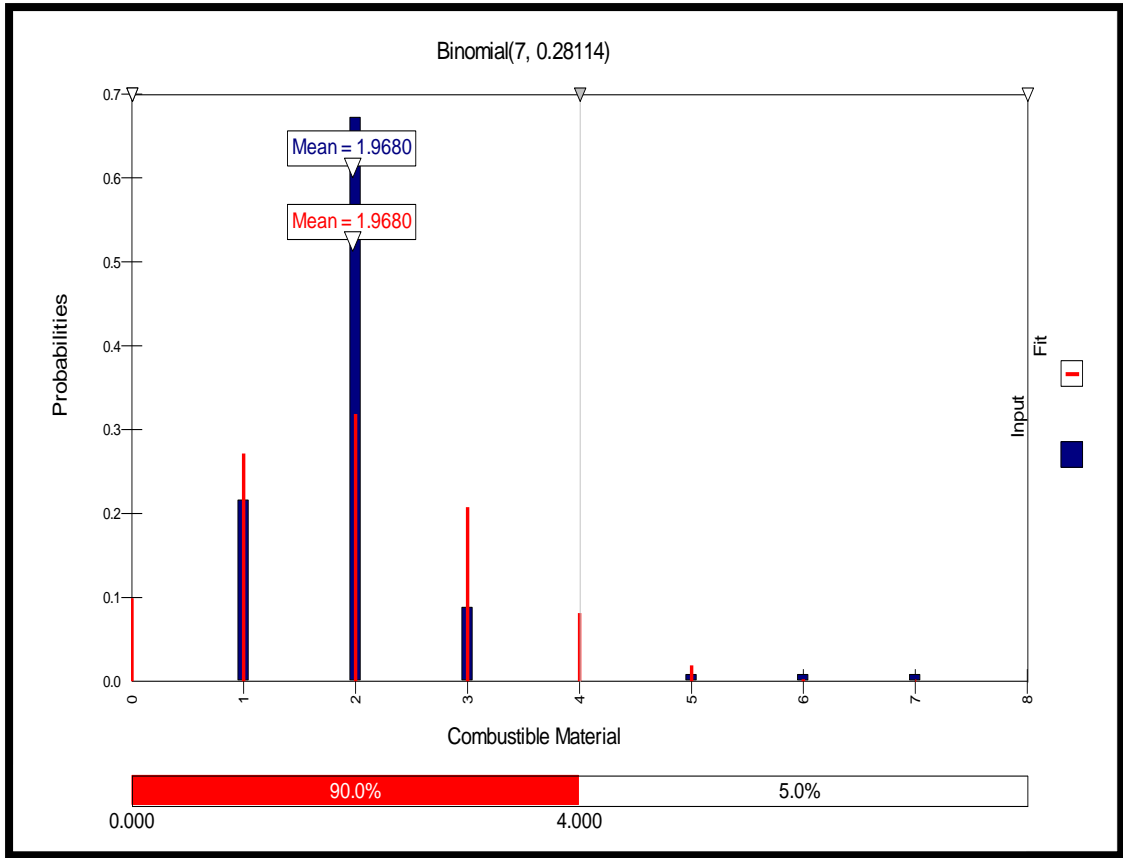


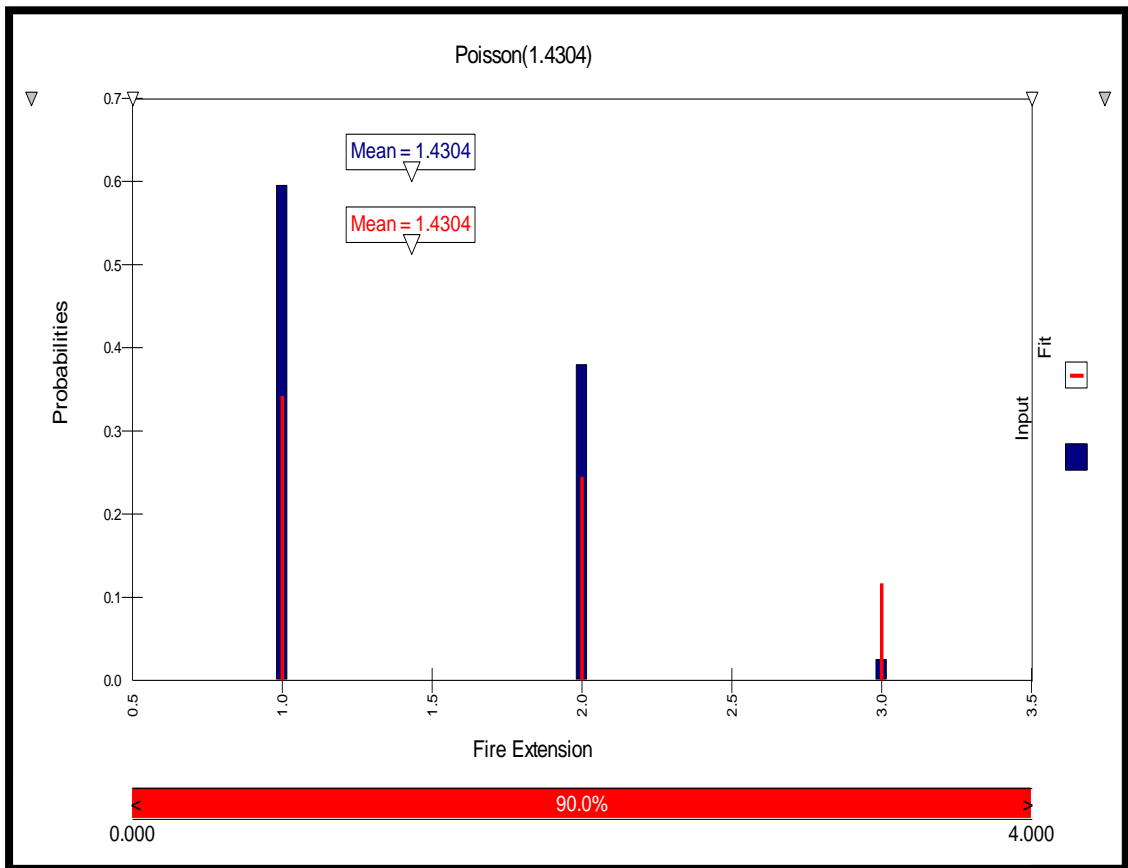
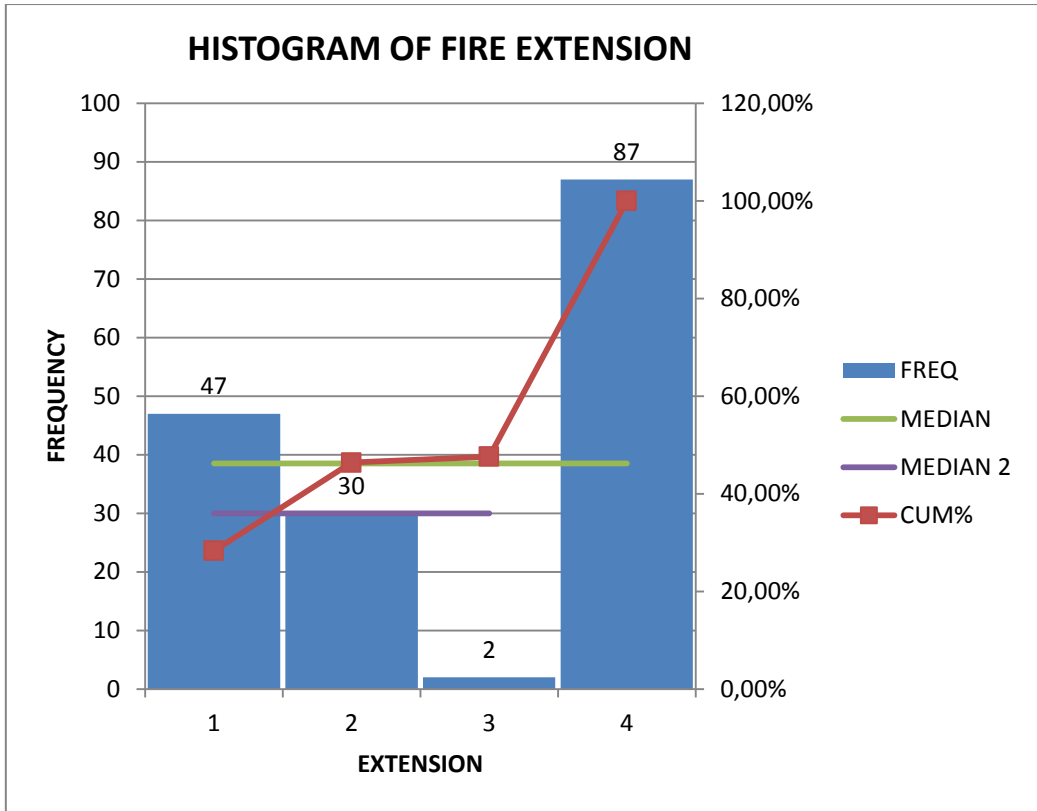


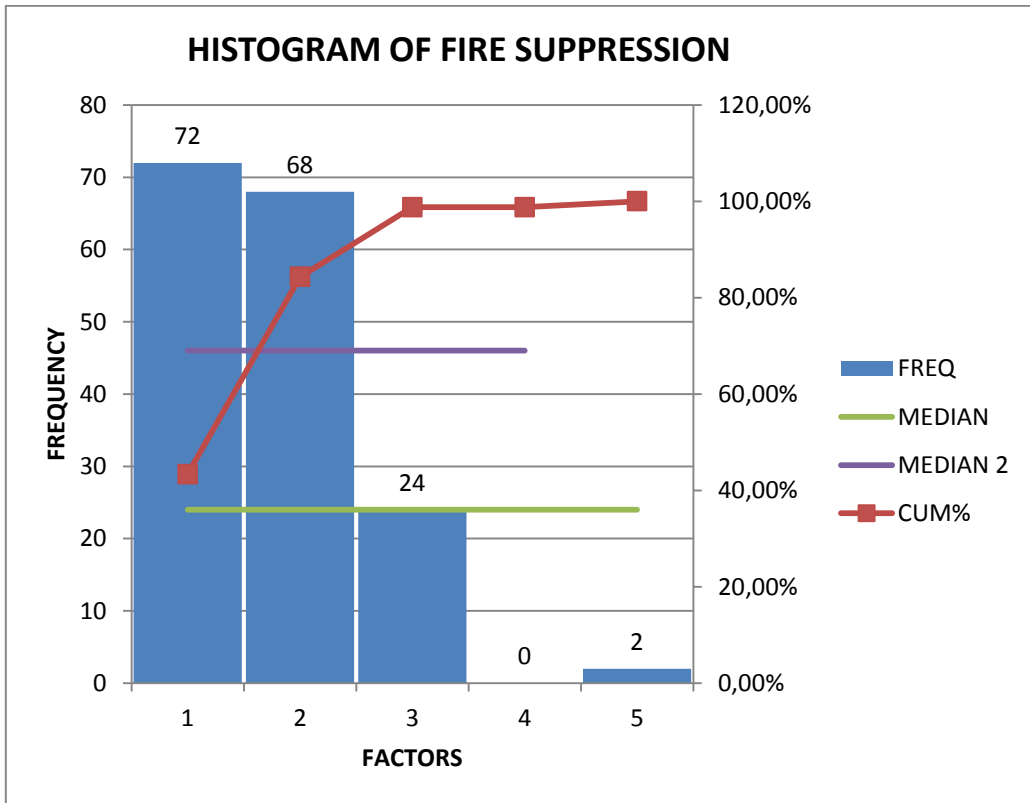
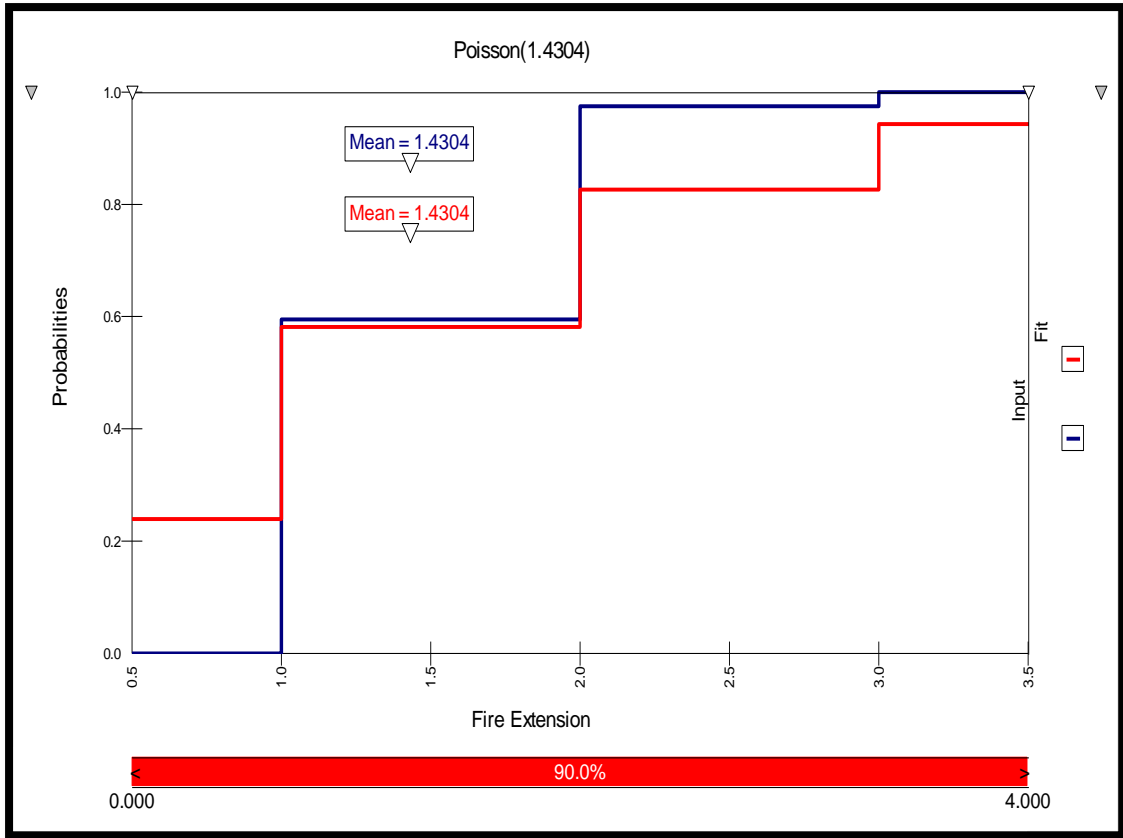


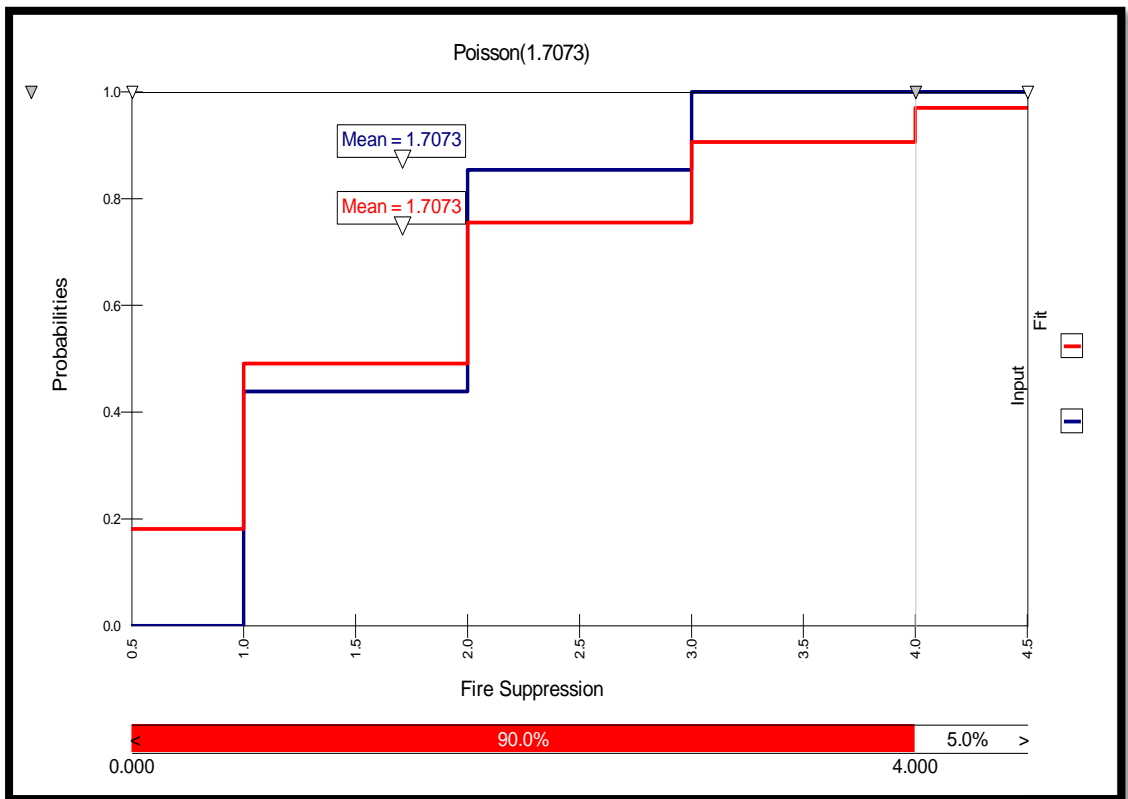
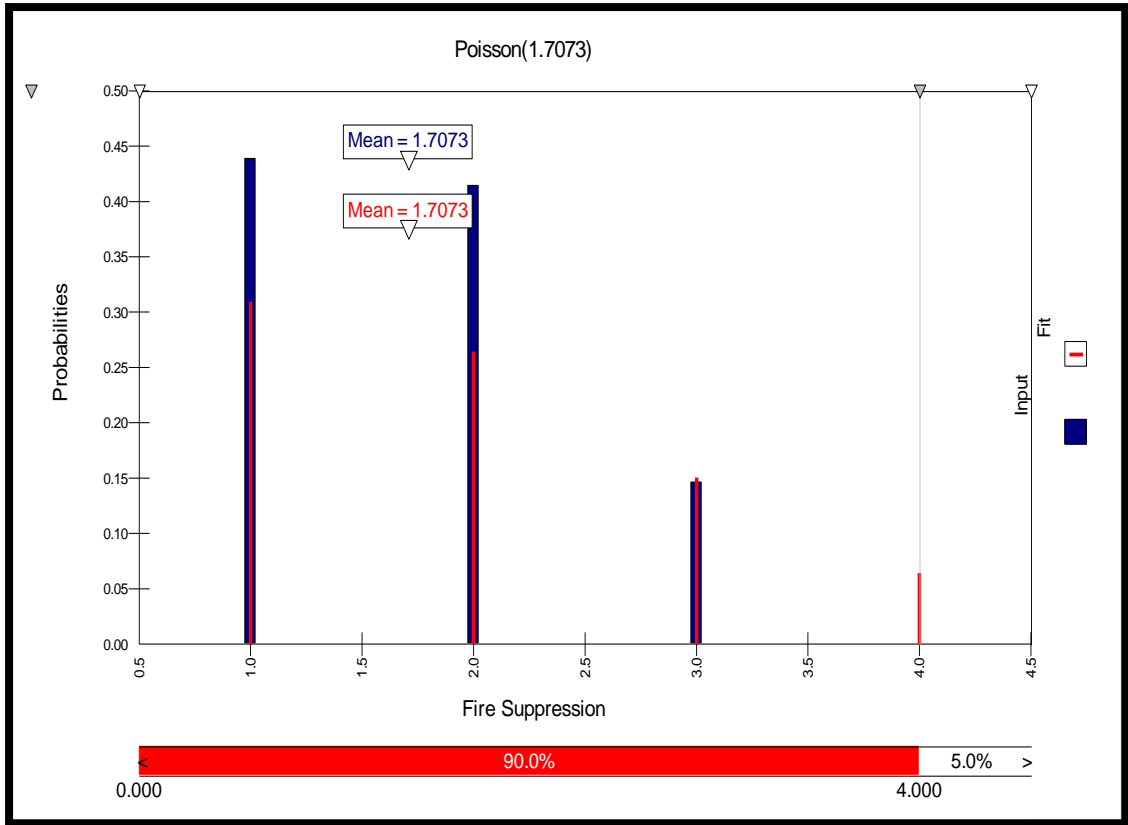


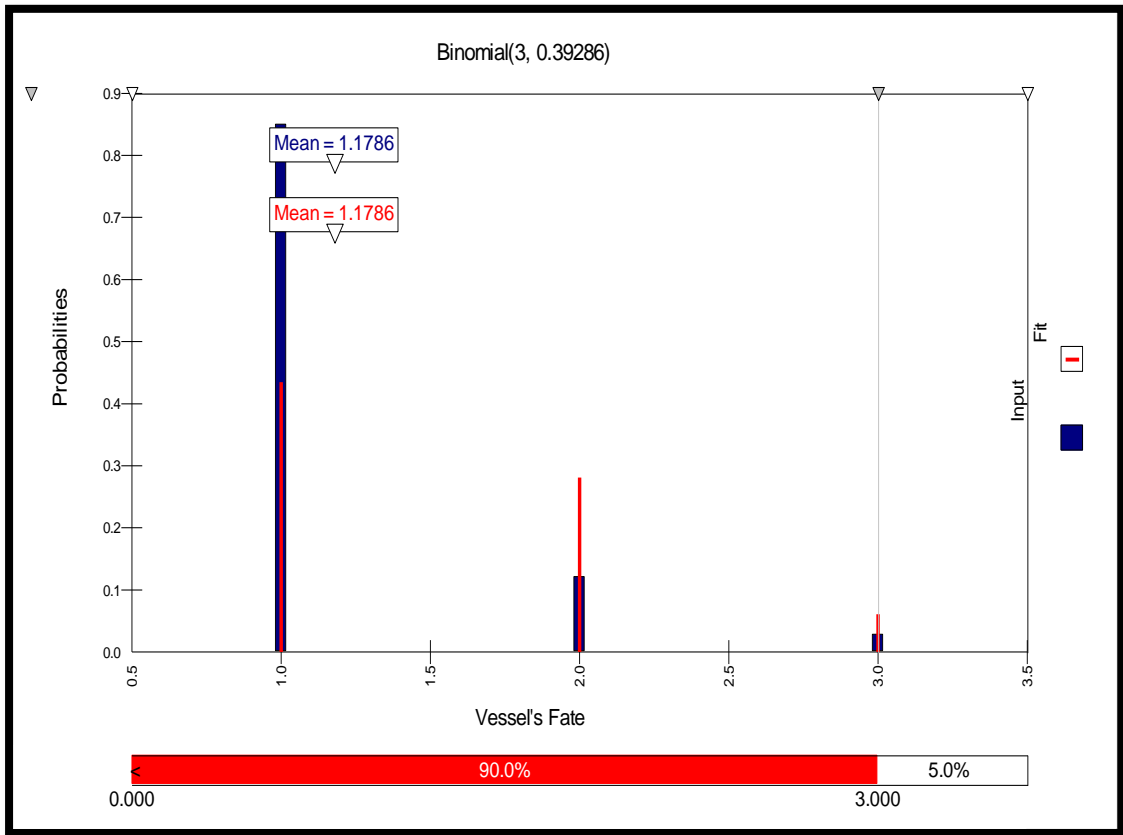
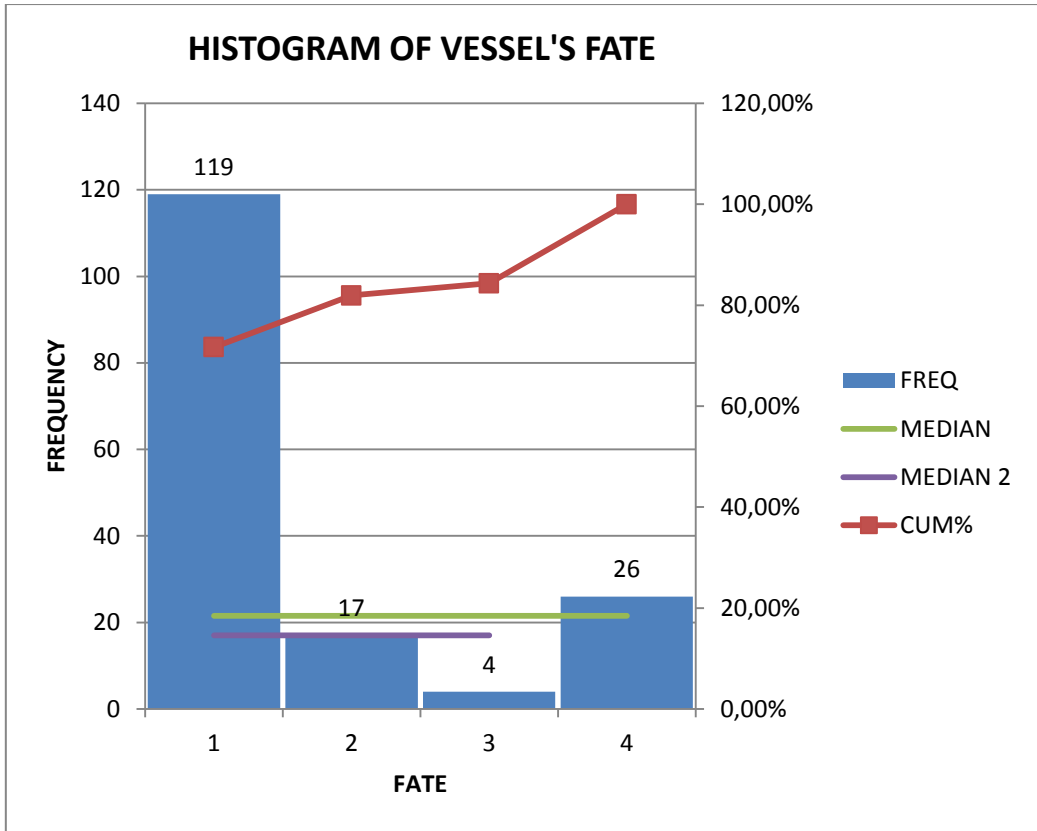


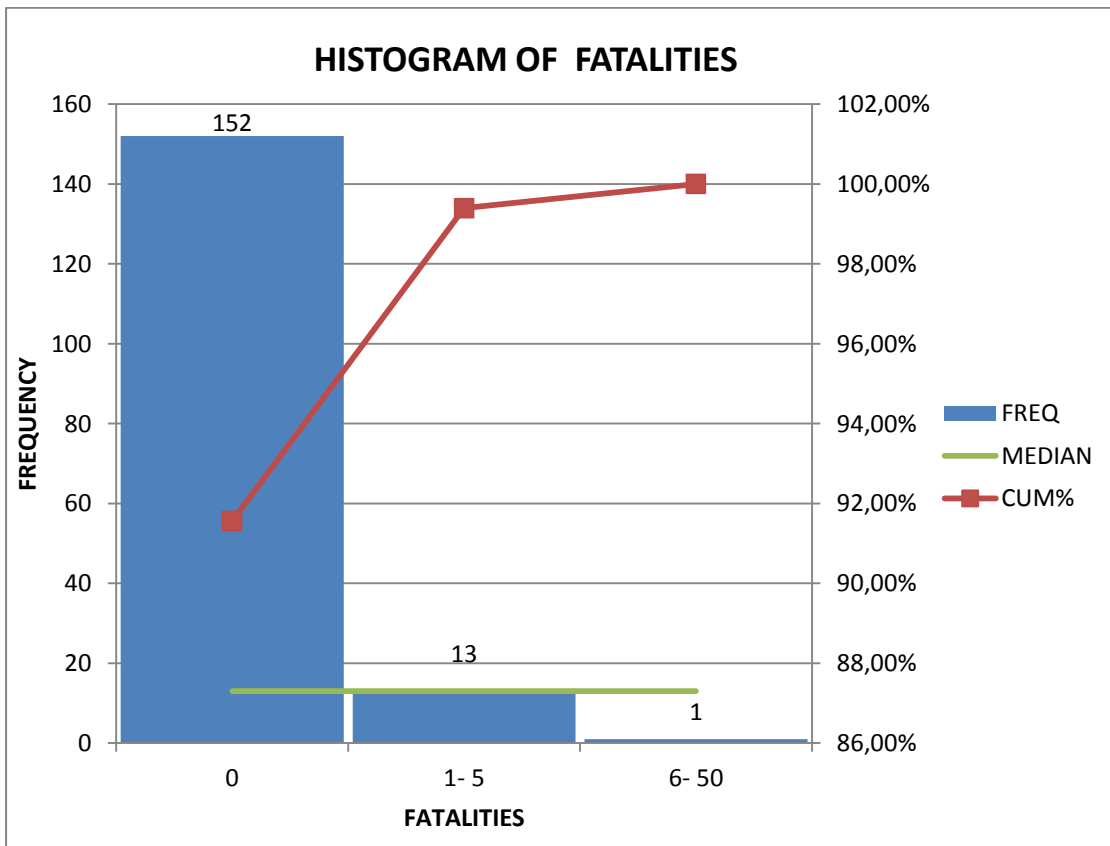
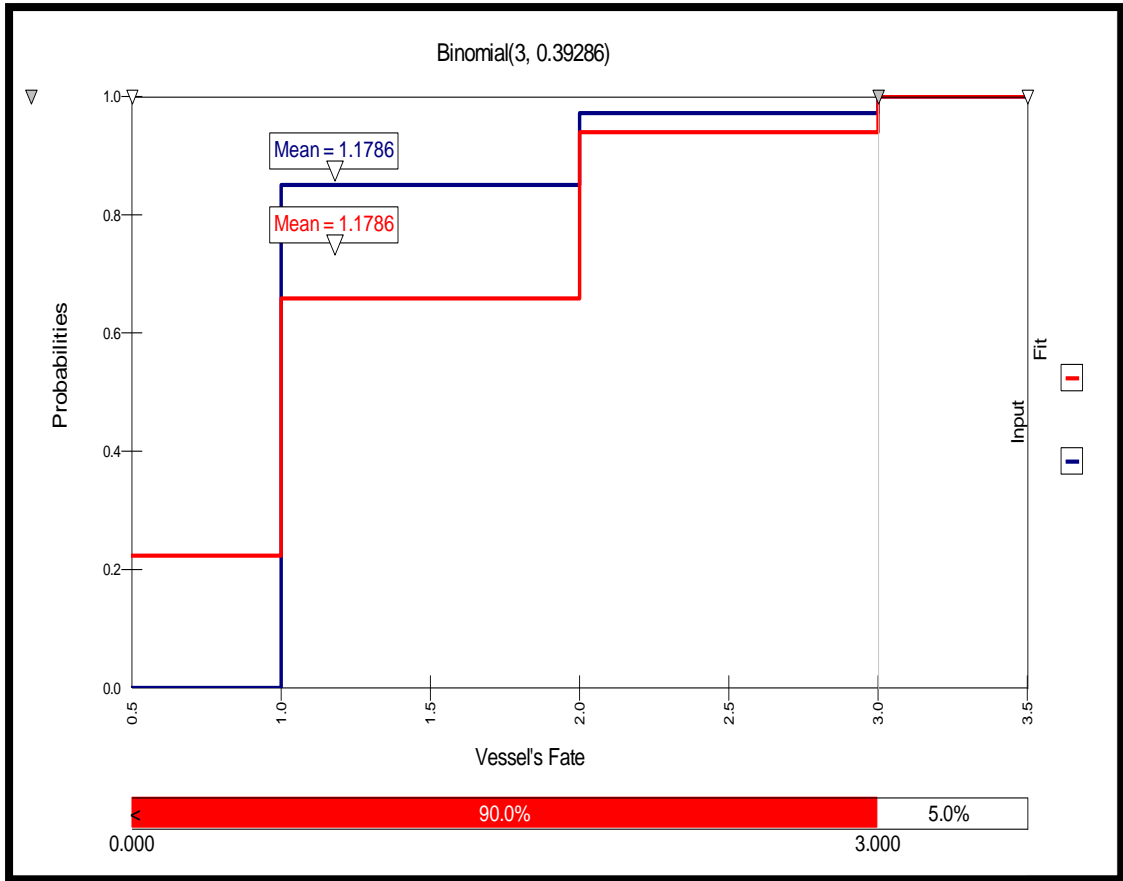


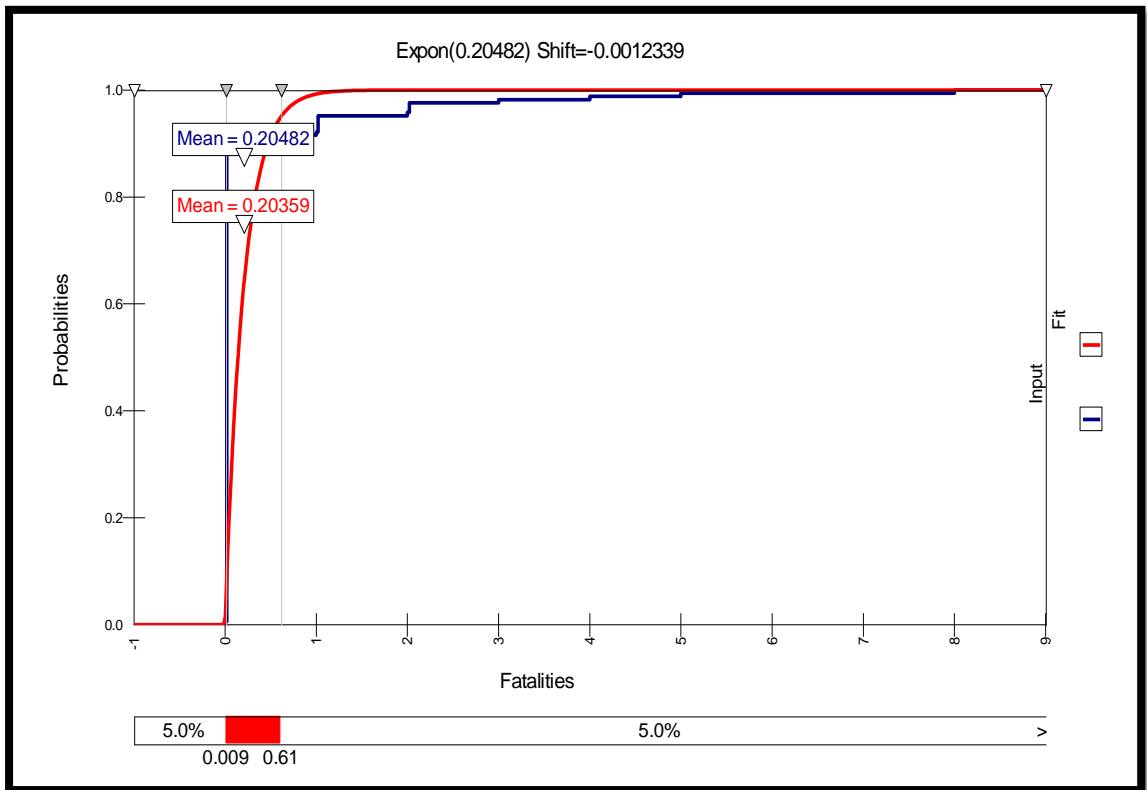
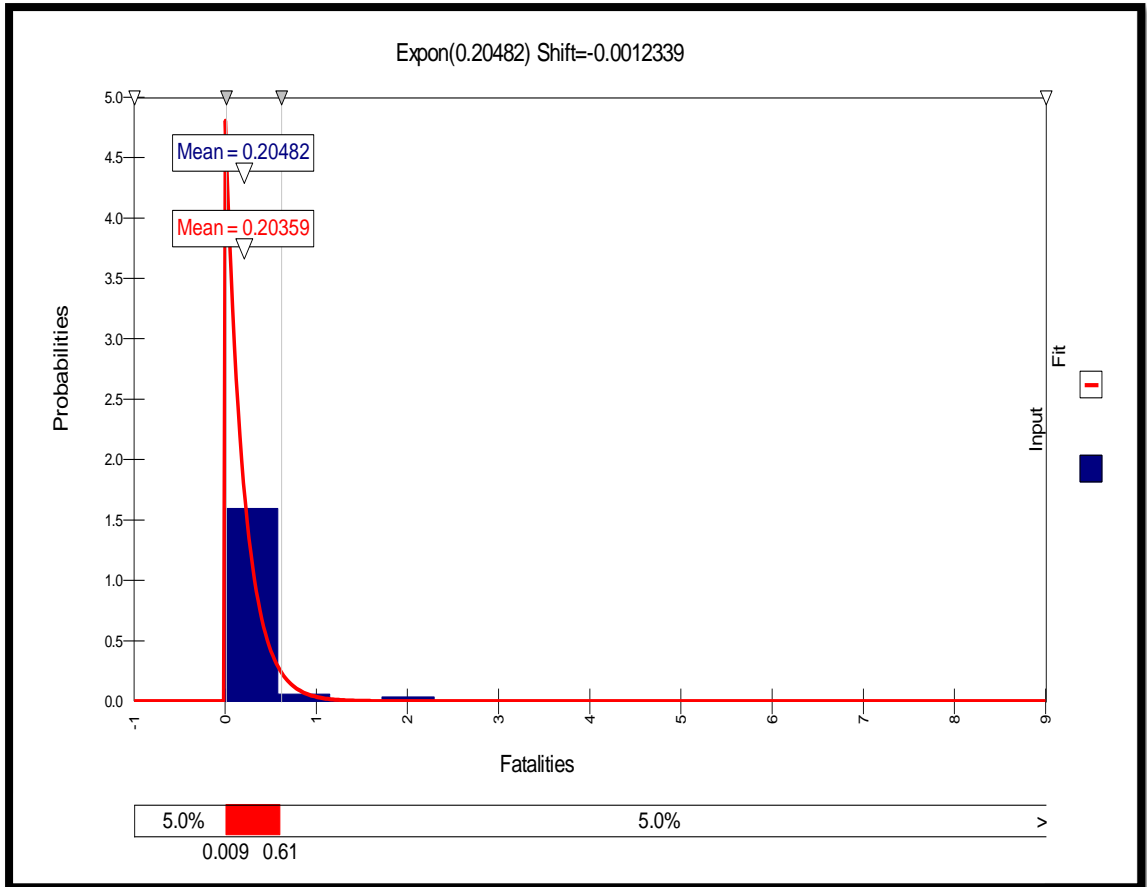














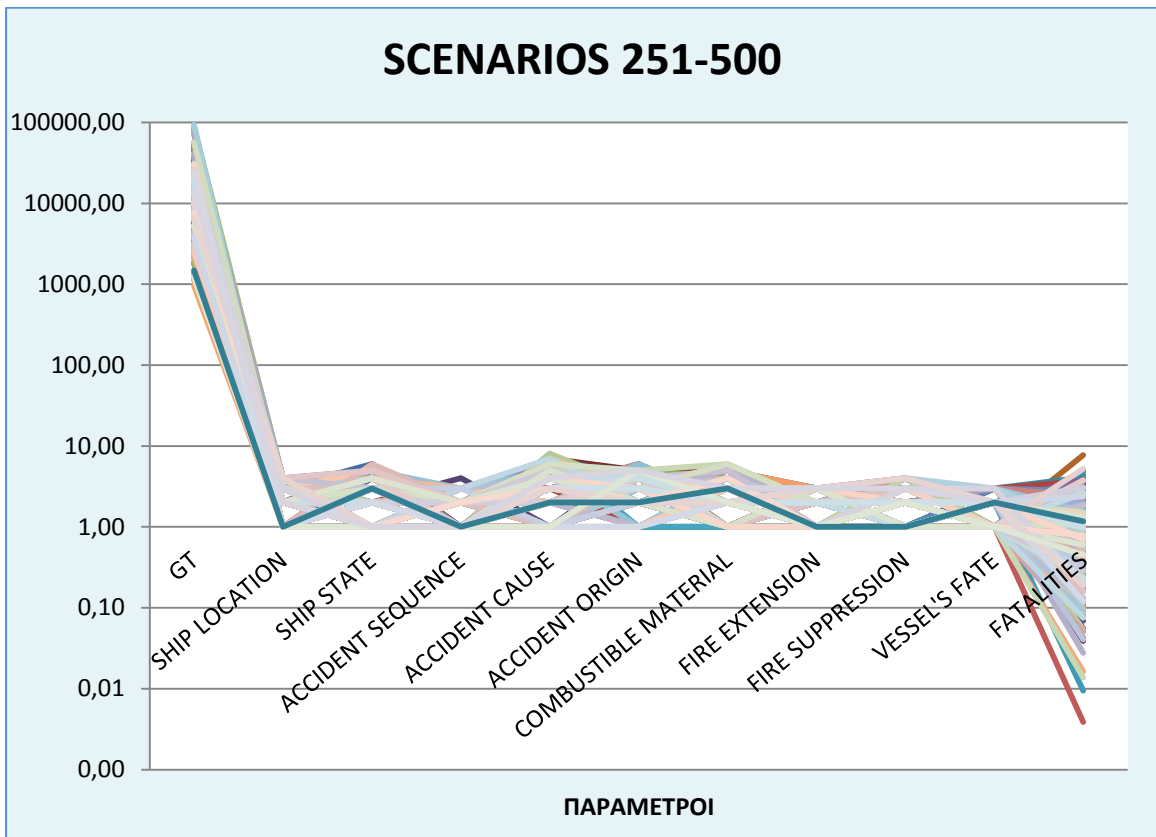
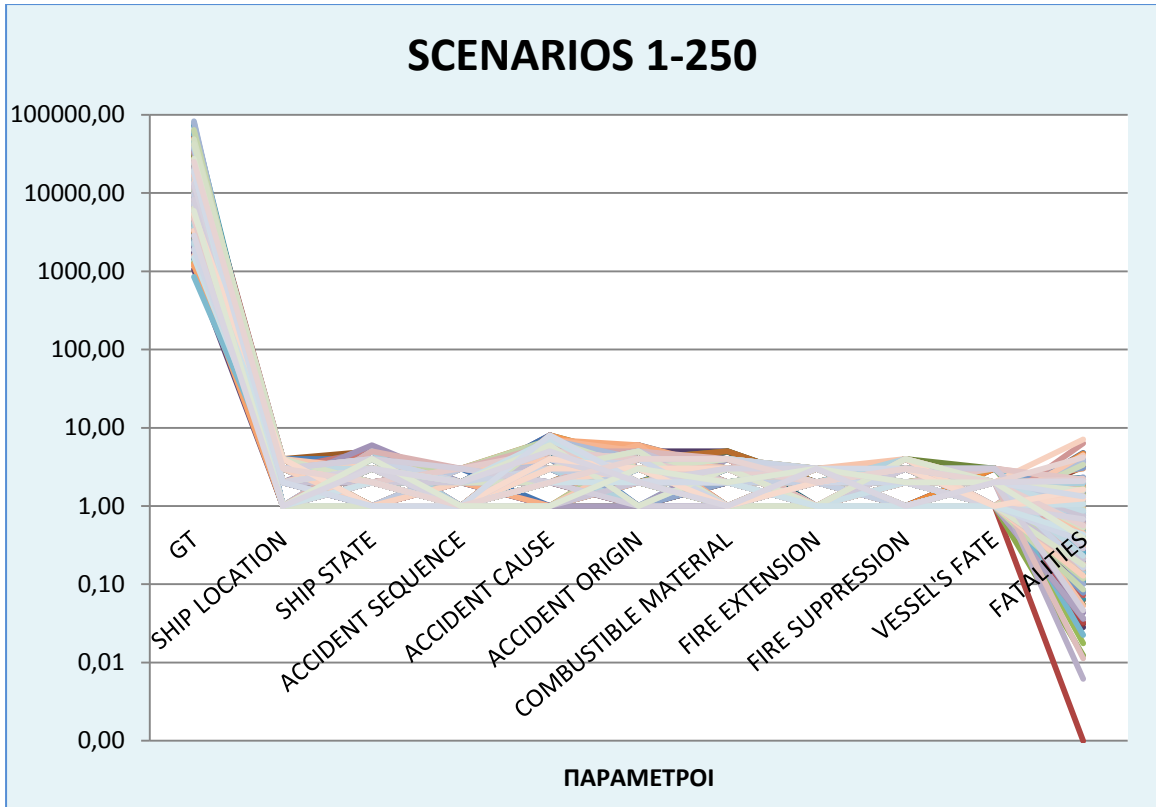
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

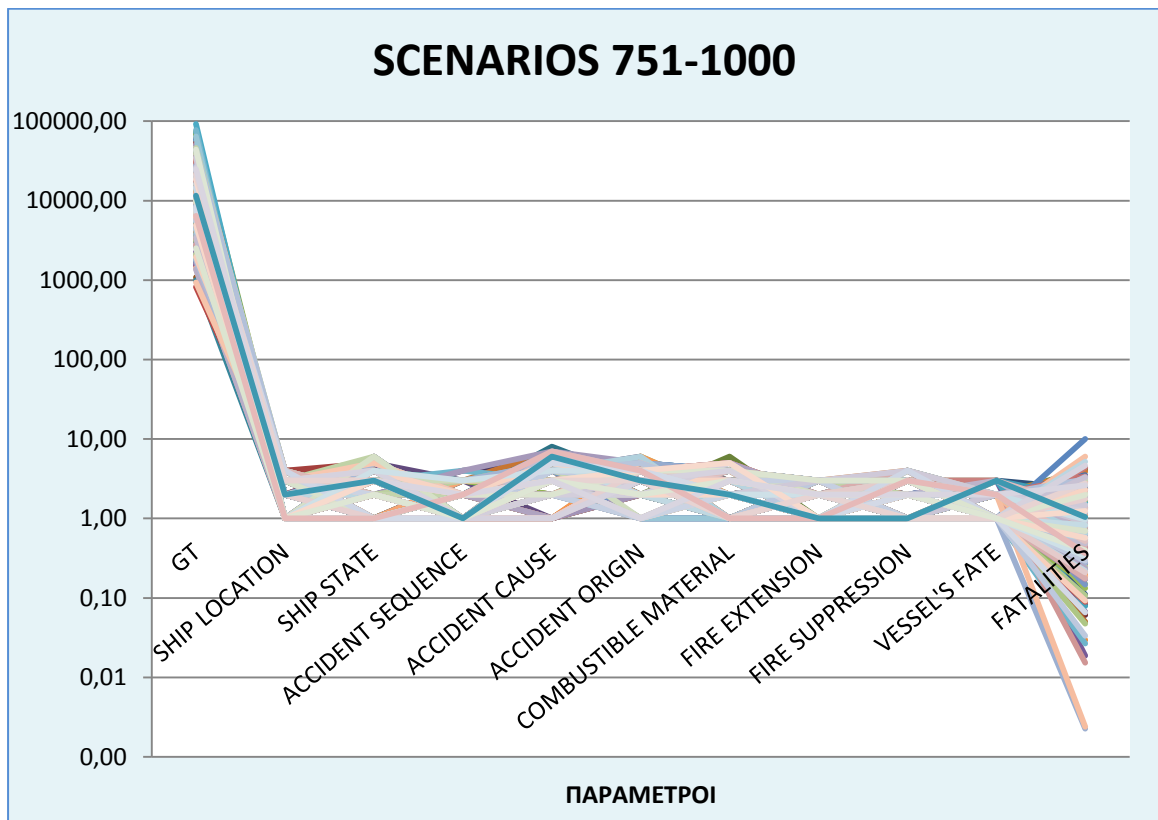
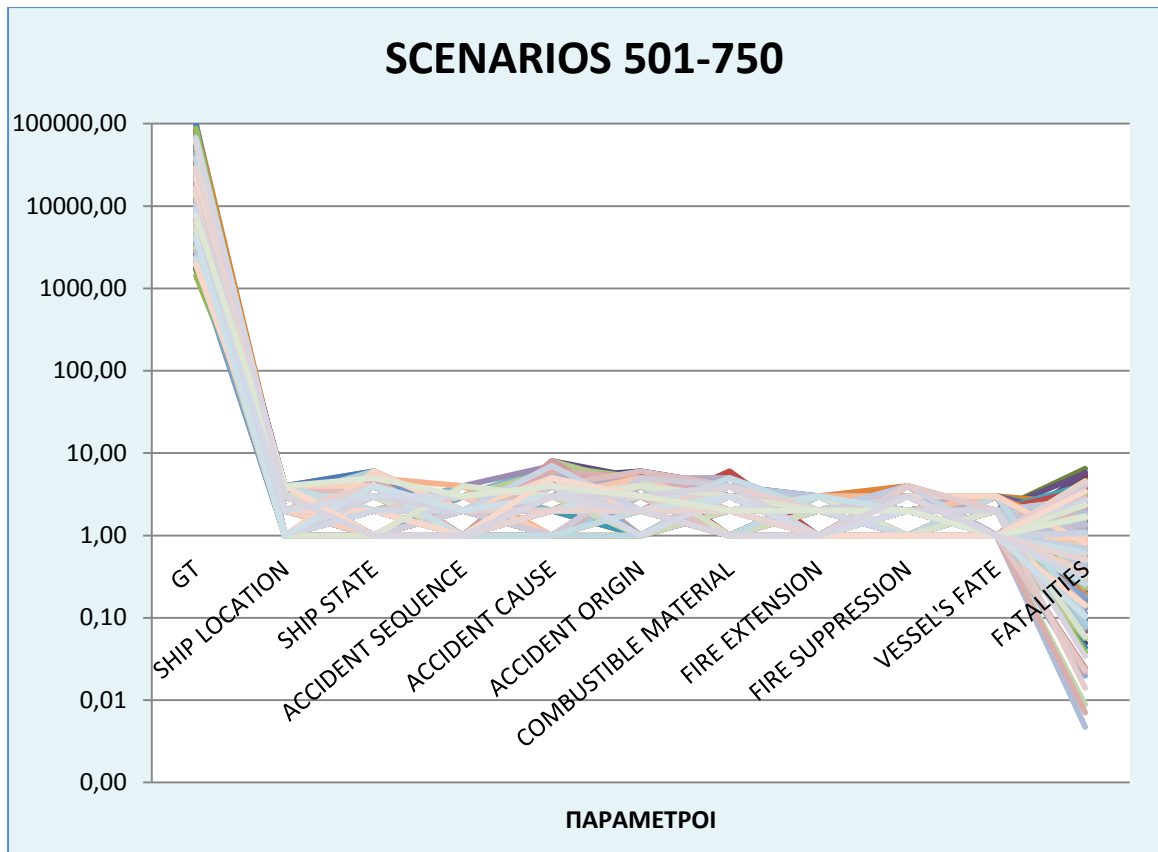
### ΣΕΝΑΡΙΑ ΤΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ PASSENGER SHIPS, TANKERS, CARGO SHIPS.

#### B.1 PASSENGER SHIPS

Statistics	Trials	Mean	Median	Std Deviation	Mean Std. Error
ACCIDENT CAUSE	1000	3,44	3,00	1,67	0,05
ACCIDENT ORIGIN	1000	3,16	3,00	1,18	0,04
ACCIDENT SEQUENCE	1000	1,54	1,00	0,69	0,02
COMBUSTIBLE MATERIAL	1000	2,21	2,00	1,06	0,03
FATALITIES	1000	1,15	0,80	1,16	0,04
FIRE EXTENSION	1000	1,77	2,00	0,71	0,02
FIRE SUPPRESSION	1000	2,05	2,00	0,87	0,03
GT	1000	16.298	10.845	16.137	510
SHIP LOCATION	1000	2,06	2,00	0,98	0,03
SHIP STATE	1000	2,29	2,00	1,21	0,04
VESSEL'S FATE	1000	1,49	1,00	0,62	0,02

Percentiles	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
ACCIDENT CAUSE	1,00	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00	8,00
ACCIDENT ORIGIN	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00
ACCIDENT SEQUENCE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00
COMBUSTIBLE MATERIAL	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	6,00
FATALITIES	0,00	0,12	0,26	0,41	0,59	0,80	1,05	1,38	1,85	2,64	10,03
FIRE EXTENSION	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00
FIRE SUPPRESSION	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00
GT	824	3.120	4.778	6.507	8.475	10.845	13.876	17.997	24.362	36.688	99.223
SHIP LOCATION	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00
SHIP STATE	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	6,00
VESSEL'S FATE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00

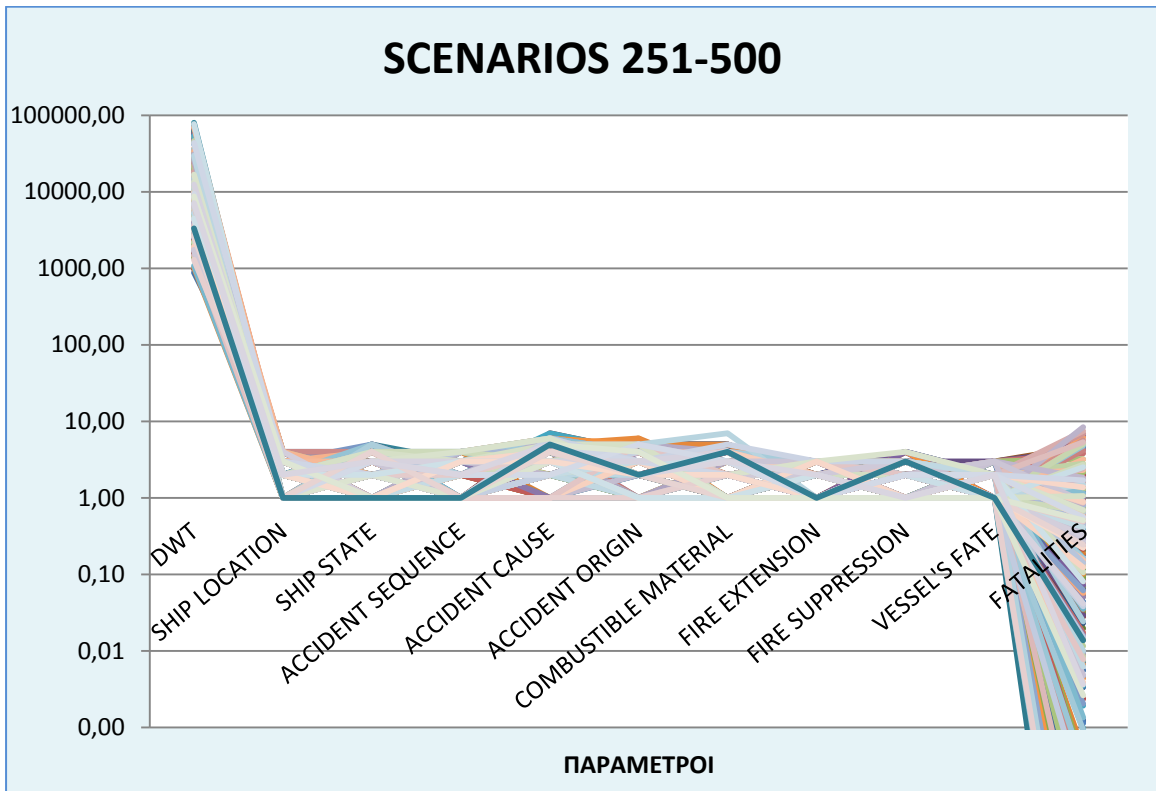
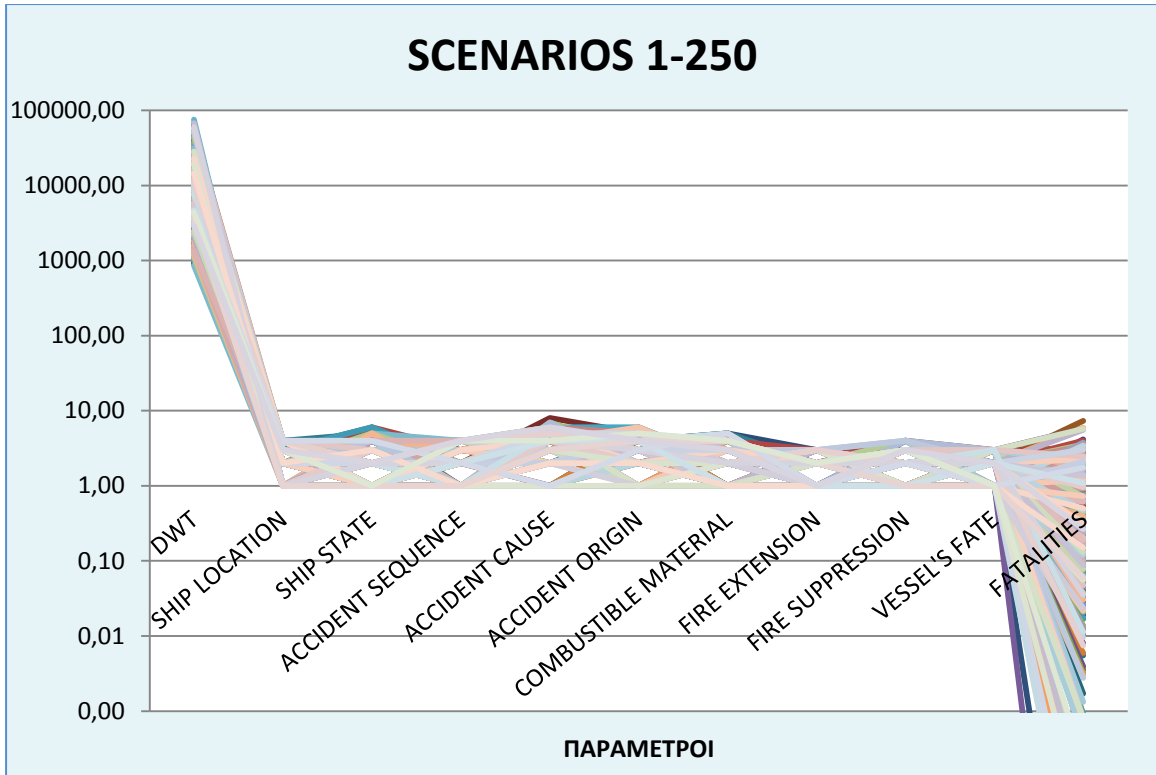


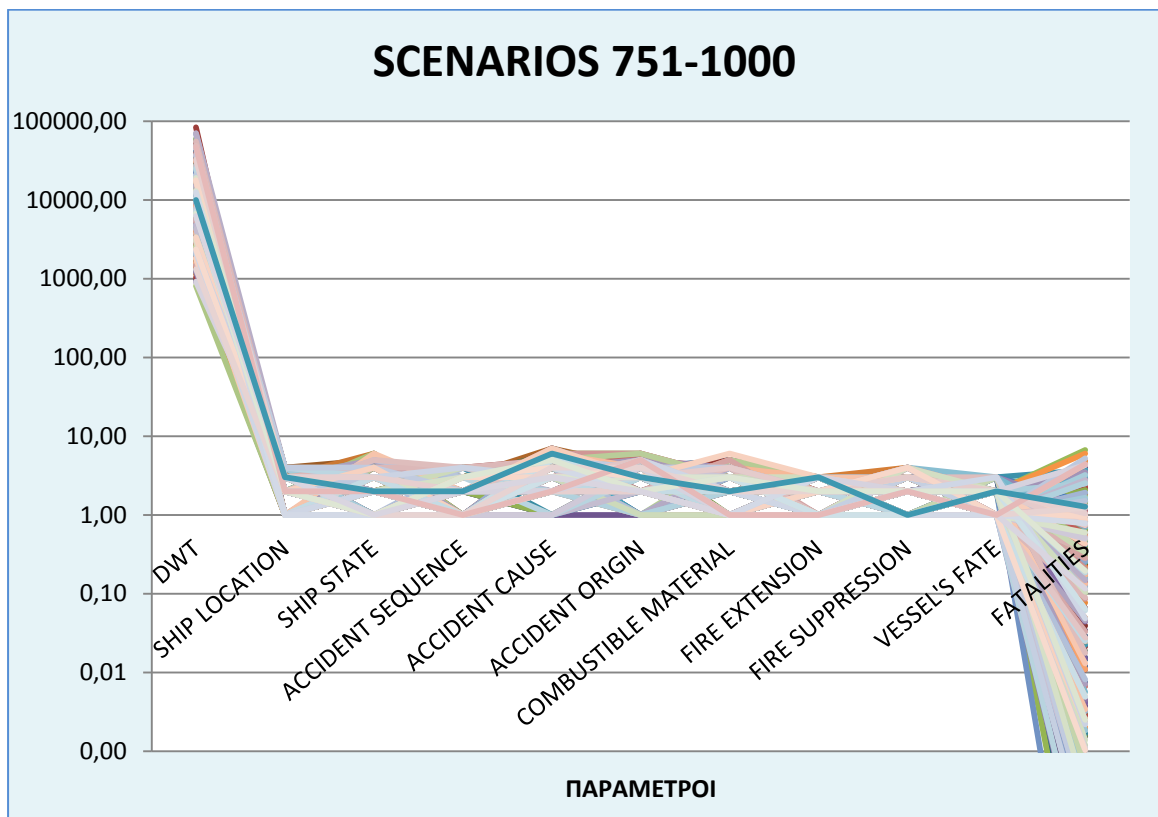
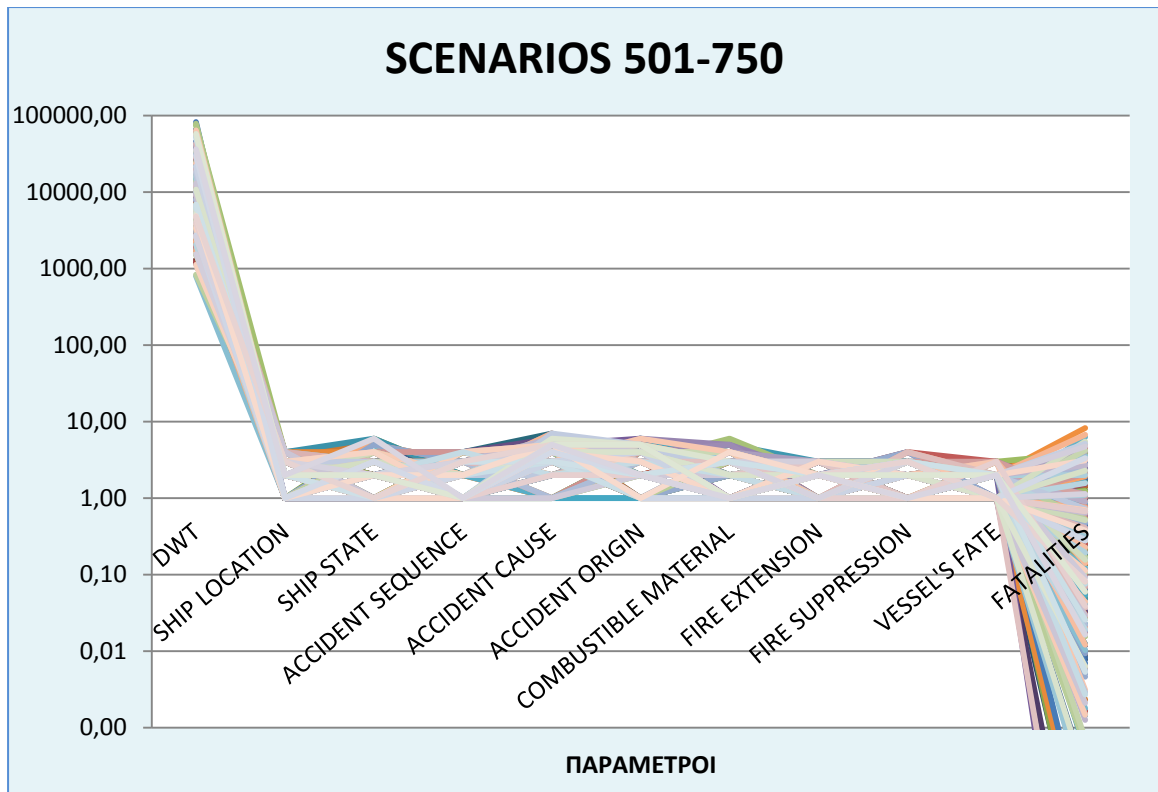


## B.2 TANKERS

Statistics	Trials	Mean	Median	Std Deviation	Mean Std. Error
ACCIDENT CAUSE	1000	3,56	4,00	1,37	0,04
ACCIDENT ORIGIN	1000	3,02	3,00	1,17	0,04
ACCIDENT SEQUENCE	1000	1,86	2,00	0,92	0,03
COMBUSTIBLE MATERIAL	1000	2,21	2,00	1,06	0,03
FATALITIES	1000	0,85	0,25	1,33	0,04
FIRE EXTENSION	1000	1,71	2,00	0,75	0,02
FIRE SUPPRESSION	1000	1,96	2,00	0,85	0,03
DWT	1000	13.519	8.505	14.147	447
SHIP LOCATION	1000	2,03	2,00	0,97	0,03
SHIP STATE	1000	2,18	2,00	1,16	0,04
VESSEL'S FATE	1000	1,52	1,00	0,64	0,02

Percentiles	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
ACCIDENT CAUSE	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	8,00
ACCIDENT ORIGIN	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00
ACCIDENT SEQUENCE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00
COMBUSTIBLE MATERIAL	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	7,00
FATALITIES	0,00	0,00	0,01	0,04	0,11	0,25	0,47	0,84	1,45	2,62	8,38
FIRE EXTENSION	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00
FIRE SUPPRESSION	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00
DWT	802	2.250	3.507	4.885	6.500	8.505	11.106	14.759	20.461	31.742	83.849
SHIP LOCATION	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00
SHIP STATE	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	6,00
VESSEL'S FATE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00

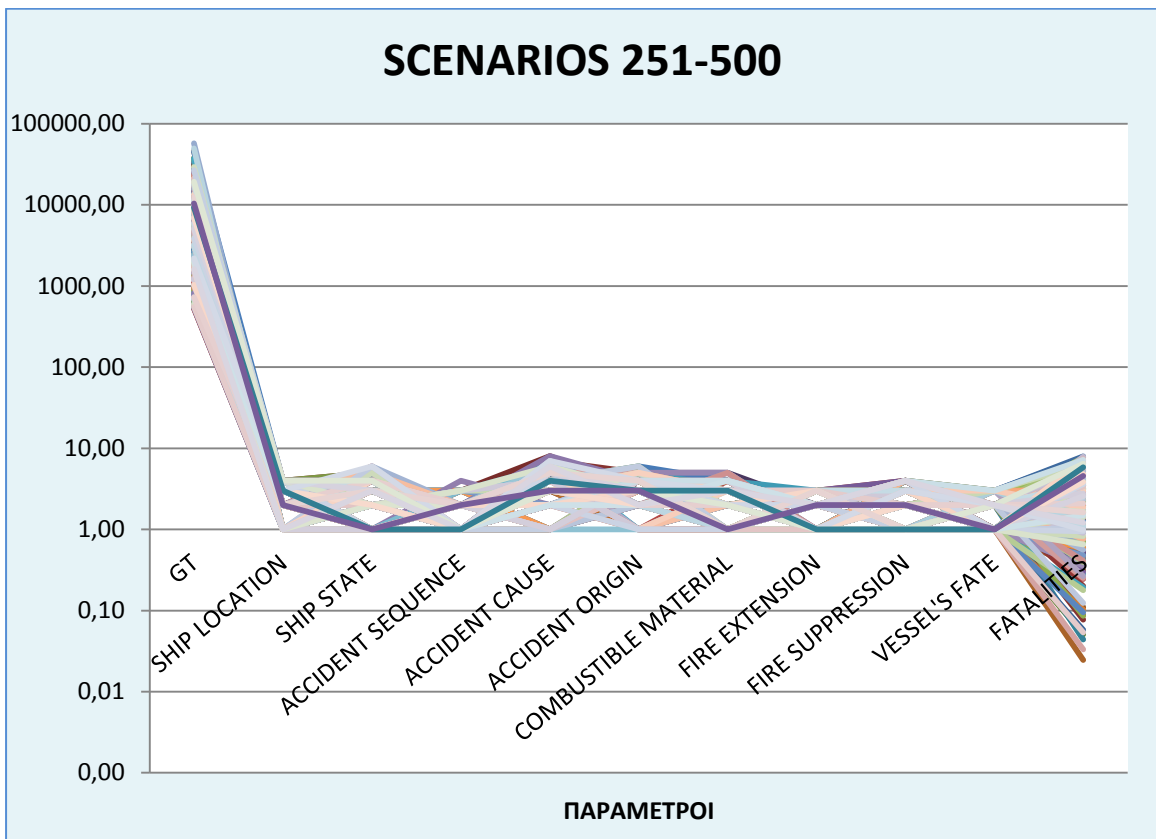
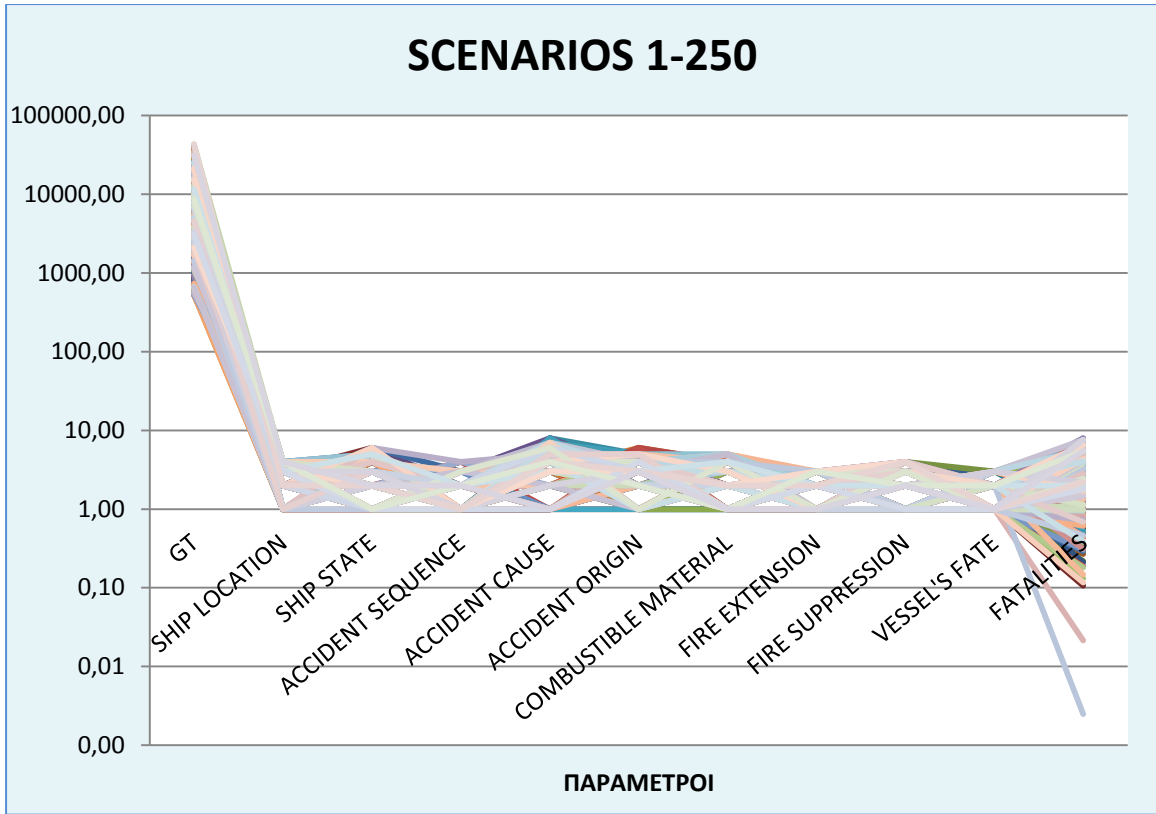




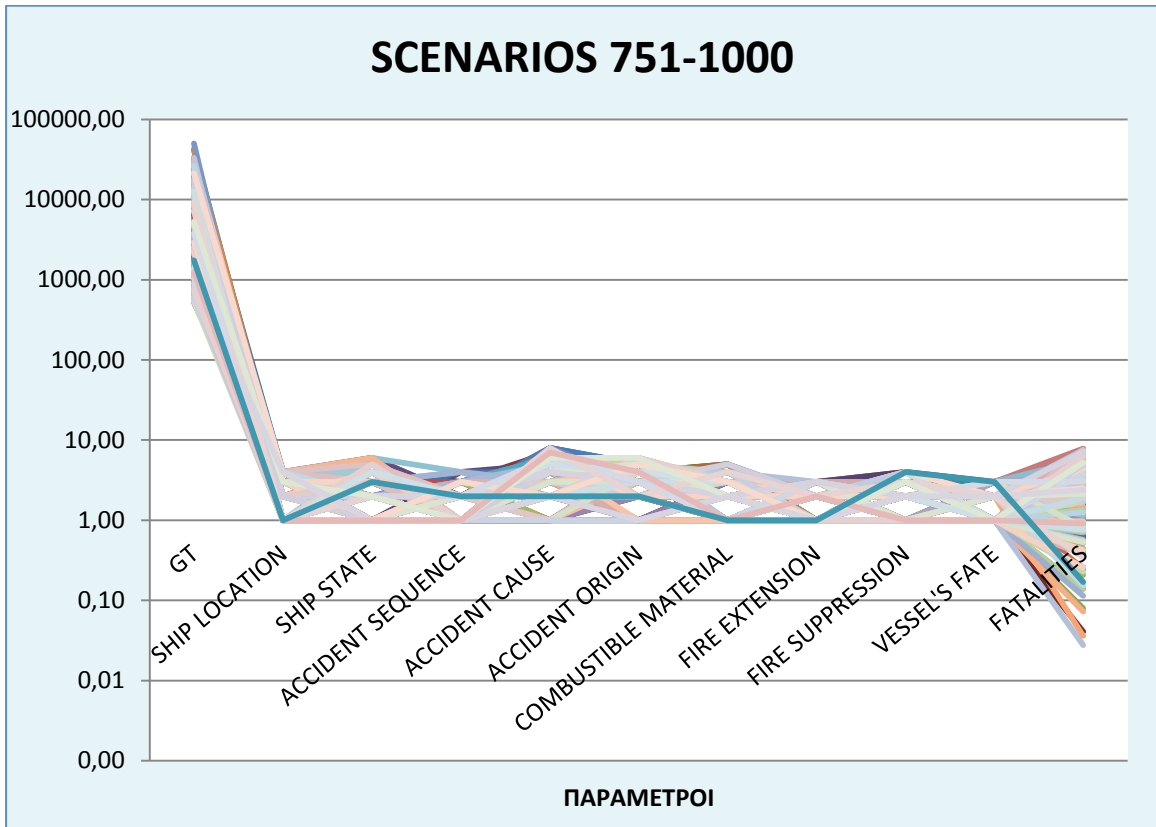
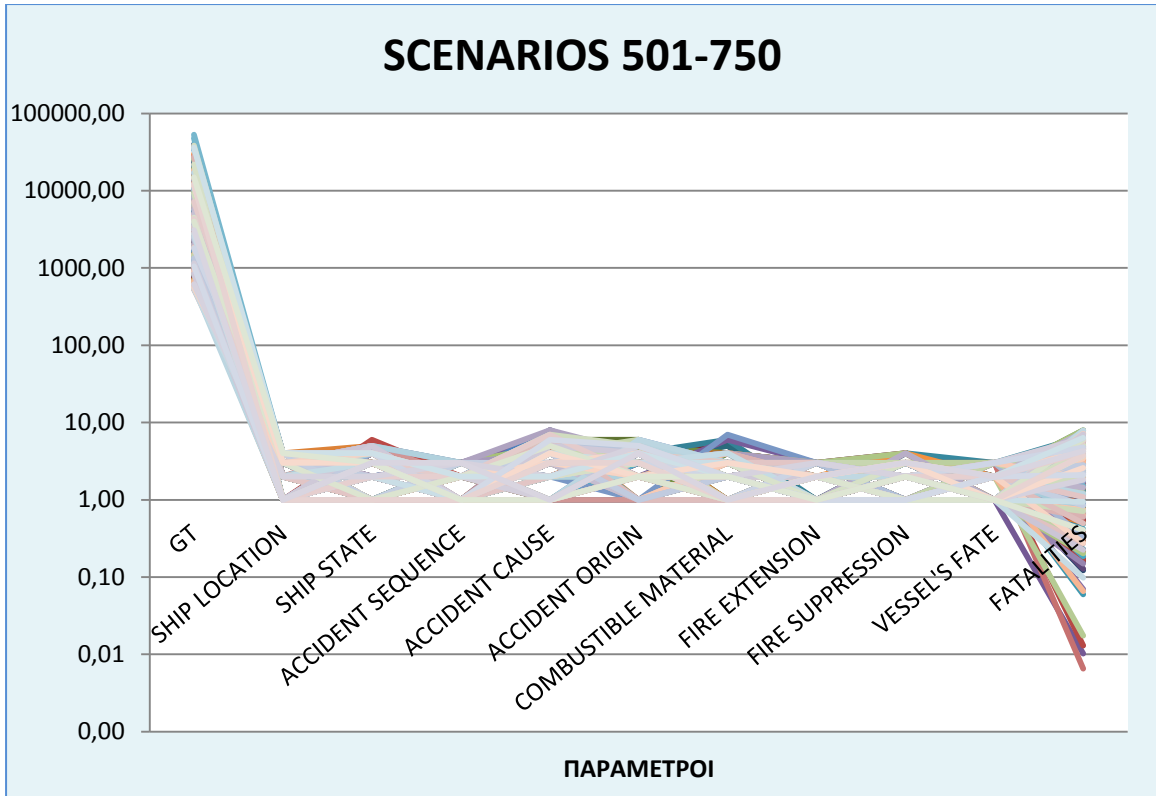
## B.3 CARGO SHIPS

Statistics	Trials	Mean	Median	Std Deviation	Mean Std. Error
ACCIDENT CAUSE	1000	3,46	3,00	1,68	0,05
ACCIDENT ORIGIN	1000	3,13	3,00	1,18	0,04
ACCIDENT SEQUENCE	1000	1,56	1,00	0,70	0,02
COMBUSTIBLE MATERIAL	1000	2,19	2,00	1,05	0,03
FATALITIES	1000	2,95	2,52	2,17	0,07
FIRE EXTENSION	1000	1,68	2,00	0,74	0,02
FIRE SUPPRESSION	1000	1,96	2,00	0,95	0,03
GT	1000	8653	5257	9294	294
SHIP LOCATION	1000	2,17	2,00	1,13	0,04
SHIP STATE	1000	2,36	2,00	1,24	0,04
VESSEL'S FATE	1000	1,52	1,00	0,64	0,02

Percentiles	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
ACCIDENT CAUSE	1,00	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00	8,00
ACCIDENT ORIGIN	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	5,00	6,00
ACCIDENT SEQUENCE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	4,00
COMBUSTIBLE MATERIAL	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	7,00
FATALITIES	0,00	0,41	0,85	1,35	1,90	2,52	3,22	4,05	5,04	6,30	8,00
FIRE EXTENSION	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00
FIRE SUPPRESSION	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00
GT	526	797	1422	2345	3596	5257	7427	10330	14543	21551	57241
SHIP LOCATION	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	4,00
SHIP STATE	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	6,00
VESSEL'S FATE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	3,00





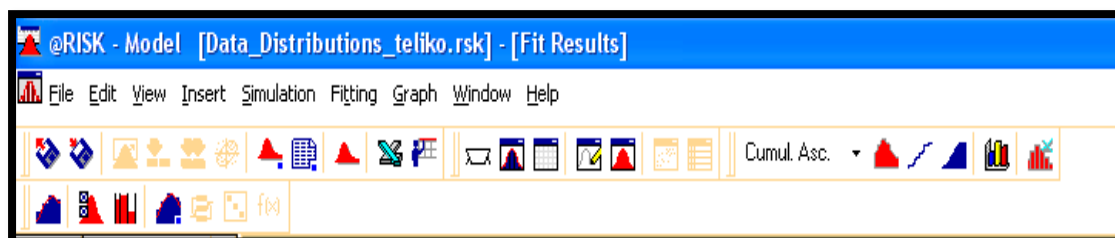


## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

### ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΣΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ @RISK

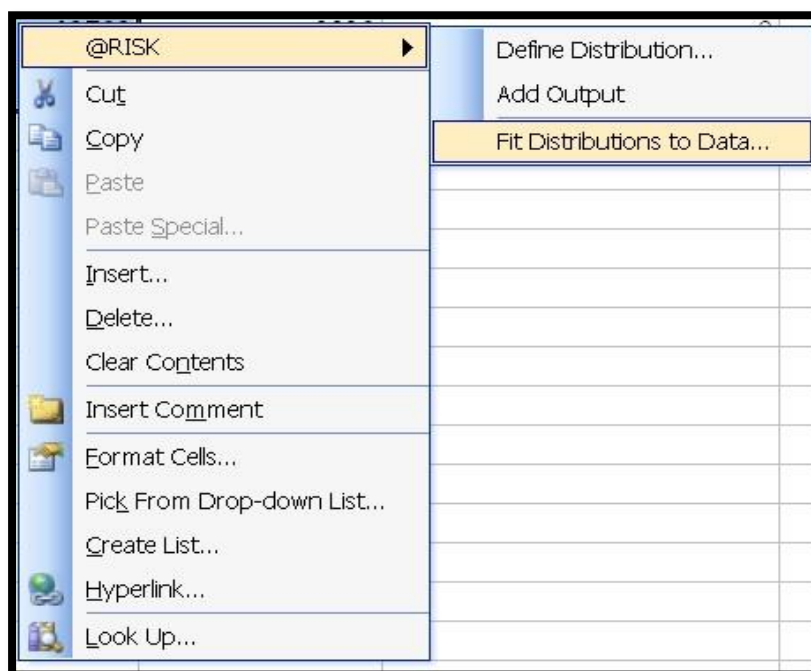
Σε αυτό το παράρτημα θα γίνει μια σύντομη αναφορά στο πρόγραμμα @Risk της Palisade με έμφαση στο μέρος που αφορά την εύρεση κατανομών που περιγράφουν καλύτερα τα δεδομένα της κάθε επιλεγμένης παραμέτρου, δηλαδή της απόδοσης κατανομών στα δεδομένα-distribution fitting. Να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα λειτουργεί διαδραστικά με το MS Excel. Ακολουθεί η παράθεση χαρακτηριστικών εικόνων καθώς και περιγραφή του τρόπου χρήσης στη συγκεκριμένη εργασία.

Η μπάρα εργασίας με τις αρχικές επιλογές εμφανίζεται στην πρώτη εικόνα.



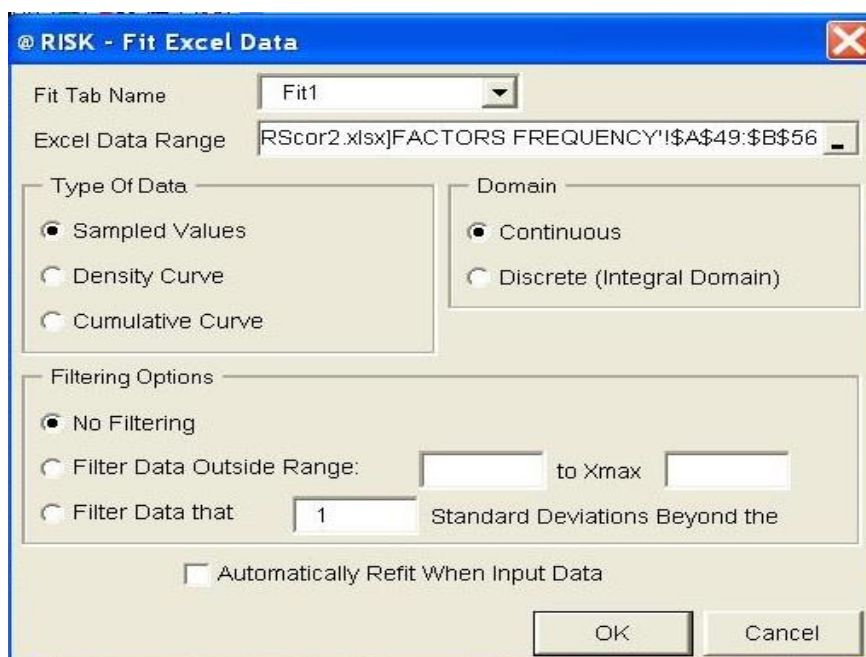
Εικόνα γ.1: Η μπάρα με τις διαθέσιμες επιλογές.

Αφού επιλέξουμε τα δεδομένα από το υπολογιστικό φύλλο του MS Excel, με δεξί κλικ επιλέγουμε να γίνουν επεξεργασία στο @Risk.



Εικόνα γ.2: Επιλογή επεξεργασίας δεδομένων στο πρόγραμμα.

Έτσι ανοίγει ένα παράθυρο με τις επιλογές που φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



**Εικόνα γ.3:** Input Data Options.

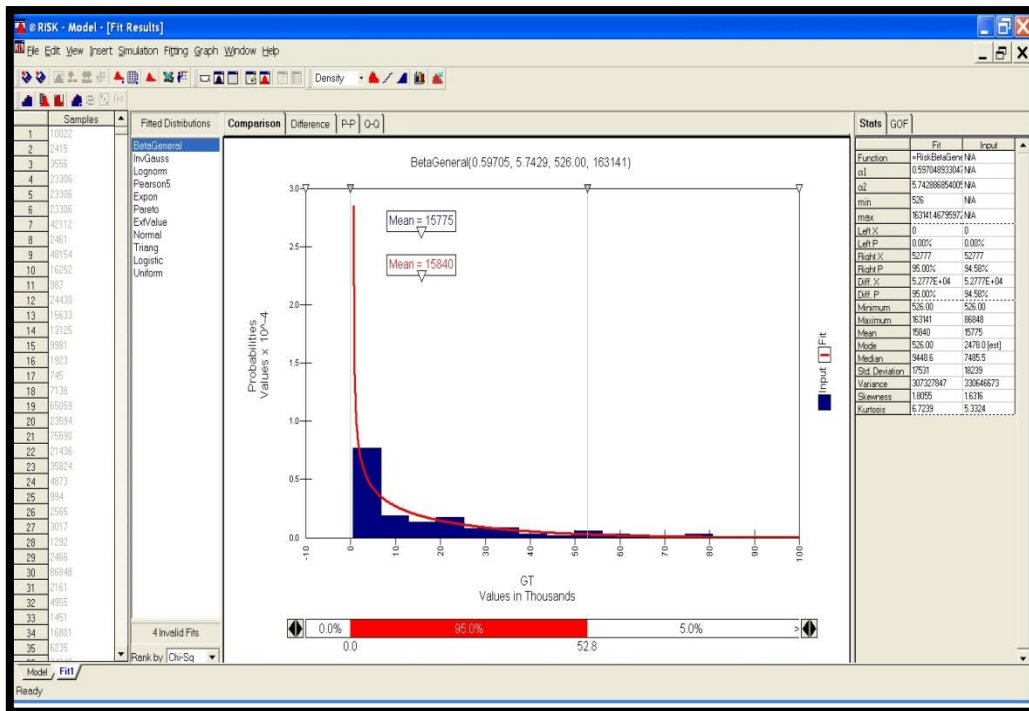
Όπως φαίνεται και στην εικόνα ορίζουμε:

1. Το δείγμα: α) τυχαίο δείγμα, β) συνάρτηση πυκνότητας γ) αθροιστική συνάρτηση.
2. Τις τιμές του δείγματος: α) διακριτές ή β) συνεχείς.
3. Τις τιμές  $X_{min}$  και  $X_{max}$  που ορίζουν το εύρος τιμών του δείγματος που επιθυμούμε να εισάγουμε ή να εξαιρεθούν τιμές που απέχουν  $n$  τυπικές αποκλίσεις από τη μέση τιμή του δείγματος.

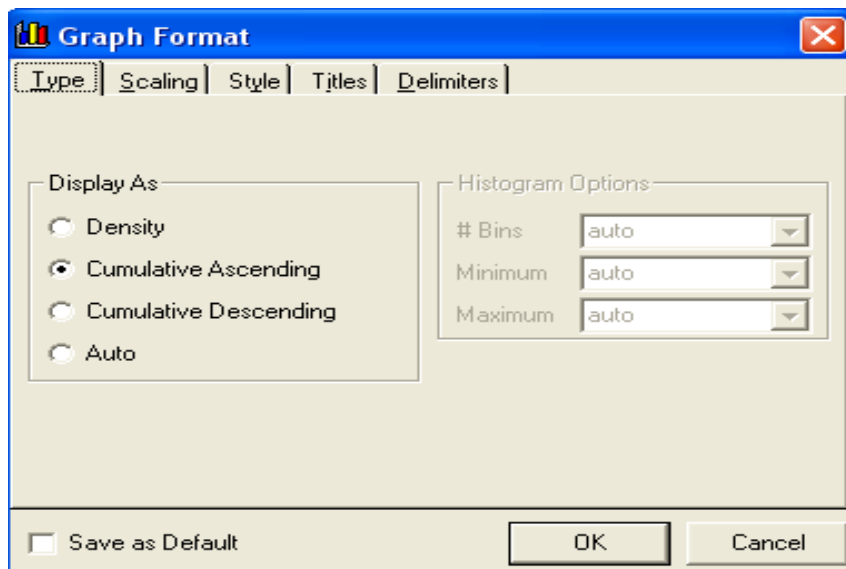
Στην εικόνα γ.4 φαίνεται η επιλεγμένη κατανομή. Στο πάνω και αριστερό μέρος φαίνεται το σύνολο των κατανομών που περιγράφουν τα δεδομένα κατά αξιολογημένη σειρά με βάση το κριτήριο που επιλέγεται στο κάτω μέρος. Αυτό μπορεί να είναι ένα εκ των:

- Chi squared ( $\chi^2$ )
- Kolmogorov-Smirnoff (K-S)
- Anderson-Darling (A-D)

Αφού έχει γίνει η επιλογή τη κατανομής που περιγράφει βέλτιστα τα δεδομένα εμφανίζονται δύο πίνακες οι οποίοι παρουσιάζονται στις εικόνες γ.6 και γ.7.



Εικόνα γ.4: Συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της παραμέτρου.



Εικόνα γ.5: Παράθυρο επιλογών Graph format.

Η παράθεση ορισμένων χαρακτηριστικών στοιχείων για το ιστογράμμο που προέρχεται από τα δεδομένα και την κατανομή που επιλέγεται από το πρόγραμμα γίνεται στον πρώτο πίνακα, ενώ στο δεύτερο πίνακα παρουσιάζεται η επίδοση της συγκεκριμένης κατανομής σε όλα τα κριτήρια κατάταξης.

Stats	GOF	
	Fit	Input
Function	=RiskUniform(0	N/A
min	0,48837209302	N/A
max	23,51162790697	N/A
Left X	1,64	1,64
Left P	5,00%	11,36%
Right X	22,36	22,36
Right P	95,00%	95,45%
Diff. X	20,7209	20,7209
Diff. P	90,00%	84,09%
Minimum	0,48837	1,0000
Maximum	23,512	23,000
Mean	12,000	11,705
Mode	N/A	1,0000 [est]
Median	12,000	12,500
Std. Deviation	6,6462	7,2226
Variance	44,173	50,981
Skewness	0,0000	-0,0328
Kurtosis	1,8000	1,7396

Εικόνα γ.6: Σύγκριση στοιχείων των δύο κατανομών.

Stats	GOF		
	Chi-Sq	A-D	K-S
Test Value	2,909	0,7378	0,09343
P Value	0,8933	N/A	N/A
Rank	1	1	1

Εικόνα γ.7: Επίδοση της επιλεγμένης κατανομής στα tests.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

### ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΕΝΑΡΙΩΝ CRYSTAL BALL

Το υπολογιστικό πακέτο που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή σεναρίων είναι το Crystal Ball της Oracle. Στο παρόν παράρτημα θα γίνει μια σύντομη περιγραφή του προγράμματος.


Το πρόγραμμα λειτουργεί διαδραστικά με το MS Excel. Για να δοθεί μια πληρέστερη εικόνα για τις βασικές του λειτουργίες, γίνεται παράθεση χαρακτηριστικών εικόνων καθώς και περιγραφή του τρόπου χρήσης του στη συγκεκριμένη εργασία.

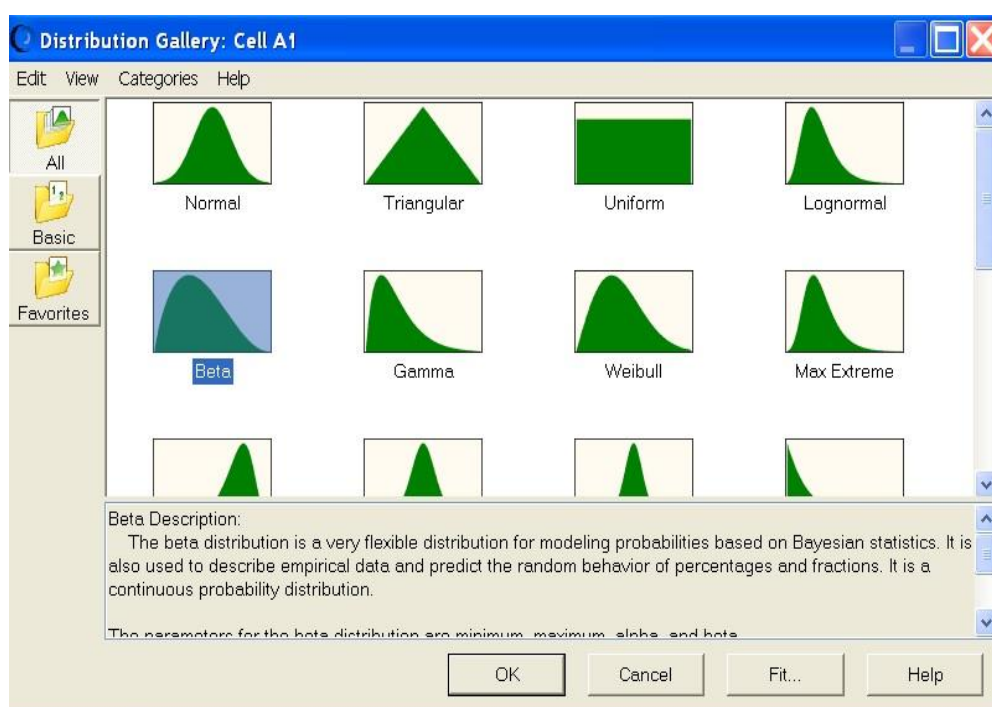
Η μπάρα εργασίας με τις αρχικές επιλογές εμφανίζεται στην πρώτη εικόνα.



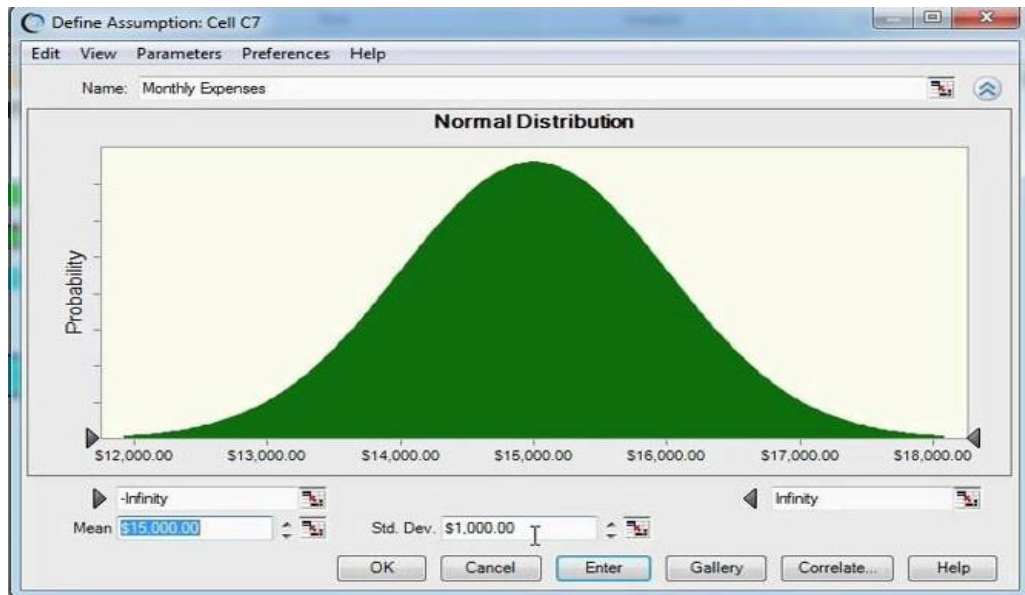
Εικόνα 8.1: Η μπάρα με τις διαθέσιμες επιλογές.

Εφόσον έχει επιλεγεί κατάλληλη κατανομή για κάθε παράμετρο με το πρόγραμμα @Risk, θα ακολουθήσει η εισαγωγή των στοιχείων των κατανομών των παραμέτρων του δείγματος στο παρόν πρόγραμμα.


Με το εικονίδιο  Define Assumption, που θα πραγματοποιηθεί ο ορισμός της κατανομής της παραμέτρου, ανοίγει αρχικά ένα παράθυρο επιλογών για τον τύπο της κατανομής (εικόνα 8.2).

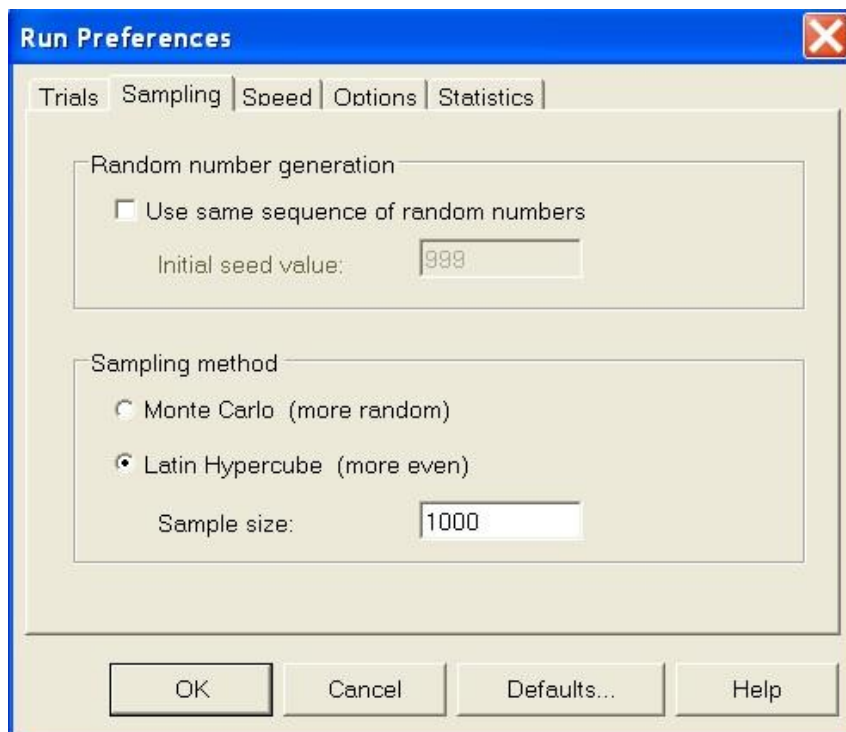


Εικόνα 8.2: Παράθυρο επιλογής της κατανομής.



**Εικόνα 8.3:** Παράθυρο επεξεργασίας στοιχείων της κατανομής.


Αφού επιλεχτεί το είδος της κατανομής, εισάγουμε τα δεδομένα της κατανομής που έχει προκύψει από το @Risk για να την καθορίσουμε πλήρως. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία για όλες τις παραμέτρους του δείγματος, θα επιλέξουμε το εικονίδιο  Run preferences από την μπάρα εργασιών για να ορίσουμε τις παραμέτρους της προσομοίωσης (εικόνα 8.4)

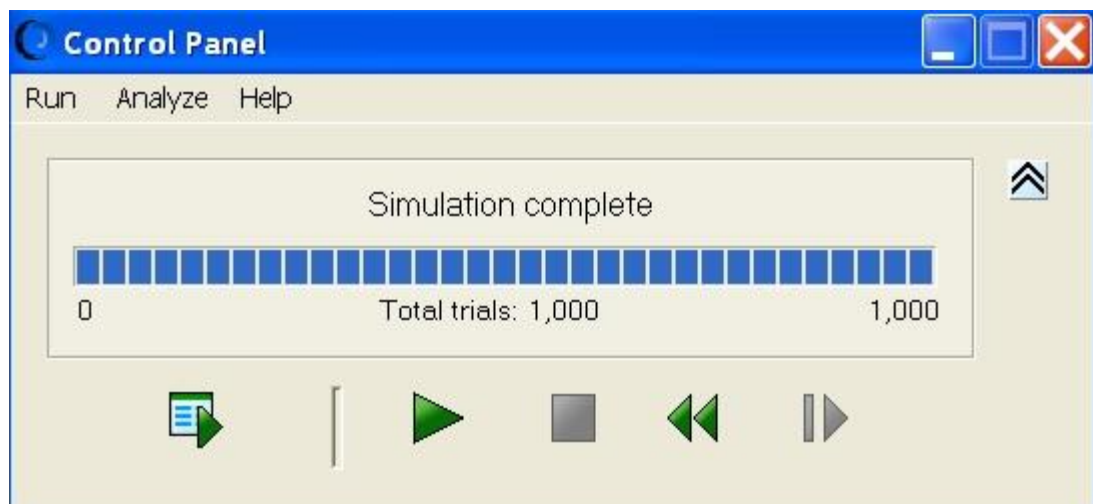


**Εικόνα 8.4:** Παράθυρο Run preferences.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα ορίζουμε:

- ο τον αριθμό του τελικού δείγματος.
- ο τη μέθοδο δειγματοληψίας.
- ο την ταχύτητα της προσομοίωσης.
- ο επιλογές εμφάνισης των αποτελεσμάτων.
- ο τον τρόπο της πιθανοθεωρητικής εμφάνισης των αποτελεσμάτων.

Το τελικό βήμα είναι να ξεκινήσουμε την προσομοίωση. Η λειτουργία αυτή εκτελείται με την επιλογή  Run. Στην ολοκλήρωση της προσομοίωσης εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο.



**Εικόνα 8.5:** Παράθυρο εκτέλεσης της προσομοίωσης.

Σε αυτό το παράθυρο φαίνεται η εξέλιξη της προσομοίωσης ενώ επίσης υπάρχουν επιλογές ανάλυσης των αποτελεσμάτων. Μπορούμε να επιλέξουμε τη δημιουργία αναλυτικής αναφοράς της προσομοίωσης και να αποθηκεύσουμε τα δεδομένα των αποτελεσμάτων.

Το Crystal Ball είναι ένα πρόγραμμα με πληθώρα δυνατοτήτων και επιλογών. Χρησιμοποιείται ευρέως για μοντέλα πρόβλεψης, πρόγνωσης, προσομοίωσης και βελτιστοποίησης.



