



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΥΝΕΧΟΥΣ

ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ

ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

ΥΔΡΟΠΛΑΝΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ ΣΤΕΡΓΙΟΣ-ΖΗΚΟΣ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2020



Ευχαριστίες

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της παρούσας εργασίας κ. Κωνσταντίνο Κεπαπτσόγλου, Επίκουρο Καθηγητή που με εμπιστεύτηκε για την εκπόνησή της, τις πολύτιμες γνώσεις, συμβουλές και οδηγίες του σχετικά με αυτή αλλά και γενικότερα στην πορεία μου ως προπτυχιακός σπουδαστής. Παρομοίως θα ήθελα να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κ. Αθανάσιο Μπαλλή, Καθηγητή και κ. Ελένη Βλαχογιάννη, Επίκουρη Καθηγήτρια, αλλά και γενικότερα τους διδάσκοντες και το προσωπικό στον Τομέα των Μεταφορών και τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών που συνεργάστηκα αυτά τα 5,5 έτη.

Ιδιαίτερα από καρδιάς ευχαριστώ τους γονείς μου Γιώργο και Ιωάννα, την αδερφή μου Μαριάννα, τους λοιπούς συγγενείς αλλά και τους φίλους μου και όποιον άλλο μου συμπαραστάθηκε με οποιαδήποτε μορφή και ειδικά στις προσωπικές μου δυσκολίες όχι μόνο την περίοδο των σπουδών μου στο Πολυτεχνείο αλλά γενικότερα στα σχεδόν 24 χρόνια ζωής μου.

Την εργασία την αφιερώνω στη μνήμη των παππούδων μου Στέργιου και Ζήκου και της γιαγιάς μου Βούλας για όσα έκαναν για να βρίσκομαι εδώ σήμερα και που δυστυχώς τους αποχωρίστηκα σε μικρή ηλικία.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΠΛΑΝΩΝ

ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ ΣΤΕΡΓΙΟΣ-ΖΗΚΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ:ΚΕΠΑΠΤΣΟΓΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ,

ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας αποτελεί η ανάπτυξη ενός μοντέλου συνεχούς προσέγγισης με το οποίο περιγράφεται η λειτουργία ενός δικτύου τακτικών δρομολογίων υδροπλάνων, από τα υπό θεώρηση μητροπολιτικά υδατοδρόμια της Ελευσίνας και της Θεσσαλονίκης. Αρχικά παρουσιάζονται γενικές πληροφορίες σχετικά με τα υδροπλάνα και τα υδατοδρόμια παγκόσμια αλλά και στην Ελλάδα ώστε να διαπιστωθεί η αναγκαιότητα αλλά και η καταλληλότητα του συγκεκριμένου μέσου στη χώρα μας. Ακολουθεί η διατύπωση των σχετικών εξισώσεων τεχνικής και οικονομικής φύσεως σχετικά με τη λειτουργία των υδροπλάνων, αλλά και της ζήτησης των υδατοδρομίων κατανεμημένων ανά τρίμηνο, εξαιτίας της εποχικότητας φαινομένων όπως ο τουρισμός και οι καιρικές συνθήκες. Λόγω της φύσης του μοντέλου απαιτείται ένας αριθμός εξισώσεων με σχετικά λίγες μεταβλητές που να ποσοτικοποιούν αδρομερώς τη λειτουργία του συστήματος, το οποίο βρίσκεται σε φάση σχεδιασμού. Επειδή στις αερομεταφορές τα περιθώρια κέρδους είναι λίγο έως πολύ καθορισμένα εξαιτίας της μεταβλητότητας της τιμής του εισιτηρίου εξετάζεται συγκεκριμένα ο βέλτιστος αριθμός αεροσκαφών και δρομολογίων που να ανταποκρίνεται στο ωράριο λειτουργίας των υδροπλάνων και με αντικειμενική συνάρτηση τη μεγιστοποίηση της πληρότητας των δρομολογίων. Λαμβάνονται υπόψη τρία διαφορετικά σενάρια μελλοντικής ζήτησης για το έτος-στόχο 2030 (αναμενόμενο, αισιόδοξο και απαισιόδοξο) ανάλογα με το συντελεστή ανάπτυξης της Ε.Ε. Τελικά εφαρμόζονται οι εξισώσεις του μοντέλου για κάθε σενάριο και στα δύο μητροπολιτικά υδατοδρόμια ανά τρίμηνο και επιλέγονται τα βέλτιστα ζεύγη αριθμού υδροπλάνων και δρομολογίων.

Λέξεις-κλειδιά: υδροπλάνο, υδατοδρόμιο, μοντέλο συνεχούς προσέγγισης, βελτιστοποίηση λειτουργίας

ABSTRACT

The objective of this diploma thesis is to develop a continuum approximation model for the operation of a regular seaplane network from the metropolitan seaplane bases of Elefsina and Thessaloniki. Initially, general information on seaplanes worldwide and in Greece are presented, in order to ascertain their necessity and suitability in Greece. Following, the formulation of the relevant technical and economic equations on the operation of seaplanes are developed, as well as the demand for seaplane services distributed by quarter due to seasonality of factors such as tourism and weather conditions. Due to the nature of the model, a set of equations with relatively few variables are needed to quantify the operation of the system in the design phase. Since in air transportation profit margins are determined by the volatility of ticket prices, the optimum number of aircraft and itineraries corresponding to seafloor operating hours is specifically considered, having as an objective function the optimization of itineraries passengers' fullness. Three different scenarios of future demand for the target year 2030 (expected, optimistic and pessimistic) depending on the EU growth factor are taken into account. Finally, the developed model for each scenario is applied for each metropolitan seaplane base per quarter and the optimal pairs of seaplane and itineraries are selected.

Keywords: seaplane, seaplane base, continuum approximation model, optimization of operation

Στη μνήμη των παππούδων μου Στέργιου
και Ζήκου και της γιαγιάς μου Βούλας

Περιεχόμενα

Ευρετήριο Πινάκων.....	7
Ευρετήριο Σχημάτων.....	7
Ευρετήριο Εικόνων.....	7
1.Εισαγωγή.....	9
1.1 Ορισμοί-Βασικές Έννοιες.....	9
1.2 Σκοπός Εργασίας.....	10
1.3 Δομή Εργασίας.....	11
2.Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	12
2.1 Υδροπλάνα και Υδατοδρόμια.....	12
2.2 Μοντέλα Συνεχούς Προσέγγισης.....	14
3.Υδροπλάνα και Υδατοδρόμια-Βασικές Πληροφορίες.....	17
3.1 Εισαγωγή.....	17
3.2 Υδροπλάνα-Διεθνής Εμπειρία.....	17
3.2α) Είδος πραγματοποιούμενων πτήσεων.....	17
3.2β) Γεωγραφική περιοχή.....	19
3.2γ) Μέγεθος δραστηριότητας.....	20
3.2δ) Τύπος αεροσκάφους.....	22
3.3 Υδατοδρόμια-Βασικές Αρχές Σχεδιασμού.....	26
3.4 Τα Υδροπλάνα στην Ελλάδα.....	30
4.Βασικές Μαθηματικές Σχέσεις.....	35
4.1 Εισαγωγή-Μοντέλα Συνεχούς Προσέγγισης.....	35
4.2 Μοντέλο Μεγέθους Στόλου.....	38
4.3 Μοντέλα Κόστους Υπηρεσίας και Κόστους Χρήστη.....	39
4.4 Στοιχεία Εισόδου Ζήτησης Μοντέλου-Δίκτυο Εξυπηρέτησης.....	40
4.5 Δίκτυο Εξυπηρέτησης.....	42
4.6 Συντελεστής Ανάπτυξης Ζήτησης.....	44
5.Ανάπτυξη Μοντέλου κι Εξαγωγή Συμπερασμάτων.....	45
5.1 Εισαγωγή.....	45
5.2 Αποτελέσματα για το Υδατοδρόμιο της Ελευσίνας.....	46
5.2α) Σενάριο 1-Αναμενόμενο.....	47
5.2β) Σενάριο 2-Αισιόδοξο.....	51
5.2γ) Σενάριο 3-Απαισιόδοξο.....	55
5.3 Αποτελέσματα για το Υδατοδρόμιο της Θεσσαλονίκης.....	59
5.3α) Σενάριο 1-Αναμενόμενο.....	60
5.3β) Σενάριο 2-Αισιόδοξο.....	63
5.3γ) Σενάριο 3-Απαισιόδοξο.....	66
5.4 Αποτελέσματα με καθυστερήσεις λόγω καιρού.....	71
5.3α) Καθυστερήση 10% του χρόνου.....	71
5.3β) Καθυστερήση 25% του χρόνου.....	74
6.Ανασκόπηση Εργασίας.....	78
6.1 Σύνοψη Αποτελεσμάτων.....	78
6.2 Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα.....	80
Βιβλιογραφία.....	82

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 3.1: Χρήστες επιβατικών υδροπλάνων-αριθμός ανά τύπο το 2010.....	20
Πίνακας 3.2: Χωρητικότητες και ποσότητα αεροσκαφών σε χρήση.....	25
Πίνακας 3.3, βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά DHC-6 Twin Otter.....	25
Πίνακας 3.4: κατηγορίες θάλασσας, ύψη κυματισμών και ποσοστά εμφάνισης σε βόρειο Ατλαντικό και Ειρηνικό Ωκεανό.....	27
Πίνακας 3.5: Υπό αδειοδότηση υδατοδρόμια της “Ελληνικά Υδατοδρόμια”.....	33
Πίνακας 4.1: Συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στα παρακάτω κεφάλαια και οι μονάδες μέτρησής τους.....	37-40
Πίνακας 4.2α: Διανυκτερεύσεις-Ποσοστό(%)-Συντελεστές μεταβλητών (αλλοδαποί χρήστες).....	43
Πίνακας 4.2β: Διανυκτερεύσεις-Ποσοστό(%)-Συντελεστές μεταβλητών (ημεδαποί χρήστες).....	44
Πίνακας 4.3α: Προορισμοί υδατοδρομίου Ελευσίνας.....	45-46
Πίνακας 4.3α: Προορισμοί υδατοδρομίου Θεσσαλονίκης.....	46
Πίνακας 5.1: Μέγιστος ολικός χρόνος λειτουργίας ανά τρίμηνο(TOTmax).....	48-49
Πίνακας 5.2: Δεδομένα εισόδου μοντέλου υδατοδρομίου Ελευσίνας.....	49
Πίνακας 5.3: Συνοπτικά αποτελέσματα για το υδατοδρόμιο Ελευσίνας-αναμενόμενο σενάριο.....	54
Πίνακας 5.4: Συνοπτικά αποτελέσματα για το υδατοδρόμιο Ελευσίνας-αισιόδοξο σενάριο.....	57
Πίνακας 5.5: Συνοπτικά αποτελέσματα για το υδατοδρόμιο Ελευσίνας-απαισιόδοξο σενάριο.....	60
Πίνακας 5.6: Δεδομένα εισόδου μοντέλου υδατοδρομίου Θες/νίκης.....	62
Πίνακας 5.7: Συνοπτικά αποτελέσματα για το υδατοδρόμιο Θες/νίκης-αναμενόμενο σενάριο.....	65
Πίνακας 5.8: Συνοπτικά αποτελέσματα για το υδατοδρόμιο Θες/νίκης -αναμενόμενο σενάριο.....	68
Πίνακας 5.9: Συνοπτικά αποτελέσματα για το υδατοδρόμιο Θες/νίκης -αναμενόμενο σενάριο.....	72

Ευρετήριο σχημάτων

Σχήμα 3.1, Τύπος παρεχόμενων υπηρεσιών υδροπλάνων.....	18
Σχήμα 3.2, Σκοπός πτήσεων υδροπλάνων.....	19
Σχήμα 3.3α:διοικητικός χάρτης Μαλδίβων.....	21
Σχήμα 3.3β: δίκτυο Harbour Air, Καναδάς.....	21
Σχήμα 3.4α, Κατανομή διαχειριστών ανά αριθμό αεροσκαφών.....	21
Σχήμα 3.4β, Κατανομή πτήσεων ανά διάρκεια χρόνου και απόσταση.....	22
Σχήμα 3.4γ, Κατανομή διαχειριστών ανά αριθμό ετήσιων πτήσεων.....	22
Σχήμα 3.5α, Δημοφιλέστεροι τύποι αεροσκαφών διαχειριστών υδροπλάνων κατά ποσοστά το 2010.....	23
Σχήμα 3.5β, Ομαδοποίηση ανά δυνατότητα πλεύσης και στη στεριά.....	23
Σχήμα 3.5γ, Μέγεθος αεροσκαφών σε λειτουργία.....	25
Σχήμα 3.6, διαμήκης όψη, εγκάρσια τομή και κάτοψη DHC-6.....	26
Σχήμα 3.7: Σκαρίφημα μιας ιδεατής τοποθεσίας υδατοδρομίου.....	29
Σχήμα 3.8: υδάτινος διάδρομος, τροχοδίαυλοι και λεκάνη στροφής υδατοδρομίου.....	30
Σχήμα 3.9: Περιοχή ακύρωσης με μόνιμες σημαδούρες παρόρμησης.....	31
Σχήμα 3.10:Ράμπες σε υδατοδρόμιο στην Αλάσκα.....	31
Σχήμα 3.11:Υδροπλάνα στο Αργοστόλι-1917.....	32
Σχήμα 3.12: Πρόταση “Hellenic Seaplanes” για μητροπολιτικό υδατοδρόμιο Αττικής.....	35
Σχήμα 3.13: Μηνάς Παγωνάκης, πρόταση ανάπτυξης δικτύου δρομολογίων υδροπλάνων στον ελλαδικό χώρο.....	36
Σχήμα 4.1: Μηνάς Παγωνάκης , Χάρτης δικτύου εξυπηρέτησης από μητροπολιτικά υδατοδρόμια.....	45
Σχήμα 5.1α: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Ελευσίνας-αναμενόμενο σενάριο-1ο τρίμηνο.....	50
Σχήμα 5.1β: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Ελευσίνας-αναμενόμενο σενάριο-2ο τρίμηνο.....	51
Σχήμα 5.1γ: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Ελευσίνας-αναμενόμενο σενάριο-3ο τρίμηνο.....	52
Σχήμα 5.1δ: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Ελευσίνας-αναμενόμενο σενάριο-4ο τρίμηνο.....	53
Σχήμα 5.2α: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Ελευσίνας-αισιόδοξο σενάριο-1ο τρίμηνο.....	54
Σχήμα 5.2β: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Ελευσίνας-αισιόδοξο σενάριο-2ο τρίμηνο.....	55
Σχήμα 5.2γ: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Ελευσίνας-αισιόδοξο σενάριο-3ο τρίμηνο.....	56
Σχήμα 5.2δ: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Ελευσίνας-αισιόδοξο σενάριο-4ο τρίμηνο.....	57

Σχήμα 5.3α: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Ελευσίνας-απαισιόδοξο σενάριο-1ο τρίμηνο.....	58
Σχήμα 5.3β: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Ελευσίνας-απαισιόδοξο σενάριο-2ο τρίμηνο.....	59
Σχήμα 5.3γ: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Ελευσίνας-απαισιόδοξο σενάριο-3ο τρίμηνο.....	59
Σχήμα 5.3δ: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Ελευσίνας-απαισιόδοξο σενάριο-4ο τρίμηνο.....	60
Σχήμα 5.4, Υδατοδρόμιο Ελευσίνας, αριθμός στόλου Μ.....	61
Σχήμα 5.5, Αριθμός ημερ. δρομολογίων Ι ανά τρίμηνο, Ελευσίνα.....	61
Σχήμα 5.6, Διακύμανση TOT(h), Ελευσίνα.....	62
Σχήμα 5.7α: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Θεσ/νίκης-αναμενόμενο σενάριο-1ο τρίμηνο.....	63
Σχήμα 5.7β: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Θεσ/νίκης-αναμενόμενο σενάριο-2ο τρίμηνο.....	64
Σχήμα 5.7γ: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Θεσ/νίκης-αναμενόμενο σενάριο-3ο τρίμηνο.....	64
Σχήμα 5.7δ: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Θεσ/νίκης-αναμενόμενο σενάριο-4ο τρίμηνο.....	65
Σχήμα 5.8α: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Θεσ/νίκης-αισιόδοξο σενάριο-1ο τρίμηνο.....	66
Σχήμα 5.8β: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Θεσ/νίκης-αισιόδοξο σενάριο-2ο τρίμηνο.....	67
Σχήμα 5.8γ: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Θεσ/νίκης-αισιόδοξο σενάριο-3ο τρίμηνο.....	67
Σχήμα 5.8δ: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Θεσ/νίκης-αισιόδοξο σενάριο-4ο τρίμηνο.....	68
Σχήμα 5.9α: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Θεσ/νίκης-απαισιόδοξο σενάριο-1ο τρίμηνο.....	69
Σχήμα 5.9γ: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Θεσ/νίκης-απαισιόδοξο σενάριο-3ο τρίμηνο.....	71
Σχήμα 5.9δ: Επίλυση μοντέλου-υδατοδρόμιο Θεσ/νίκης-απαισιόδοξο σενάριο-4ο τρίμηνο.....	72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ορισμοί-Βασικές έννοιες

Υδροπλάνο (Seaplane): Καλείται το αυτοκινούμενο αεροσκάφος σταθερών πτερύγων ικανό για απογείωση και προσγείωση δια υδάτινης επιφάνειας (Gunston,2009) [13]. Σε περίπτωση που μπορεί επίσης να απογειωθεί και να προσγειωθεί σε ειδικά διαμορφωμένο διάδρομο όπως το συμβατικό αεροσκάφος καλείται αμφίβιο αεροσκάφος (amphibious aircraft). Η χρήση τους μειώθηκε μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο λόγω των επενδύσεων σε συμβατικά αεροδρόμια, διατηρούν ωστόσο ορισμένες λειτουργίες όπως κατάσβεση πυρκαγιών, μεταφορά μέσω αέρος στο αρχιπέλαγος και πρόσβαση σε περιοχές όπου κρίνεται ευκολότερο μέσω θαλάσσης. Η παρούσα διπλωματική εξετάζει τη δεύτερη περίπτωση για μια νησιωτική χώρα όπως η Ελλάδα και με ύπαρξη λιμνών στο ηπειρωτικό της τμήμα.[27Α]

Παρότι πράγματι χώρες με αντίστοιχα χαρακτηριστικά όπως οι Μαλδίβες, ο Καναδάς και η πολιτεία της Αλάσκας στις Η.Π.Α. έχουν αναπτύξει σε σημαντικό βαθμό το συγκεκριμένο μέσο ως μέσο μεταφοράς, στην Ελλάδα έγιναν λίγες σχετικά προσπάθειες αρχικά την περίοδο του Μεσοπολέμου και πιο πρόσφατα τη δεκαετία του 2000. Η πολύ πρόσφατη υπερψήφιση του νέου νομοθετικού πλαισίου ν.4663/2020 για τα υδατοδρόμια (μόλις το Φεβρουάριο του 2020) ενδεχομένως να βελτιώσει τις συνθήκες και να ξαναπετάξουν πράγματι υδροπλάνα σύντομα στον ελλαδικό χώρο[37].

Στα πλεονεκτήματα του υδροπλάνου συγκαταλέγονται το γεγονός ότι για την απογείωση και την προσγείωσή του-ή ακριβέστερα “αποθαλάσωση” και “προσθαλάσωση”-υπάρχει διαθέσιμη από τη φύση η σχετική υδάτινη επιφάνεια, η οποία εν γένει έχει και θεωρητικά “άπειρους” προσανατολισμούς εφόσον υπάρχουν οι αντίστοιχες νοητές επιφάνειες. Αντίθετα μειονέκτημά του αποτελούν οι σοβαροί περιορισμοί στη ταχύτητα των ανέμων και τη δυνατότητα πτήσης μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, τα οποία ωστόσο είναι ελαφρώς αμβλυμένα στο εύκρατο ελληνικό μεσογειακό κλίμα, ιδίως κατά τη θερινή περίοδο.

Υδατοδρόμιο (Seaplane base): καλείται ο ειδικά διαμορφωμένος χώρος απογείωσης και προσγείωσης των υδροπλάνων. Αποτελείται τόσο από το θαλάσσιο τμήμα (ανοιχτή θάλασσα, λίμνη ή πλωτός ποταμός) όσο και από το χερσαίο όπου γίνεται η επικοινωνία με το εξωτερικό του υδατοδρομίου σύστημα μεταφορών. Η λειτουργία του προσομοιάζει των συμβατικών αεροδρομίων (ύπαρξη νοητών επιφανειών απογείωσης και προσγείωσης, θαλάσσιοι διάδρομοι, θέσεις παραβολής υδροπλάνων, κτίριο επιβατών) αλλά όχι απόλυτα (δεν απαιτείται πύργος ελέγχου λόγω χαμηλότερου ύψους πτήσης).[8][27B] Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να υπάρχουν προδιαγραφές και κατάλληλη νομοθεσία, έτσι ώστε να αντιμετωπίζονται τα σχετικά θέματα γραφειοκρατίας.

Με βάση τις μελέτες των σχετικών εταιρειών “Hellenic Seaplanes” και “Ελληνικά Υδατοδρόμια” υπολογίζεται ότι συνολικά ένα δίκτυο 130 υδατοδρομίων θα μπορούσε να λειτουργήσει στην Ελλάδα καλύπτοντας σχεδόν όλα τα κατοικήσιμα νησιά καθώς και παραθαλάσσιες ή παραλίμνιες περιοχές. Συγκεκριμένα θα υπάρχουν 2 μητροπολιτικά υδατοδρόμια, ένα στην Αττική (στην παρούσα εργασία έχει χωροθετηθεί στην Ελευσίνα, έχουν όμως προταθεί και άλλες τοποθεσίες) και ένα στη Θεσσαλονίκη, τα οποία θα αποτελούν και τις βάσεις για το μοντέλο που αναπτύσσεται. Προβλέπονται ακόμη περί τα 15-20 κεντρικά υδατοδρόμια (1 ή 2 ανά περιφέρεια) και τα υπόλοιπα θα εντάσσονται στην κατηγορία των περιφερειακών υδατοδρομίων. Ωστόσο μέχρι σήμερα μόλις 3 υδατοδρόμια έχουν αδειοδοτηθεί από την “Ελληνικά Υδατοδρόμια” σε Κέρκυρα, Παξούς και Πάτρα τα οποία λειτούργησαν και την περίοδο 2004-2008. Παρ’ όλα αυτά το ενδιαφέρον από τις τοπικές αρχές πανελλαδικά είναι μεγάλο και με την ευκαιρία της ψήφισης του νέου νόμου πιθανότατα να υπάρξουν εξελίξεις.

Ένα **Μοντέλο Συνεχούς Προσέγγισης (Continuum Approximation Model)** αναπαριστά ένα διακριτό σύστημα όπως π.χ. αυτά των μεταφορών με ένα συνεχές μαθηματικό πρότυπο για την όσο το δυνατό ακριβέστερη περιγραφή του συστήματος με τις ελάχιστες δυνατές παραμέτρους.[21] Για ένα σύστημα το οποίο είναι γνωστά σχετικά λίγα δεδομένα και για μία πρώτη αδρομερή μελέτη των στοιχείων λειτουργίας του, όπως π.χ. εδώ η δρομολόγηση τακτικών δρομολογίων υδροπλάνων από τα μητροπολιτικά υδατοδρόμια Ελευσίνας και Θεσσαλονίκης κρίνεται το πλέον κατάλληλο.

1.2 Αντικείμενο εργασίας

Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η ανάπτυξη μοντέλου περιγραφής της λειτουργίας συστήματος

υδροπλάνων από τα μητροπολιτικά υδατοδρόμια Ελευσίνας και Θεσσαλονίκης, τα οποία θα λειτουργούν ως κόμβοι αφετηρίας τακτικών δρομολογίων υδροπλάνων με κόμβους προορισμού μικρότερα κεντρικά και περιφερειακά υδατοδρόμια στον ελλαδικό χώρο. Για το σκοπό αυτό εφαρμόζεται ένα μοντέλο συνεχούς προσέγγισης όπου λαμβάνονται οι διάφοροι κόμβοι προορισμού ως ένας μοναδικός μέσος κόμβος προορισμού. Καθότι ένα τέτοιο σύστημα βρίσκεται ακόμα σε φάση σχεδιασμού, χρησιμοποιούνται αριθμητικά δεδομένα και εξισώσεις παλαιότερης διπλωματικής εργασίας στο ίδιο αντικείμενο. [8]

1.3 Δομή εργασίας

Η εργασία αποτελείται από τα παρακάτω 6 κεφάλαια, εκ των οποίων το καθένα περιλαμβάνει τα εξής:

Κεφάλαιο 1: Γίνεται αναφορά σε βασικούς ορισμούς των εννοιών της εργασίας (υδροπλάνο, υδατοδρόμιο, μοντέλο συνεχούς προσέγγισης) καθώς και στο αντικείμενο της εργασίας

Κεφάλαιο 2: Περιγράφεται και αναλύεται η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την αποσαφήνιση και κατανόηση των παραπάνω εννοιών και την επιλογή των επιθυμητών στοιχείων

Κεφάλαιο 3: Γίνεται μια αδρομερής περιγραφή των βασικών γνώσεων αναφορικά με τα υδροπλάνα και τα υδατοδρόμια και τεκμηριώνεται γιατί το συγκεκριμένο μέσο θα ήταν κατάλληλο για τον ελληνικό χώρο

Κεφάλαιο 4: Η εργασία επικεντρώνεται στις εθνικές πτήσεις που θα πραγματοποιούνται από τα μητροπολιτικά υδατοδρόμια Ελευσίνας και Θεσσαλονίκης. Αναπτύσσονται οι εξισώσεις του μοντέλου συνεχούς προσέγγισης που αναπαριστά το παραπάνω σύστημα. Στόχος αποτελεί η εύρεση του βέλτιστου συνδυασμού (M,I) , όπου M ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων αεροσκαφών και I ο αντίστοιχος των δρομολογίων

Κεφάλαιο 5: Εφαρμόζεται το ως άνω μοντέλο και εξάγονται τα αποτελέσματα

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα-προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Υδροπλάνα και Υδατοδρόμια

Δεδομένου του σχετικά περιορισμένου ενδιαφέροντος σε παγκόσμιο επίπεδο για τα υδροπλάνα δεν υπάρχει ιδιαίτερα εκτεταμένη βιβλιογραφία, όχι όμως και ανύπαρκτη. Μία βασική πηγή δεδομένων αποτελεί η έρευνα των B.Mohr και J.Schomann που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος Fusetra του Seventh Framework Programme της Ε.Ε. και παρουσιάστηκε στη Μάλτα στις 24/09/2010. Η εργασία συνοψίζει βασικά δεδομένα για την αγορά των μεταφορών με υδροπλάνο (είδη πτήσεων, τύποι, πλήθος και ηλικία χρησιμοποιούμενων αεροσκαφών), τεχνικά χαρακτηριστικά των αεροσκαφών (κόστος αγοράς, κατανάλωση) αλλά και για την κατηγοριοποίηση των υδατοδρομιών ανάλογα με τον τρόπο και το μέσο παραβολής των υδροπλάνων. Ένα σημαντικό τμήμα της εργασίας προέρχεται από ερωτηματολόγιο που συμπλήρωσαν πιλότοι υδροπλάνων κυρίως από την Ευρώπη από το οποίο διαφαίνονται χρήσιμα στοιχεία σχετικά με το σκοπό των πτήσεων, την ετήσια κατανομή τους, την πληρότητα θέσεων, το χρόνο και την εμβέλεια πτήσης καθώς και τη χρήση ή μη συμβατικών διαδρόμων απογείωσης και προσγείωσης. Συνεπώς, ένας σημαντικός αριθμός πρωτογενών δεδομένων για τα υδροπλάνα περιέχεται στην εργασία αυτή.[1A][1B]

Σε πιο αναλυτικό επίπεδο, στην εργασία του J.Odedra “Use of Seaplanes and Integration within a Sea Base”, 2004 μελετάται το μέγιστο ύψος κύματος στο οποίο είναι δυνατόν το υδροπλάνο να λειτουργήσει και προτείνεται μάλιστα ο βέλτιστος σχεδιασμός των στοιχείων του.[2]

Περαιτέρω, η δημοσίευση των T. Denz, S.Smith, R.Shrestha “Seaplane Economics: A quantitative cost comparison of seaplanes and land planes for Sea Base operations”, 2007 συγκρίνει τα τεχνοοικονομικά δεδομένα των υδροπλάνων με τα συμβατικά αεροσκάφη. Το τελικό συμπέρασμα καταδεικνύει ότι τα υδροπλάνα προτιμώνται για μικρής εμβέλειας πτήσεις, της τάξεως των 300-400 km.[3]

Όπως διαπιστώνεται παρακάτω, το πλέον δημοφιλές μοντέλο υδροπλάνου το οποίο αναμένεται να χρησιμοποιηθεί και στον ελληνικό χώρο είναι το de Havilland DHC-6 Twin Otter, η παραγωγή του

οποίου την τελευταία δεκαετία πραγματοποιείται από τη Viking Air. Στην ιστοσελίδα της περιέχονται χρήσιμα τεχνικά χαρακτηριστικά του αεροσκάφους καταλήγοντας σε ένα μοντέλο κόστους.[4]

Σχετικά με τις διατάξεις των υδατοδρομιών, αναλυτικές προδιαγραφές περιέχονται στο πλέον πρόσφατο σχετικό εγχειρίδιο της FAA, Advisular Circular no.150/5395-1B του 2018. Περιγράφονται η ιδανική τοποθεσία για δημιουργία υδατοδρομίου, οι νοητές επιφάνειες απογείωσης και προσγείωσης, εγκαταστάσεις τόσο εντός της υδάτινης επιφάνειας (υδάτινος διάδρομος, τροχοδίαυλοι, λεκάνες στροφής) όσο και στα όρια με τη στεριά (ράμπες, διάδρομοι ολίσθησης, αποβάθρες), όπως επίσης στοιχεία σχετικά με το κτίριο επιβατών, την ταυτοποίηση του υδατοδρομίου και την κατασκευή του.[5]

Σε ό,τι αφορά επίσης την ελληνική βιβλιογραφία, η “Ελληνικά Υδατοδρόμια”, εταιρεία που έχει αναλάβει την αδειοδότηση 37 υδατοδρομιών προχώρησε το 2015 σε μελέτη οικονομικής ανάλυσης των υδατοδρομιών Κέρκυρας και Παξών. Τα υδατοδρόμια αυτά λειτούργησαν την περίοδο 2004-2008 και μέχρι σήμερα είναι από τα ελάχιστα που έχει ολοκληρωθεί η αδειοδότησή τους. Από την παραπάνω μελέτη εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα για τις απαιτήσεις βιωσιμότητας των ελληνικών υδατοδρομιών ανάλογα με το μέγεθός τους (μητροπολιτικό, κεντρικό ή περιφερειακό).[6]

Ήδη από το 2013 αναπτύχθηκε για πρώτη φορά διπλωματική εργασία από την Χριστίνα Ηλιοπούλου με επιβλέποντες τους Μ.Καρλαύτη αναπληρωτή καθηγητή† και Ν.Λαγαρό επίκουρο καθηγητή στο Ε.Μ.Π.: “Βέλτιστος Σχεδιασμός Δικτύου με Περιορισμός στη Χωρητικότητα”. Στη διπλωματική αυτή επιλύεται το ίδιο πρόβλημα τακτικών επιβατικών δρομολογίων με υδροπλάνα με την παρούσα με βάση την περιοχή της Αττικής (με μητροπολιτικό υδατοδρόμιο να χωροθετείται στο Λαύριο) με βάση όμως το πρόβλημα ταυτόχρονης παραλαβής και διανομής επιβατών (dial-a-ride) και τη χρήση γενετικού αλγορίθμου για την επίλυσή του μέσω του λογισμικού Evolver© της Palisade πρόσθετου στο Excel© της Microsoft. Στην παρούσα διπλωματική το μοντέλο συνεχούς προσέγγισης που χρησιμοποιείται παρέχει λιγότερο ακριβή αλλά πιο συνοπτικά και άμεσα αποτελέσματα εφόσον χρησιμοποιούνται απλές αλγεβρικές εξισώσεις με καθολική ισχύ για όλο το σύστημα.[7]

Μία διπλωματική εργασία ιδιαίτερα εκτενή σχετικά με τα υδροπλάνα συνέγραψε το 2016 ο Μηνάς Παγωνάκης, υπό την επίβλεψη του αναπληρωτή καθηγητή στο Ε.Μ.Π. Αθ. Μπαλλή: “Επιχειρησιακός

Σχεδιασμός των Υδατοδρομιών στην Ελλάδα: εφαρμογή στην περιφέρεια της Κρήτης”. Στη διπλωματική αυτή εστιάζει στην εφαρμογή ενός μοντέλου Πολυκριτήριας Ανάλυσης στην περιοχή της Κρήτης. Μολονότι η παρούσα διπλωματική δε χρησιμοποιεί ούτε συγκεκριμένου τύπου μοντέλο ούτε αφορά την περιοχή της Κρήτης, εντούτοις υιοθετεί εξισώσεις σχετικές με τη ζήτηση και το κόστος των υδροπλάνων από την εν λόγω διπλωματική.[8]

Η πλέον πρόσφατη διπλωματική του Β.Κώτσιαλου, “Διεύρυνση της συνέργειας των περιηγητικών υπηρεσιών υδροπλάνων και της κρουαζιέρας στην Ελλάδα” (επίβλεψη Αθ.Μπαλλής, αναπληρωτής καθηγητής Ε.Μ.Π., 2019) αναφέρεται στις περιηγητικές πτήσεις υδροπλάνων και στη σύνδεσή τους με τα δρομολόγια κρουαζιέρας. Το μαθηματικό μοντέλο που διατυπώνεται επιλύεται με τη χρήση του λογισμικού γεωγραφικών πληροφοριών ArcGIS© της ESRI αξιοποιώντας τα γεωχωρικά δεδομένα ως στοιχεία εισόδου και εξόδου.[9]

Αιτία για την ξαφνική διακοπή των δρομολογίων υδροπλάνων στην Ελλάδα (περιοχή Ιονίου) το 2008 αποτέλεσε η έλλειψη σχετικής επαρκούς νομοθεσίας. Το 2013 ψηφίστηκε για πρώτη φορά ο ν.4146/2013, όπου τα άρθρα 32 έως και 57 (κεφάλαιο Ε΄: ΙΔΡΥΣΗ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ ΕΠΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ) αναφέρονται στις διαδικασίες αδειοδότησης υδατοδρομιών[10Α]. Εντούτοις κρίθηκε εκ των πραγμάτων αναποτελεσματικός (κατά τη διάρκεια της ισχύος του αδειοδοτήθηκαν μόλις 3 υδατοδρόμια σε Κέρκυρα, Παξούς και Πάτρα που λειτουργούσαν και την περίοδο 2004-2008) και πολύ πρόσφατα από την ολοκλήρωση σύνταξης της παρούσας εργασίας το Φεβρουάριο του 2020 ψηφίστηκε ο νέος νόμος 4663/2020 με βασικό το σχετικό περιεχόμενο (μέρος Α΄: ΙΔΡΥΣΗ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ ΕΠΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ, άρθρα 1 έως 27)[10Β], ο οποίος αντικαθιστά τον προηγούμενο.

Στοιχεία που αφορούν τα συμβατικά αεροπλάνα και τα οποία δεν πρέπει να αμελούνται κατά τη μελέτη ενός δικτύου υδροπλάνων (όπως π.χ. οι περιορισμοί λόγω ανέμων οι οποίοι επεκτείνονται στα υδροπλάνα και στην ταχύτητα των κυμάτων) βρίσκονται στο σύγγραμμα “Συστήματα αεροδρομιών”, Α.Οdoni, R. de Neufville (2002), μετάφραση Π.Ψαράκη-Καλουπτσίδη (2008)[11], στη διπλωματική εργασία του Ι.Παπαδήμα “Ενοποίηση γεωμετρικού σχεδιασμού υποδομής αεροδρομιών και οδών”(επιβλέπων Α. Λοΐζος, συνεπιβλέπων Φ. Μερτζάνης, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2017)[12] αλλά και στο

“The Cambridge Aerospace Dictionary” του Gunston[30]. Ως συμπληρωματικές πηγές έχουν συλλεχθεί η ιστοσελίδα της εταιρείας “Hellenic Seaplanes”[27], σχετικά λήμματα της ηλεκτρονικής εγκυκλοπαίδειας Βικιπαίδεια[28Α έως 28Η] (στην ελληνική και αγγλική έκδοση) όσο και ειδησεογραφικά άρθρα με καθαρά πληροφοριακό και ενημερωτικό σκοπό[29Α έως 29Ζ].

2.2 Μοντέλα Συνεχούς Προσέγγισης-εφαρμογή στην παρούσα εργασία

Στην παρούσα διπλωματική επιλέχθηκε η ανάπτυξη ενός Μοντέλου Συνεχούς Προσέγγισης, (Continuum Approximation Model) ενός δηλ. μοντέλου όπου χρησιμοποιούνται “ομαλές” (smooth) συναρτήσεις για την περιγραφή των δεδομένων. Ένα τέτοιου είδους μοντέλο κρίνεται ως το πλέον κατάλληλο για το παρόν πρόβλημα καθότι δίνει τη δυνατότητα να περιγραφεί μαθηματικά επαρκώς ένα σχετικά ασαφές σύστημα με σχετικά λίγες μεταβλητές, όπως η “δρομολόγηση υδροπλάνων από τα μητροπολιτικά υδατοδρόμια Ελευσίνας και Θεσσαλονίκης”.

Ιδιαίτερα γνωστός για τις δημοσιεύσεις του σε αντίστοιχα είδους μοντέλα (ενδεικτικά “Continuum Approximation Techniques for the Design of Integrated Package Distribution”, K.R. Smilowitz, C.F. Daganzo, 2007 [15] και “The potential of parsimonious models for understanding large scale transportation systems and answering big picture questions”, C.F. Daganzo, V. Gayah, E.J.Gonzales, 2011 [16]), ο καθηγητής του University of California, Berkeley Carlos F. Daganzo παρέχει τις πρωτογενείς πληροφορίες τόσο σχετικά με τη θεωρία αυτών όσο και με αντίστοιχα παραδείγματα. Συγκεκριμένα η πρώτη εργασία αναπτύσσει τις σχετικές εξισώσεις αναφορικά με το πρόβλημα σχεδιασμού δικτύου με εφαρμογή στη διανομή πακέτων, ενώ η δεύτερη αναφέρεται στα “φειδωλά μοντέλα” (“parsimonious models”) και τα πλεονεκτήματα που παρέχει η ύπαρξη λίγων μεταβλητών στην εποπτεία και λειτουργία του μοντέλου, με δύο παραδείγματα στα logistics και στην κυκλοφοριακή τεχνική.

Οι M.Rahimi, M.Amirgholy και E.J.Gonzalez αναπτύσσουν ένα σχετικό μοντέλο για λειτουργία ειδικής υπηρεσίας μεταφοράς A.M.E.A. (ADA paratransit) στο New Jersey (“Continuum Approximation Modeling of ADA Paratransit Operations in New York”,2014[17]). Καταστρώνονται συγκεκριμένα τα μοντέλα μεγέθους στόλου (M), διανυόμενων ωρών(VHT), διανυόμενων μιλίων (VMT) και κόστους υπηρεσίας (TAC). Με βάση πραγματικά δεδομένα και με τη λειτουργία της γραμμικής παλινδρόμησης προσδιορίζονται οι κατάλληλοι συντελεστές της εξίσωσης του μοντέλου με εξαρτημένη τη μεταβλητή

TAC και ανεξάρτητες τις υπόλοιπες.

Οι P.Francis και K.Smilowitz (“Modeling Techniques for Periodic Vehicle Routing Problems”, 2006[18]) δημιουργούν αντίστοιχα ένα σχετικό μοντέλο συνεχούς προσέγγισης για την επίλυση του περιοδικού προβλήματος δρομολόγησης οχήματος, όπου τίθεται μάλιστα ως απόφαση η επιλογή υπηρεσίας (PVRP-SC). Το πρόβλημα καταλήγει σε μια μη γραμμική αντικειμενική συνάρτηση. Για την επίλυσή του χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος AMPL μέσω του πακέτου KNITRO.

Οι M.Saberi και I.O.Verbas (“A Continuous Approximation Model for the Vehicle Routing Problem for Emissions Minimization at the Strategic Level”, 2012[19])

ομοίως ασχολούνται με το παραπάνω πρόβλημα με αντικειμενική όμως συνάρτηση τη μείωση εκπομπών (EVPR). Η επίλυση γίνεται με τη χρήση δοκιμών Solomon. Η μελέτη καταδεικνύει ότι με την ενσωμάτωση των εκπομπών στα προβλήματα διανομής, η μείωση του κόστους είναι σημαντική, όπως επίσης και ότι ο βέλτιστος αριθμός αναθέσεων κατά την περίοδο αιχμής είναι μικρότερος από τον αντίστοιχο αριθμό εκτός αιχμής με συνυπολογισμό των προσωρινών επιπτώσεων της συμφόρησης.

Στις ακτοπλοϊκές μεταφορές, η M.Pocuca (Methodology of day-to-day ship costs assessment, 2005[20]) παραθέτει ένα απλό μοντέλο κόστους για εμπορικά πλοία σε συνολικά 13 κατηγορίες (4 μεταφορές χύδην φορτίου, 3 εμπορευματοκιβωτίων και 6 πετρελαίου). Λαμβάνονται μεταβλητές τεχνικής (ποσότητα μεταφερόμενου φορτίου, ηλικία, ταχύτητα, κατανάλωση καυσίμου) αλλά και οικονομικής φύσεως (σταθερά και λειτουργικά κόστη, ημερήσια υποτίμηση) και προσδιορίζονται οι βέλτιστες τιμές τους.

Το 2016 δημοσιεύεται από τους S.Ansari, M.Basdere, X.Lin, Y.Ouyang και K.Smilowitz μία σύνοψη των μοντέλων συνεχούς προσέγγισης που καθιερώθηκαν την εικοσαετία 1996-2016 στα πεδία των μεταφορών, των logistics και της διανομής προϊόντων (“Advancements in Continuum Approximation Models for Logistics and Transportation Systems: 1996 – 2016”[21]). Η μελέτη αυτή καταδεικνύει ποια ερευνητικά κενά καλύφθηκαν, πού υπάρχει ακόμα περιθώριο και τη συνύπαρξή τους μερικές φορές με προσεγγίσεις ακριβούς λύσης.

Στην ελληνική βιβλιογραφία, αναπτύσσεται ένα μοντέλο συνεχούς προσέγγισης σχετικά με τη δρομολόγηση συμβατικών πλοίων από το λιμάνι του Πειραιά στη διπλωματική του Αχ. Αντύπα “Ανάπτυξη μοντέλου συνεχούς προσέγγισης για το στρατηγικό σχεδιασμό ακτοπλοϊκών συνδέσεων”, 2017 (με επιβλέποντα τον Κ. Κεπαπτσόγλου, Επίκουρο Καθηγητή Ε.Μ.Π., επιβλέποντα και της παρούσας εργασίας) [22A] και της εξέλιξης της “Continuous Approximation Model for Ferry Transportation Planning: The Case of Aegean Islands”, 2018 που παρουσιάστηκε στο “98th Annual Meeting of Transportation Research Board”, Washington D.C. January 13-17, 2019 [22B]. Από την εργασία αυτή αντλήθηκε ένας μεγάλος αριθμός εξισώσεων οι οποίες προσαρμόστηκαν κατάλληλα στις ιδιαιτερότητες των υδροπλάνων και υδατοδρομίων.

Τέλος, σε ό,τι αφορά τα αριθμητικά δεδομένα εισόδου του προβλήματος, παρέχονται πληροφορίες από την ΕΛ.ΣΤΑΤ. σχετικά με τον πληθυσμό των περιοχών μελέτης κατά την απογραφή του 2011[23A] και τον αριθμό των κλινών τουριστικών καταλυμάτων στην Ελλάδα με βάση στοιχεία του 2018[23B]. Οι χρόνοι απογείωσης και προσγείωσης υδροπλάνων προέκυψαν από παρατηρήσεις με βάση οπτικό υλικό από το μεγαλύτερο υδατοδρόμιο στον κόσμο στο Βανκούβερ του Καναδά για τον τύπο DHC-6 Twin Otter που χρησιμοποιείται κι εδώ[24A και 24B]. Τέλος οι αποστάσεις μεταξύ υδατοδρομίων μετρήθηκαν μέσω του χαρτογραφικού υποβάθρου Google Maps[25], ενώ στοιχεία για το συντελεστή ανάπτυξης ελήφθησαν από τη Eurostat[26].

Συμπερασματικά, η βιβλιογραφία τόσο σχετικά με τα υδροπλάνα όσο και ό,τι αφορά τα μοντέλα συνεχούς προσέγγισης αν και όχι ιδιαίτερα εκτενής, συνεχίζει να εμπλουτίζεται ενώ πλέον υπάρχει σχετικά διαθέσιμη και ελληνική βιβλιογραφία. Η παρούσα διπλωματική, ενδεχομένως για πρώτη φορά παγκοσμίως, καλύπτει ένα υπαρκτό κενό, αυτό της μελέτης του δικτύου των υδροπλάνων και υδατοδρομίων με τη χρήση μοντέλων συνεχούς προσέγγισης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΔΡΟΠΛΑΝΑ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΔΡΟΜΙΑ

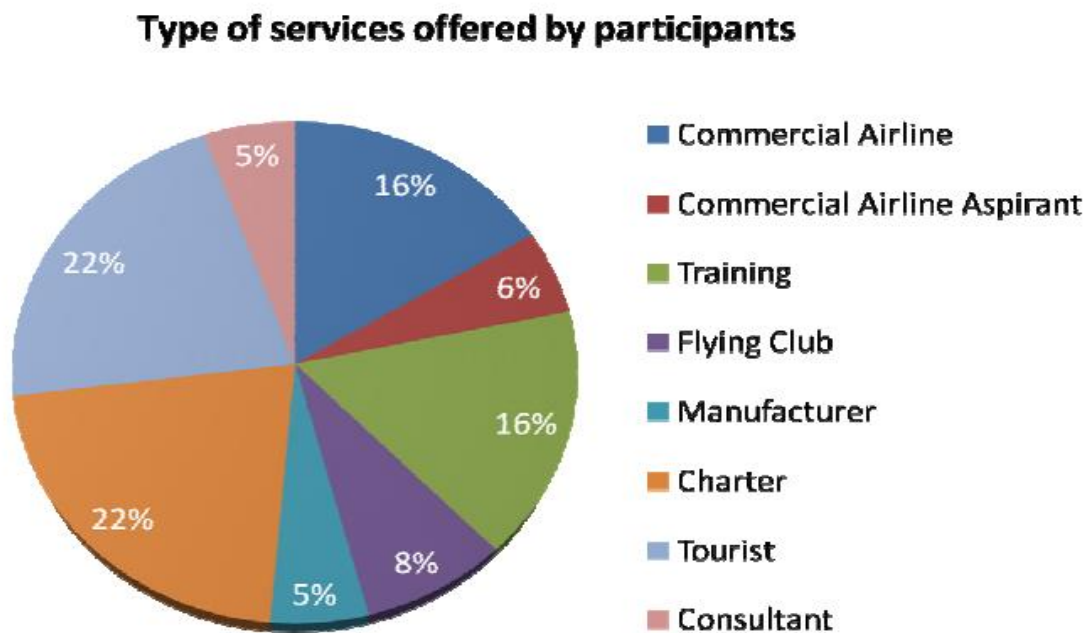
3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια συνοπτική εξέταση του συστήματος υδροπλάνων-υδατοδρομίων διεθνώς, την εφαρμογή της στον ελληνικό χώρο και την υπάρχουσα κατάσταση ώστε να τεθούν οι βασικές παράμετροι του μοντέλου που πραγματεύονται τα επόμενα κεφάλαια.

3.2 Υδροπλάνα-Διεθνής εμπειρία

Από την έρευνα των B.Mohr και J.Schomann (TUM, Fusetra project, Malta, 2010) [1A] πάνω στην ήδη υπάρχουσα λειτουργία των υδροπλάνων παγκοσμίως προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

α) Είδος πραγματοποιούμενων πτήσεων

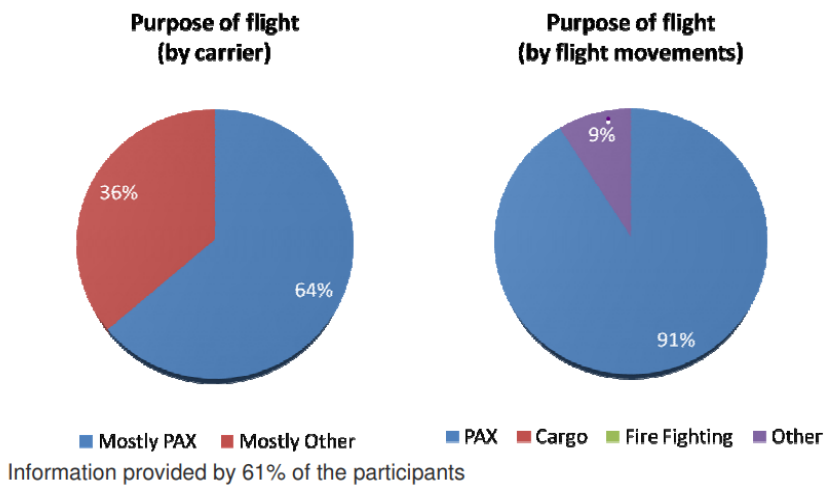


Σχήμα 3.1: Τύπος παρεχόμενων υπηρεσιών [1A]

Από το παραπάνω γράφημα προκύπτει ότι παρά τον περιορισμένο χαρακτήρα του μέσου, διάφορα είδη πτήσεων πραγματοποιούνται με υδροπλάνα και μάλιστα σε παρόμοια ποσοστά. Συγκεκριμένα

κυριαρχούν εξίσου με 22% έκαστες οι τουριστικές πτήσεις, οι μισθωμένες (charter) και οι εμπορικές (ήδη καταχωρημένες και υποψήφιες) ενώ κοντά με 16% βρίσκονται οι εκπαιδευτικές. Από αυτές, οι τουριστικές και οι εμπορικές πραγματοποιούνται με προγραμματισμένα δρομολόγια τα οποία έχουν συνταχθεί βάσει προηγούμενης ανάλυσης της διαχειρίστριας εταιρείας. Μία μέθοδος αυτής της ανάλυσης αποτελούν τα Μοντέλα Συνεχούς Προσέγγισης. Στη συγκεκριμένη εργασία, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως, αναλύονται μόνο οι επιβατικές πτήσεις από τα μητροπολιτικά υδατοδρόμια της Ελευσίνας και της Θεσσαλονίκης. Μία αντίστοιχη ανάλυση για εμπορικά δρομολόγια προτείνεται για περαιτέρω έρευνα. Στο παρακάτω γράφημα 3.2 φαίνεται γενικότερα ο σκοπός πτήσης τόσο ανά φορέα πτήσης όσο και ανά αριθμό κινήσεων πτήσεων:

Operational Issues: Purpose of flight



Σχήμα 3.2: Σκοπός πτήσης, ανά αερομεταφορέα και ανά κινήσεις αεροσκαφών[1A]

β) Γεωγραφική περιοχή

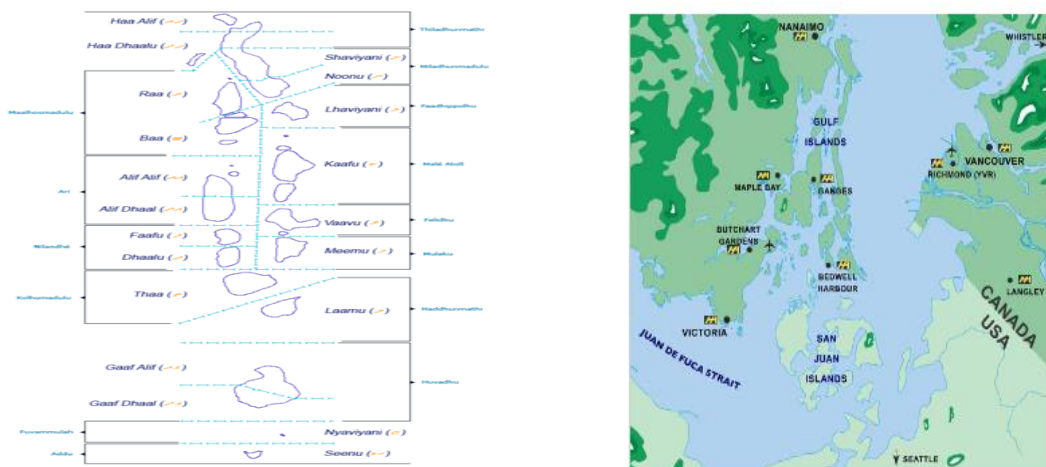
Πίνακας 3.1: Χρήστες επιβατικών υδροπλάνων-αριθμός ανά τύπο το 2010 [1B]

	Country of origin	Cessna 172	Cessna 180	Cessna 185	Cessna 206	Cessna 208	DHC-2	DHC-3	DHC-6	Sum
Harbour Air Malta	M							1		1
Sydney Seaplanes	AUS					1	3			4
Air Whitsunday Seaplanes	AUS					3	3			6
Fonnafly AS	N				3	1				4
Clipper-Aviation	D	1					1			3
Harbour Air Ltd.	CDN			1			14	18	6	39
Kenmore Air	USA		2				10	6		18
Seaborne Airlines	USA								3	3
Tofino Air	CDN		3				4	1		8
Maldivian Air Taxi	MV								24	24
Loch Lomond	GB				1	1				2
Trans Maldivian Aviation	MV								18	18

Όπως προκύπτει από τον ως άνω πίνακα 3.1, τέσσερις εταιρείες στον κόσμο είχαν εκτεταμένο στόλο επιβατικών υδροπλάνων το 2010 (πάνω από 10). Οι δύο-η Maldivian Air Taxi και η Trans Maldivian Aviation-δραστηριοποιούνταν στις Μαλδίβες, ένα μικρό νησιωτικό κράτος στον Ινδικό Ωκεανό (189 κατοικήσιμα κοραλλιογενή νησιά σε σύνολο περίπου 1200)όπου το 60% του ξένου συναλλάγματος προέρχεται από τον τουρισμό. Το υδροπλάνο κατέστη λόγω της ιδιόμορφης γεωγραφίας το εθνικό μέσο μεταφοράς ενώ το 2013 οι δύο εταιρίες συγχωνεύτηκαν σε μία (υπό το όνομα της TMA), ωστόσο λειτουργούν πλέον και μικρότερες εταιρίες. [27Γ]

Μεγαλύτερη εταιρεία την εποχή εκείνη-ο στόλος της παραμένει μέχρι σήμερα περίπου στα ίδια επίπεδα των 40 αεροσκαφών-ήταν η καναδική Harbour Air. Δραστηριοποιείται στον πορθμό της Γεωργίας συνδέοντας τη μεγαλούπολη του Βανκούβερ που βρίσκεται στην ηπειρωτική όχθη με την ομώνυμη νήσο και το ενδιάμεσο αρχιπέλαγος των Νησιών του Κόλπου.[27Δ]. Επίσης η αμερικανική Kenmore Air-με 29 αεροσκάφη πλέον στο στόλο της-λειτουργεί γεωγραφικά πολύ κοντά αλλά από την αμερικανική πλευρά συνδέοντας τη λίμνη Ουάσινγκτον με τη μεγαλούπολη του Σιάτλ και τη λίμνη της

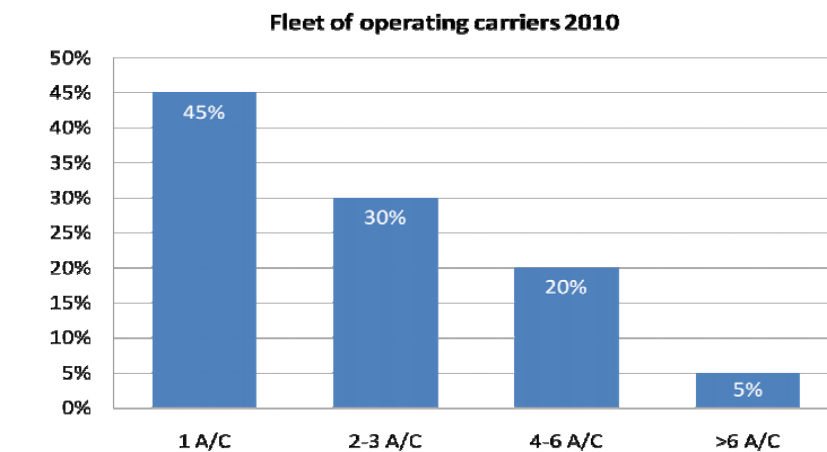
Ένωσης.[27Δ].Τα παραπάνω παραδείγματα είναι ενδεικτικά της δυνατότητας ανάπτυξης δικτύου υδροπλάνων στην Ελλάδα, χώρα με πολλά μικρά νησιά, λίμνες στο ηπειρωτικό τμήμα, κύριο εξαγωγίμο προϊόν τον τουρισμό και φτωχό γενικότερα δίκτυο υποδομών.



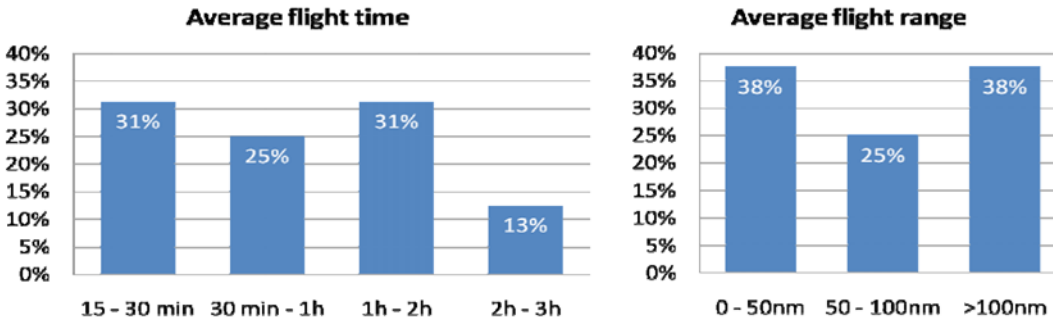
Σχήματα 3.3 α[27Γ] και β[1B]:διοικητικός χάρτης Μαλδίβων/ δίκτυο Harbour Air, Καναδάς

γ) Μέγεθος δραστηριότητας

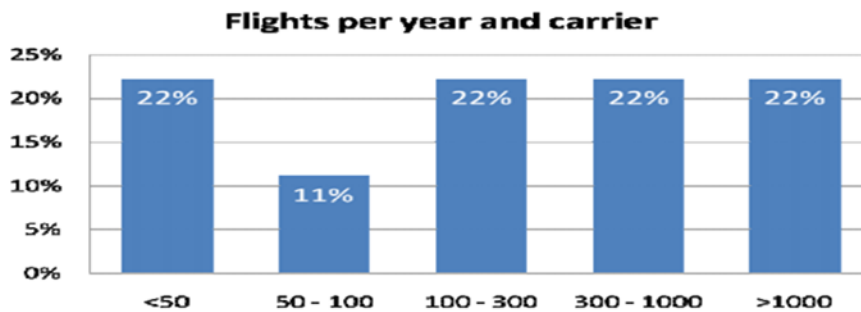
Στα παρακάτω γραφήματα που παρουσιάστηκαν στην ίδια έρευνα φανερώνονται μερικά βασικά χαρακτηριστικά των ιδιοκτητών υδροπλάνων:



Σχήμα 3.4α: Κατανομή διαχειριστών ανά αριθμό αεροσκαφών [1Α]



Σχήμα 3.4β: Κατανομή πτήσεων ανά διάρκεια χρόνου και απόσταση [1Α]



Σχήμα 3.4γ: Κατανομή διαχειριστών ανά αριθμό ετήσιων πτήσεων [1Α]

Από τα παραπάνω σχήματα προκύπτουν ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα:

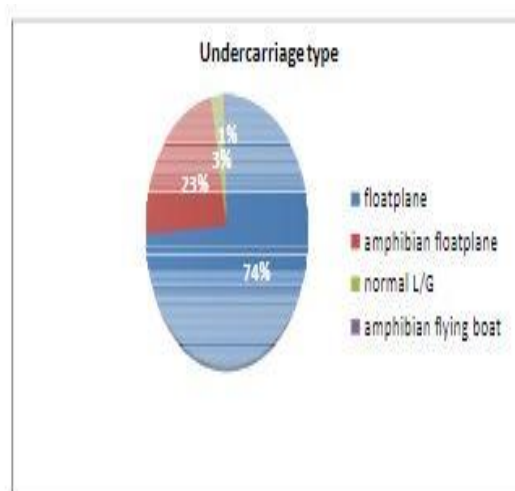
- Μόλις το 5% των φορέων πτήσεων με υδροπλάνων διαθέτει πάνω από 6 αεροσκάφη, αντίθετα το 45% διαθέτει μόλις ένα. Κάτι τέτοιο δείχνει πως θα ήταν πιο εύκολο να υπάρξουν πολλές μικρές εταιρείες διασκορπισμένες σε όλη τη χώρα, έχοντας ως βάση ένα περιφερειακό υδατοδρόμιο και μερικές μεγαλύτερες που θα αναλάμβαναν τις εθνικές πτήσεις (όπως αυτές που θα μελετηθούν με το Μοντέλο Συνεχούς Προσέγγισης στην παρούσα διπλωματική). Μία τέτοια οργάνωση φαντάζει πιο ικανοποιητική για τις ιδιαιτερότητες της Ελλάδας ακόμα και στον κλάδο των μεταφορών (π.χ. στις χερσαίες μεταφορές τα συνεταιριστικού τύπου ΚΤΕΛ εξοβέλισαν στο σύνολο σχεδόν της ηπειρωτικής χώρας τον ΟΣΕ που αποτελούσε κρατικό μονοπώλιο στο σιδηρόδρομο)
- Η διάρκεια των πτήσεων ποικίλλει από 15 min έως και 2h (σπανιότερα 3h), ενώ υπάρχουν δύο “ταχυτήτων” αποστάσεις, μία έως 50 nm (92,6 km) και η δεύτερη άνω των 100 nm (185,2 km). Γενικότερα με την καθιέρωση δύο μητροπολιτικών υδατοδρομίων, σε Ελευσίνα και Θεσσαλονίκη, όπως θα προκύψει στο κεφ.4 κατά την ανάλυση του μοντέλου προκύπτουν μέσες

αποστάσεις $\bar{D}_E = 262,5\text{km}$ και $\bar{D}_\theta = 187,5\text{km}$ αντίστοιχα. Από την Ελευσίνα μεγαλύτερη απόσταση θα πραγματοποιείται προς τη Ρόδο (441 km) ενώ από τη Θεσσαλονίκη προς την ίδια την Ελευσίνα (284 km). Τα νούμερα αυτά συμβαδίζουν με μία ενδεικτική εμβέλεια πτήσης των 300-400 km[1]. Για τις τοπικές πτήσεις από τα περιφερειακά υδατοδρόμια είναι προφανές ότι θα πραγματοποιούνται σε αποστάσεις μικρότερες των 100 km ή ακόμα και των 50 km.

- Υπάρχουν πολλές “κατηγορίες” πτήσεων ανά έτος από μέχρι 50 μέχρι και άνω των 1000. Είναι προφανές ότι οι εθνικές πτήσεις από τα μητροπολιτικά αεροδρόμια και ένα μεγάλο μέρος τοπικών-εξαρτάται από τη δημοτικότητα ή μη του μέσου για μέσο μεταφοράς υποκατάστατο των παραδοσιακών-θα πραγματοποιούνται όλο το χρόνο-με αιχμή βεβαίως το καλοκαίρι. Αντιθέτως στις “μικρότερες” κατηγορίες εντάσσονται ιδιωτικές πτήσεις και πτήσεις charter, πιθανόν και με μη ιδιόκτητα αλλά νοικιασμένα αεροσκάφη.

δ) Τύπος αεροσκάφους

Στα παρακάτω σχήματα 3.4(α και β) φαίνονται οι δημοφιλέστεροι τύποι υδροπλάνων σύμφωνα με την παραπάνω έρευνα του 2010:



Σχήμα 3.5:

α) δημοφιλέστεροι τύποι αεροσκαφών διαχειριστών υδροπλάνων κατά ποσοστά το 2010,

β) ομαδοποίηση ανά δυνατότητα πλεύσης και στη στεριά[1B]

Όπως φαίνεται από το σχ.3.4 στην αγορά των υδροπλάνων κυρίαρχος υπήρξε η καναδική DeHavilland. Συγκεκριμένα, σε ποσοστό κοντά στο 75% των κυκλοφορούντων υδροπλάνων το 2010 ήταν δικής της κατασκευής κατανεμημένων σε τρία μοντέλα: στο 6θέσιο DHC-2 Beaver (κατασκευής 1947-67), το

11θέσιο DCH-3 Otter (κατασκευής 1951-67) και το 20θέσιο δικινητήριο DHC-6 Twin Otter (αρχικής κατασκευής 1965-88). Επίσης φαίνεται ξεκάθαρα και η δεύτερη εταιρεία με ποσοστό κοντά στο 20%, η αμερικανική Cessna, η γνωστότερη κατασκευάστρια αεροσκαφών αναψυχής, η οποία αν και στο γρ.3.4α απεικονίζονται 7 μοντέλα της, εντούτοις μόνο 1, το 208 Caravan Amphibian μεταφέρει 9-13 επιβάτες (τα υπόλοιπα είναι της τάξεως των 2-6 επιβατών). Αξίζει να σημειωθεί ότι όλα ανεξαιρέτως τα παραπάνω μοντέλα αποτελούν τροποποιήσεις συμβατικών τροχοφόρων αεροπλάνων (κατηγορία STOL, “Short Takeoff and Landing”) με προσθήκη πλωτήρων. [27ΣΤ]

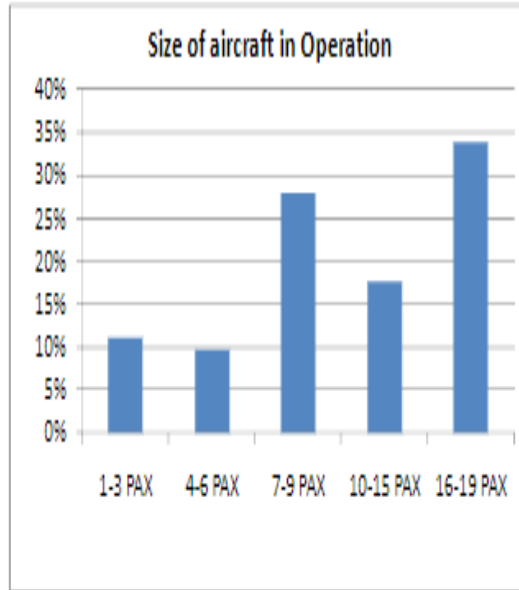
Παρά την παλαιότητά τους, από τα τέλη της δεκαετίας του 2000, η επίσης καναδική Viking Air, αφού απέκτησε τα δικαιώματα των μοντέλων DHC, παράγει εκ νέου το DHC-6 στην έκδοση DHC-6 400 (19 θέσεων πλέον) ενώ ανέλαβε και την ανακατασκευή των υπαρχόντων DHC-2, χαρακτηριστικότερο παράδειγμα της επαναφοράς του ενδιαφέροντος για τις πτήσεις με υδροπλάνο. [27ΣΤ] Ειδικά για το DHC-6, η μεγάλη του χωρητικότητα για αεροσκάφος της κατηγορίας του σε συνδυασμό με την επαναπαραγωγή του το καθιστά το αεροσκάφος που αναμένεται να χρησιμοποιηθεί στην Ελλάδα για επιβατικές πτήσεις. Με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του μοντέλου(βλ. Πίνακα 3.3), ο Παγωνάκης ανέπτυξε μία εξίσωση κόστους χρήσης ειδικά για το αεροσκάφος αυτό, η οποία και θα χρησιμοποιηθεί και στο μοντέλο της παρούσας διπλωματικής. [1]

Παρακάτω στον πίνακα 3.2 αποτυπώνεται επακριβώς η ποσότητα των αεροσκαφών των διαχειριστών που συμμετείχαν στην έρευνα με την χωρητικότητά τους σε επιβάτες (PAX). Στο γράφημα 3.4γ η κατανομή των αεροσκαφών ανά χωρητικότητα: ξεχωρίζουν τα “μεγάλης” 16-19 θέσεων (συγκεκριμένα το DHC-6, πίνακας 3.2) και τα μεσαίας 7-9 θέσεων (με κυριότερο εκπρόσωπο το DHC-2, πίνακας 3.2).

Πίνακας 3.2 [1B], Χωρητικότητα και ποσότητα αεροσκαφών σε χρήση

	Amount	PAX
Aviat Husky	1	1
Beech C23	1	3
Brevity	1	5
Cessna 150	2	1
Cessna 172	9	3
Cessna 180	5	4
Cessna 182 Skylane	1	3
Cessna 185	2	5
Cessna 206	7	5
Cessna 208 Caravan	7	9
DHC-2 Beaver	36	7
DHC-3 Otter	27	11
DHC-6 Twin-Otter	52	19
Grumman HU-16	1	19
Maule M-7	1	3
Piper PA18	1	1
Taylorcraft BC12D	1	1

Table 4: Aircraft capacities and amount in use by survey participants



Σχήμα 3.5γ[1B], Μέγεθος αεροσκαφών σε λειτουργία

Πίνακας 3.3, βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά DHC-6 Twin Otter

Performance Summary

Maximum Cruise Speed

TAS Sea Level:	170 kt
5,000 ft:	181 kt
10,000 ft:	182 kt
Enroute Rate of Climb at Sea Level (both engines at maximum climb power):	1600 ft/min
Maximum Operating Altitude	25,000 ft (7,620 m)

Payload Range (at maximum cruise speed)

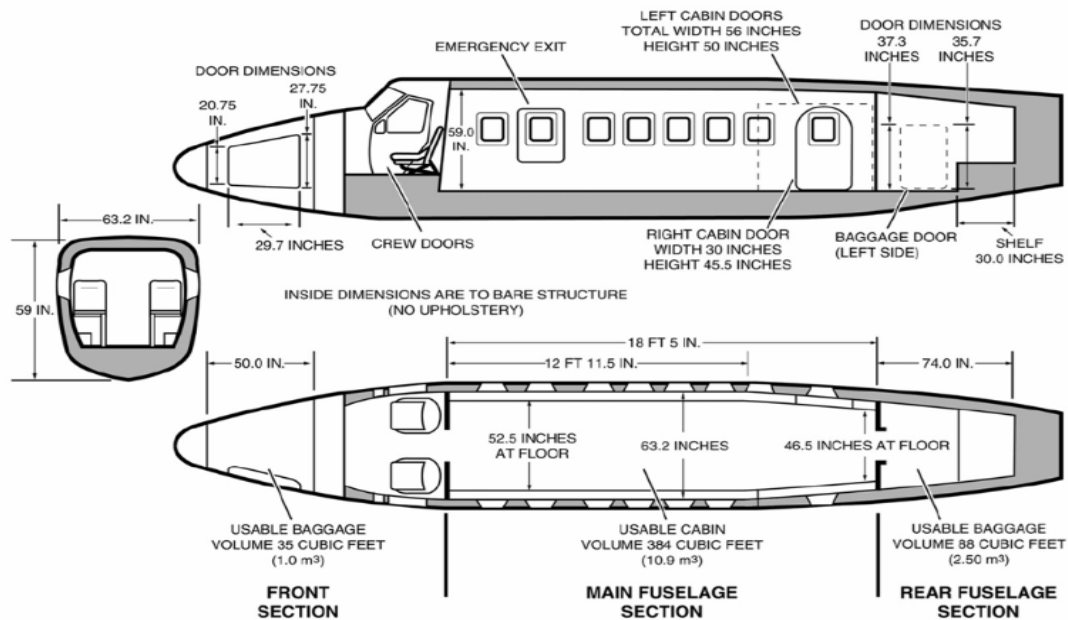
Payload for 100 nautical mile (185km) range:	4,061 lb (1,842 kg)
Payload for 400 nautical mile (741 km) range:	3,031 lb (1,375 kg)

Maximum Range - zero payload

with Standard Tankage: (2,583 lb (1,172 kg) fuel)	775 nm (1,435 km)
with Long Range Tankage: (3,190 lb (1,447 kg) fuel)	980 nm (1,815 km)

Maximum Endurance

with Standard Tankage: (2,583 lb (1,172 kg) fuel)	7 hr 10 min
with Long Range Tankage: (3,190 lb (1,447 kg) fuel)	9 hr

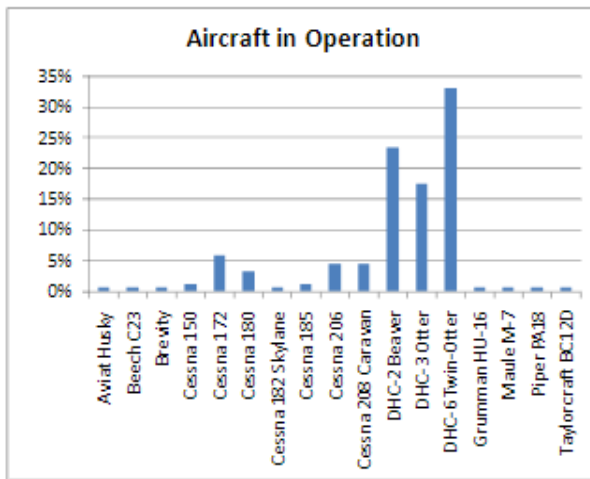


Σχήμα 3.6, διαμήκης όψη, εγκάρσια τομή και κάτοψη DHC-6[4]

Ιδιαιτερότητες υδροπλάνων-επίδραση κυματισμών

Κατά το σχεδιασμό ενός αεροδρομίου, είναι γνωστό ότι ο προσανατολισμός του διαδρόμου επιλέγεται ώστε όσο το δυνατόν να περιοριστεί η πιθανότητα εμφάνισης πλάγιων ανέμων που είναι ανεπιθύμητοι κατά την απογείωση/προσγείωση. [11] Στα υδατοδρόμια αντίθετα, η απογείωση/προσγείωση (ακριβέστερα αποθαλάσωση/προσθαλάσωση) πραγματοποιείται σε υδάτινη επιφάνεια, δηλ. το υδροπλάνο μπορεί να επιλέξει την κατάλληλη διεύθυνση με τους ελάχιστους πλάγιους ανέμους.(βλ. Κεφ. 3.3). Επίσης δύο δυσμενείς παράγοντες που αυξάνουν το απαιτούμενο μήκος απογείωσης/προσγείωσης στα συμβατικά αεροπλάνα, το υψόμετρο και η κλίση του διαδρόμου, στα υδροπλάνα δεν επηρεάζουν αφού τα υδατοδρόμια κατασκευάζονται συνήθως στην ακτή (εξαιρούνται αυτά που βρίσκονται σε λίμνες στην ενδοχώρα) ενώ η υδάτινη επιφάνεια είναι πρακτικά οριζόντια. [11].

Ωστόσο η υδάτινη επιφάνεια απογείωσης/προσγείωσης δημιουργεί λόγω των κυματισμών άλλους σημαντικούς περιορισμούς. Οι πολύ ήπιοι κυματισμοί (έως 0,5 m-καταστάσεις θάλασσας 0 έως 2) είναι ενοχλητικοί για τον πιλότο κατά την προσγείωση αφού ανακλάται σε αυτούς η άνω της θάλασσας κατάσταση και για το λόγο αυτό δεν πραγματοποιούνται νυχτερινές πτήσεις. Επίσης είναι προφανές



ότι το υδροπλάνο δεν ανταπεξέρχεται σε μεγάλους κυματισμούς, συνήθως των 2,5-3 m και άνω (κατάσταση θάλασσας 5 και άνω), καθώς δυσχεραίνεται η απογείωση και καθίσταται επικίνδυνη η προσθαλάσωση αν και γίνονται προσπάθειες τα νέα υδροπλάνο, όπως το ιαπωνικό Shin Maywa να ανταπεξέρχονται και στην κατάσταση 5. Όπως θα διαπιστωθεί παρακάτω, οι καιρικές συνθήκες μπορούν να θεωρηθούν βασική αιτία καθυστέρησης των πτήσεων.[3] [5]

Επιπλέον είναι προφανές ότι λόγω της φύσης του μέσου, το υδροπλάνο δε διαθέτει φρένα ενώ παρατηρείται πολύ συχνά η περιοχή του υδατοδρομίου να συνδυάζεται και με άλλες χρήσεις π.χ. κολύμβησης, ελλιμενισμού σκαφών ή εκτέλεσης θαλάσσιων σπορ.[5]

Πίνακας 3.4: κατηγορίες θάλασσας, ύψη κυματισμών και ποσοστά εμφάνισης σε βόρειο Ατλαντικό και Ειρηνικό Ωκεανό [14]

Sea State Number		Significant Wave Height (m)	NORTH ATLANTIC Percentage Probability of Sea State	NORTH PACIFIC Percentage Probability of Sea State
0-1	Calm	0 to 0.1 m	0.70%	1.60%
2	Smooth	0.1 to 0.5 m	6.80%	6.40%
3	Slight	0.5 to 1.25 m	23.70%	15.50%
4	Moderate	1.25 to 2.5 m	27.80%	31.60%
5	Rough	2.5 to 4 m	20.64%	20.94%
6	Very Rough	4 to 6 m	13.15%	15.03%
7	High	6 to 9 m	6.05%	7.60%
8	Very High	9 to 14 m	1.11%	1.56%
>8	Phenomenal	Over 14 m	0.05%	0.07%

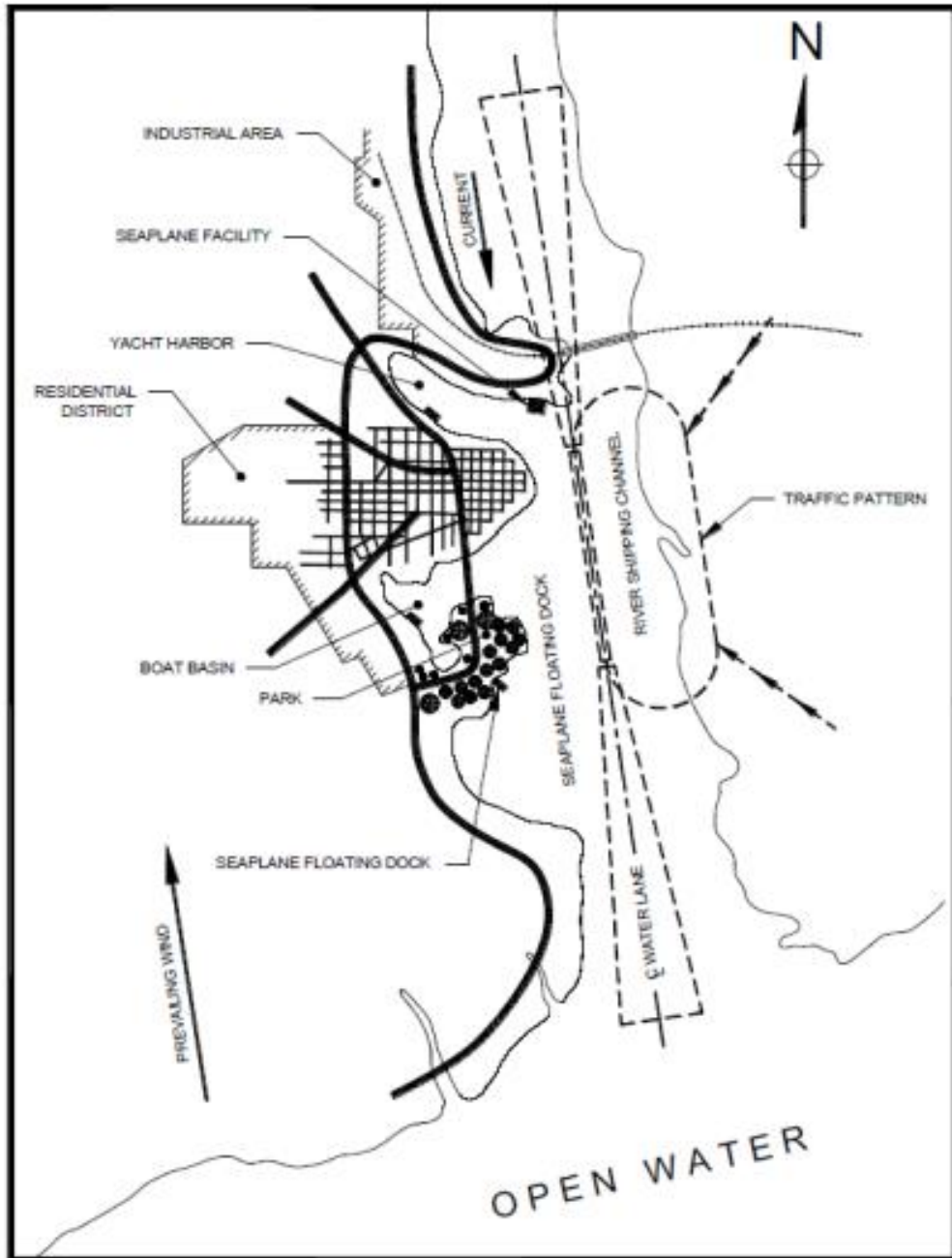
3.3 Υδατοδρόμια-βασικές αρχές σχεδιασμού

(Βασική πηγή παραγράφου 3.3:[5])

Από τις 31/08/2018 ισχύουν οι πλέον πρόσφατες προδιαγραφές της FAA (Federal Aviation Administration) στις Η.Π.Α. σχετικά με τις βάσεις απογείωσης και προσγείωσης υδροπλάνων ή απλώς υδατοδρόμια. Αφού περιγράφονται οι περιορισμοί που τίθενται υπόψιν εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του μέσου (αναφέρθηκαν παραπάνω στην περ.3.2δ, “Ιδιαιτερότητες υδροπλάνων”), σκιαγραφείται πώς θα ήταν μία ιδεατή περιοχή υδατοδρομίου (εικόνα 3.4) μακριά από οικισμό, όπου κάποιες παράλληλες δραστηριότητες όπως η αλιεία θα μπορούν να πραγματοποιούνται με ασφάλεια. Επίσης το ποτάμι στις εκβολές του οποίου βρίσκεται το υδατοδρόμιο ρέει από βορρά προς νότο και σε συνδυασμό με την ύπαρξη της σιδηροδρομικής γέφυρας, τα υδροπλάνα προστατεύονται τόσο από τους βόρειους ανέμους όσο και από τα νότια ρεύματα. Για ακόμα μεγαλύτερη ασφάλεια, οι επιφάνειες απογείωσης-προσγείωσης βρίσκονται ολόκληρες νοητά εντός του ποταμού.

Είναι προφανές ότι οι νοητές επιφάνειες που αφορούν τα αεροδρόμια (οριζόντια εσωτερική, κολουροκωνική, μεταβατική, απογείωσης, προσγείωσης, ζώνες ασφαλείας[16]) ειπισέρχονται στο σχεδιασμό και των υδατοδρομίων όπως επίσης και η επιλογή προσανατολισμού διαδρόμου. Παρότι ο διάδρομος είναι υδάτινος και θα μπορούσαν να υπάρχουν θεωρητικά “άπειροι” προσανατολισμοί διαδρόμου-με επιλογή κάθε φορά αυτού που ελαχιστοποιεί τους πλάγιους ανέμους-θα έπρεπε σε περιοχές όπου ορεινοί όγκοι φτάνουν μέχρι τη θάλασσα, όπως πολύ συχνά συμβαίνει στον ελλαδικό χώρο, να μελετηθούν και “άπειρες” νοητές επιφάνειες[14]. Γενικότερα, προτείνεται τα υδατοδρόμια να κατασκευάζονται σε περιοχές με:

- ταχύτητες ρευμάτων μέχρι 3 κόμβους (8 km/h) με ανώτατο όριο τους 6 κόμβους
- ύπαρξη υποδομής πρόσδεσης για μεταβολή στάθμης από 45 cm και άνω με αυστηρότερα κριτήρια εάν εκείνη υπερβαίνει τα 1,8 m.
- ιδανικό ύψος κύματος για δικινητήρια υδροπλάνα όπως το DHC-6 τα 35-40 cm.
- επιλογή τοποθεσίας για προστασία από ρεύματα και ανέμους
- προσοχή στον πυθμένα της θάλασσας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την ύπαρξη του υδατοδρομίου.

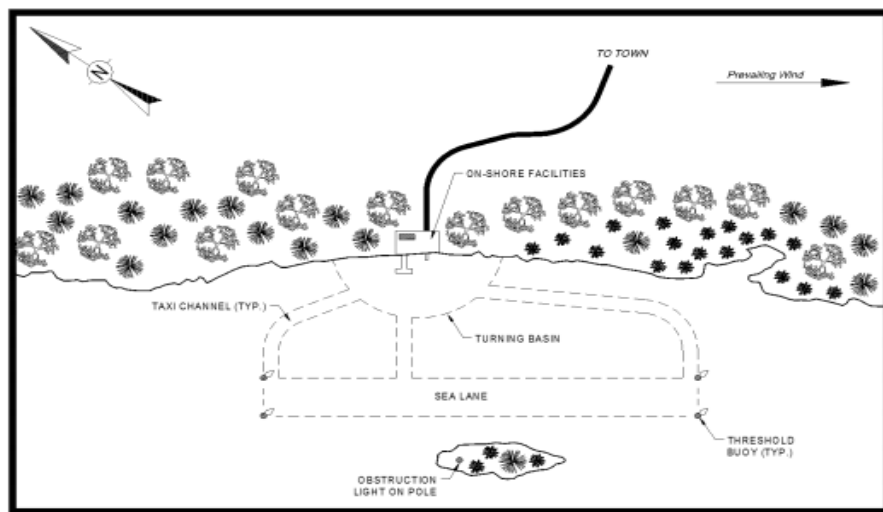


Σχ.3.7: Σκαρίφημα μιας ιδεατής τοποθεσίας υδατοδρομίου [5]

Ακολούθως περιγράφονται οι επιφάνειες εμποδίων και οι ζώνες ασφαλείας στον υδάτινο διάδρομο (ανάλογα με το εάν η προσέγγιση είναι ενόργανη ή μη), το πλάτος του (κατ' ελάχιστον 61 m) και το βάθος (προτείνεται 1,8 m με ελάχιστο τα 1,2 m). Όπως και στα αεροδρόμια υπάρχουν διάδρομοι (sea lanes), τροχόδρομοι (για την ακρίβεια τροχοδίαυλοι, αγγλικά taxi channels) και λεκάνες στροφής (turning basins), όλα σε υδάτινη μορφή. Προκύπτει το ερώτημα εάν τα παραπάνω χρειάζεται να

επισημανθούν στον πιλότο μέσω σηματοδύρων ή όχι.

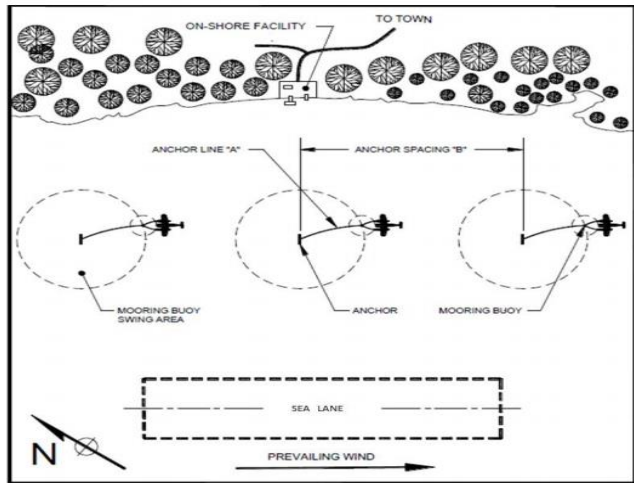
Ενώ η μη επισήμανση έχει το πλεονέκτημα της πλήρους εκμετάλλευσης της υδάτινης επιφάνειας, δεν καθορίζονται σαφώς η αρχή των επιφανειών απογείωσης και προσγείωσης με συνέπεια η πρακτική αυτή να αποφεύγεται. Ακολούθως περιγράφονται οι βασικές διαστάσεις τροχοδιαύλων και λεκανών στροφής.



Σχ.3.8: υδάτινος διάδρομος, τροχοδιαύλοι και λεκάνη στροφής υδατοδρομίου [5]

Ακολούθως τίθεται το ζήτημα της ακύρωσης του αεροσκάφους. Υπάρχουν συγκεκριμένα δύο τρόποι: η απλή αγκύρωση (single anchoring) και η πολλαπλή προσόρμηση δια σηματοδύρων (mooring buoys). Περιγράφονται αναλυτικά οι απαιτήσεις σε χώρο και για τους δύο τρόπους, όπως επίσης οι ιδιότητες που πρέπει να πληρούν η άγκυρα και η γραμμή της. Ως είδη παράκτιας υποδομής αναφέρονται οι ράμπες (ramps) (ξύλινες ή από σκυρόδεμα), οι αποβάθρες (docks), οι διάδρομοι ολίσθησης (slipways) και οι πλωτές φορηγίδες (floating barges). Οι δύο πρώτοι τρόποι ενδείκνυται για ένα γενικής χρήσης υδατοδρόμιο γι' αυτό και αναλύονται περισσότερο. Στα τελευταία κεφάλαια γίνεται αναφορά στις παράκτιες υποδομές (on-shore facilities), τη σήμανση του υδατοδρομίου (seaplane base marking) και σε κατασκευαστικά θέματα.

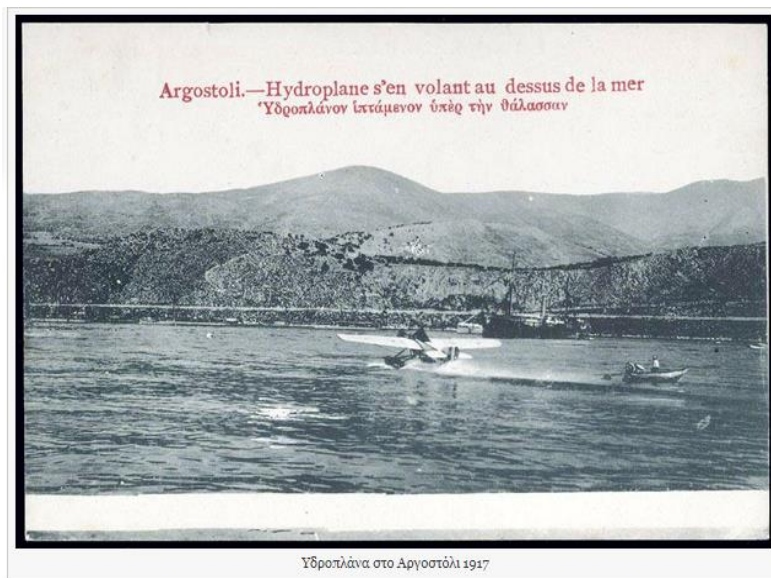
*Οι μετατροπές από το αγγλοσαξονικό σύστημα μονάδων μέτρησης του πρωτοτύπου στο διεθνές έγινε από το συντάκτη.



Σχ.3.9: Περιοχή αγκύρωσης με μόνιμες σηματοδούρες προσόρμησης[5] Σχ.3.10:Ράμπες σε υδατοδρόμιο στην Αλάσκα[15]

3.4 Τα υδροπλάνα στην Ελλάδα

Ήδη σχεδόν ένας αιώνας έχει περάσει από το 1925 και την πρώτη πτήση υδροπλάνου στην Ελλάδα (αρκεί να σκεφτεί κανείς ότι η πρώτη σύντομη πτήση για μόλις 12" έγινε το 1903 από τους αδερφούς Wright και συγκεκριμένα με υδροπλάνο το 1910 από τον H.Fabre στη Γαλλία[27A]) από την ιταλική Anonima Aerospresso Italiana. Συγκεκριμένα συνέδεε την Αθήνα (Παλαιό Φάληρο) με την Κωνσταντινούπολη για εμπορικά δρομολόγια. Η λειτουργία της διακόπηκε ξαφνικά το 1940 με την κήρυξη του ελληνο-ιταλικού πολέμου. [28A] Διασώζεται επίσης φωτογραφία από υδροπλάνο στην Κεφαλονιά, η οποία αν και αναφέρεται ότι είναι του 1917, πιθανότερο να είναι μετά το 1925. Εάν όμως ισχύει η παραπάνω πληροφορία, τότε έχει ήδη συμπληρωθεί ένας αιώνας από την πρώτη παρουσία υδροπλάνου στην Ελλάδα!



Σχ.3.11, Υδροπλάνοι στο Αργοστόλι-1917 [18]

Χρειάστηκε να φτάσουμε στο 2004 για να ξαναγίνει πτήση υδροπλάνου στη χώρα μας από την Air Sea Lines (αρχικά Pegasus Aviation), θυγατρικής της διάσημης στο χώρο καναδικής Harbour Air (βλ.3.2α) μεταξύ Κέρκυρας και Παξών. Το 2006 πραγματοποιούσε πτήσεις στο Ιόνιο μεταξύ Κέρκυρας, Παξών, Πάτρας, Ιθάκης, λίμνης Ιωαννίνων και Brindisi με 2 ιδιόκτητα DHC-6, ενώ το 2007 έκανε μια αποτυχημένη απόπειρα στο Αιγαίο με βάση το Λαύριο. Εξαιτίας ωστόσο γραφειοκρατικών προβλημάτων και συγκεκριμένα ασυμφωνίας ανάμεσα στους δύο εμπλεκόμενους κρατικούς φορείς, την Υ.Π.Α. και το ΥΠ.Ε.Ν. το 2008 ανέστειλε τη λειτουργία της.[28B]

Τα παραπάνω προβλήματα φάνηκε να επιλύθηκαν το 2013 με την ψήφιση του νόμου 4146/2013[10Α], μεσοσύνης όμως της οικονομικής κρίσης ήταν προφανές ότι υπήρχε ακόμα καιρός μέχρι την επαναλειτουργία των υδροπλάνων στην Ελλάδα. Αμέσως μετά την ψήφιση ιδρύθηκαν οι εταιρείες “Hellenic Seaplanes” (Μάιος 2013) από τον Κύπριο Ν. Χαραλάμπους και “Ελληνικά Υδατοδρόμια” από τον Αν. Γκόβα, πρώην στέλεχος της Air Sea Lines. Αντικείμενο της πρώτης αποτελεί τόσο η πραγματοποίηση πτήσεων, όσο και η αδειοδότηση υδατοδρομίων, ενώ της δεύτερης μόνο το δεύτερο.

Στον παρακάτω πίνακα 3.5 καταγράφονται τα 37 υδατοδρόμια που η “Ελληνικά Υδατοδρόμια” έχει αναλάβει να αδειοδοτήσει:

Πίν.3.5: Υπό αδειοδότηση υδατοδρόμια της “Ελληνικά Υδατοδρόμια” [6]

- 1) Υδατοδρόμιο Κέρκυρας (ιδιοκτησίας του Οργανισμού Λιμένος Κέρκυρας)
- 2) Υδατοδρόμιο Παξών (ιδιοκτησίας του Οργανισμού Λιμένος Κέρκυρας)
- 3) Υδατοδρόμιο Ερείκουσας (ιδιοκτησίας του Οργανισμού Λιμένος Κέρκυρας)
- 4) Υδατοδρόμιο Οθωνών (ιδιοκτησίας του Οργανισμού Λιμένος Κέρκυρας)
- 5) Υδατοδρόμιο Πάτρας (ιδιοκτησίας του Οργανισμού Λιμένος Πάτρας)
- 6) Υδατοδρόμιο Ρεθύμνου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Ρεθύμνου)
- 7) Υδατοδρόμιο Λαυρίου (ιδιοκτησίας του Οργανισμού Λιμένος Λαυρίου)
- 8) Υδατοδρόμιο Ηρακλείου (ιδιοκτησίας του Οργανισμού Λιμένος Ηρακλείου)
- 9) Υδατοδρόμιο Χερσονήσου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Χερσονήσου)
- 10) Υδατοδρόμιο Χανίων (ιδιοκτησίας του Λιμενικού Ταμείου Νομού Χανίων)
- 11) Υδατοδρόμιο Λίμνης Βεγορίτιδας (ιδιοκτησίας Δήμου Αμυνταίου)
- 12) Υδατοδρόμιο Αγ. Μαρίνας – Ραφήνας (ιδιοκτησίας του Οργανισμού Λιμένος Ραφήνας)
- 13) Υδατοδρόμιο Σίφου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Σίφου)
- 14) Υδατοδρόμιο Πόρου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Πόρου)
- 15) Υδατοδρόμιο Ίου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Ίου)
- 16) Υδατοδρόμιο Κατάκολου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Πύργου)
- 17) Υδατοδρόμιο Σύρου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Σύρου)
- 18) Υδατοδρόμιο Αγίας Γαλήνης (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Ρεθύμνου)
- 19) Υδατοδρόμιο Καλύμνου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Καλύμνου)
- 20) Υδατοδρόμιο Λέρου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Πάτμου)
- 21) Υδατοδρόμιο Λειψών (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Πάτμου)
- 22) Υδατοδρόμιο Νάξου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Νάξου)
- 23) Υδατοδρόμιο Αμοργού (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Νάξου)
- 24) Υδατοδρόμιο Ρόδου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Νότιας Δωδεκανήσου)
- 25) Υδατοδρόμιο Σύμης (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Νότιας Δωδεκανήσου)
- 26) Υδατοδρόμιο Καστελόριζου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Νότιας Δωδεκανήσου)
- 27) Υδατοδρόμιο Καρπάθου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Νότιας Δωδεκανήσου)
- 28) Υδατοδρόμιο Χάλκης (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Νότιας Δωδεκανήσου)
- 29) Υδατοδρόμιο Πύλου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Πύλου)
- 30) Υδατοδρόμιο Καβάλας (ιδιοκτησίας του Οργανισμού Λιμένος Καβάλας)
- 31) Υδατοδρόμιο Λουτρακίου (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Λουτρακίου - Περαχώρας)
- 32) Υδατοδρόμιο Καλαμακίου (ιδιοκτησίας του Δήμου Λουτρακίου - Περαχώρας - Αγίων Θεοδώρων)
- 33) Υδατοδρόμιο Ηγουμενίτσας (ιδιοκτησίας του Οργανισμού Λιμένος Ηγουμενίτσας)
- 34) Υδατοδρόμιο Κεφαλονιάς (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Κεφαλληνίας - Ιθάκης)
- 35) Υδατοδρόμιο Ιθάκης (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Κεφαλληνίας - Ιθάκης)
- 36) Υδατοδρόμιο Λευκάδας (ιδιοκτησίας του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Λευκάδας)
- 37) Υδατοδρόμιο Μεγανησίου (ιδιοκτησίας του Δήμου Μεγανησίου)

Από τον παραπάνω κατάλογο μέχρι σήμερα έχουν αδειοδοτηθεί μόνο τρία υδατοδρόμια σε Κέρκυρα, Παξούς και Πάτρα (τα οποία λειτουργούσαν και την περίοδο 2004-2008) ικανά όμως για έναρξη δρομολογίων εντός της θερινής περιόδου το 2020. [28Γ] Στις 27 Δεκεμβρίου 2019 ολοκληρώθηκε η διαβούλευση του σχετικού νομοσχεδίου, το οποίο τελικά ψηφίστηκε στις 6 Φεβρουαρίου 2020 και δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ Α 30 - 12.02.2020 ως νόμος 4663/2020 [10B][28H]. Σκοπός του αποτελεί η απλούστευση των διαδικασιών αδειοδότησης που εξακολουθούν και κρίνονται πολύπλοκες με τον υπάρχοντα ν.4146/2013. Γενικότερα, υπό αναμονή αδειοδότησης βρίσκονται συνολικά 8 υδατοδρόμια στην περιφέρεια Ιονίων Νήσων (συνολικά 10 με τα δύο υπάρχοντα), 33 σε αυτή του Νοτίου Αιγαίου, 10 στου Βορείου Αιγαίου, 4 στην Πελοπόννησο με προοπτικά άλλων 3 και 6 στην Κρήτη. Σχεδιάζονται ακόμα 19 υδατοδρόμια σε ισάριθμες λίμνες και 6 στην περιφερειακή ενότητα νήσων της Αττικής. [28Γ]

Σε ό,τι αφορά το μητροπολιτικό υδατοδρόμιο της Αττικής παρότι υπήρχε η απόφαση να δημιουργηθεί

στην Ελευσίνα με την ευκαιρία της πολιτιστικής πρωτεύουσας της Ευρώπης το 2021 [28Δ], ο περιφερειάρχης Αττικής κ. Γ. Πατούλης έχει δηλώσει ότι προκρίνει το αρχικό σχέδιο στις εκβολές Κηφισού δίπλα στο Σ.Ε.Φ. [28Γ]. Εντούτοις, το μοντέλο της παρούσας διπλωματικής θεωρεί ότι το μητροπολιτικό υδατοδρόμιο της Αττικής βρίσκεται στην Ελευσίνα, ωστόσο η διαφορά των αποτελεσμάτων σε σχέση με το εάν βρισκόταν στον Πειραιά κρίνεται αμελητέα.

Σε ό,τι αφορά τη Θεσσαλονίκη, παρότι αποτελεί το οικονομικό κέντρο της βόρειου Ελλάδας και ο “συνδετικός κρίκος” με τα Βαλκάνια, επιβάλλεται δηλαδή η δημιουργία και εκεί μητροπολιτικού υδατοδρομίου, πολύ λίγα πράγματα είναι γνωστά έως σήμερα. Τον Αύγουστο του 2019 ο κ.Αν. Γκόβας της “Ελληνικά Υδατοδρόμια” δήλωσε ότι επιθυμεί η εταιρεία να αναλάβει την αδειοδότηση υδατοδρομίου και στη Θεσσαλονίκη, με πιθανή τοποθεσία στη Νέα Κρήνη του δήμου Καλαμαριάς κοντά στο αεροδρόμιο “Μακεδονία”. [28ΣΤ]

Πέραν των μητροπολιτικών υδατοδρομίων νοούνται τα “κεντρικά υδατοδρόμια”, τα οποία θα χωροθετούνται σε μεσαία ή μεγάλα αστικά κέντρα και δε θα υπερβαίνουν τα 2-3 ανά περιφέρεια. Η πλειοψηφία των δρομολογίων από τα μητροπολιτικά υδατοδρόμια όπως παρουσιάζεται στο μοντέλο της παρούσας εργασίας θα πραγματοποιείται προς τα κεντρικά υδατοδρόμια. Τα υπόλοιπα, μικρότερου μεγέθους υδατοδρόμια καλούνται “περιφερειακά υδατοδρόμια”. Θα έχουν καθαρά τοπικό χαρακτήρα και θα συνδέονται είτε με τα πλησιέστερα κεντρικά υδατοδρόμια, είτε με άλλα κοντινά περιφερειακά υδατοδρόμια εφόσον υπάρχει ζήτηση. Σε ειδικές περιπτώσεις (όπως π.χ. το υδατοδρόμιο των Κυθήρων που υπάγεται στην περιφέρεια Αττικής) θα μπορούν να πραγματοποιούνται απευθείας πτήσεις προς μητροπολιτικά υδατοδρόμια.[8]

Γενικότερα, τα είδη των πτήσεων στην Ελλάδα μπορούν να διακριθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Τακτικές πτήσεις με σκοπό τη μεταφορά επιβατών
- Περιηγητικές πτήσεις sightseeing
- Πτήσεις charter, οργανωμένες από tour operators, ξενοδοχεία ή σε συνδυασμό με πλοία κρουαζιέρας
- Πτήσεις εκτάκτου ανάγκης για μεταφορά ασθενών από απομονωμένα σημεία της

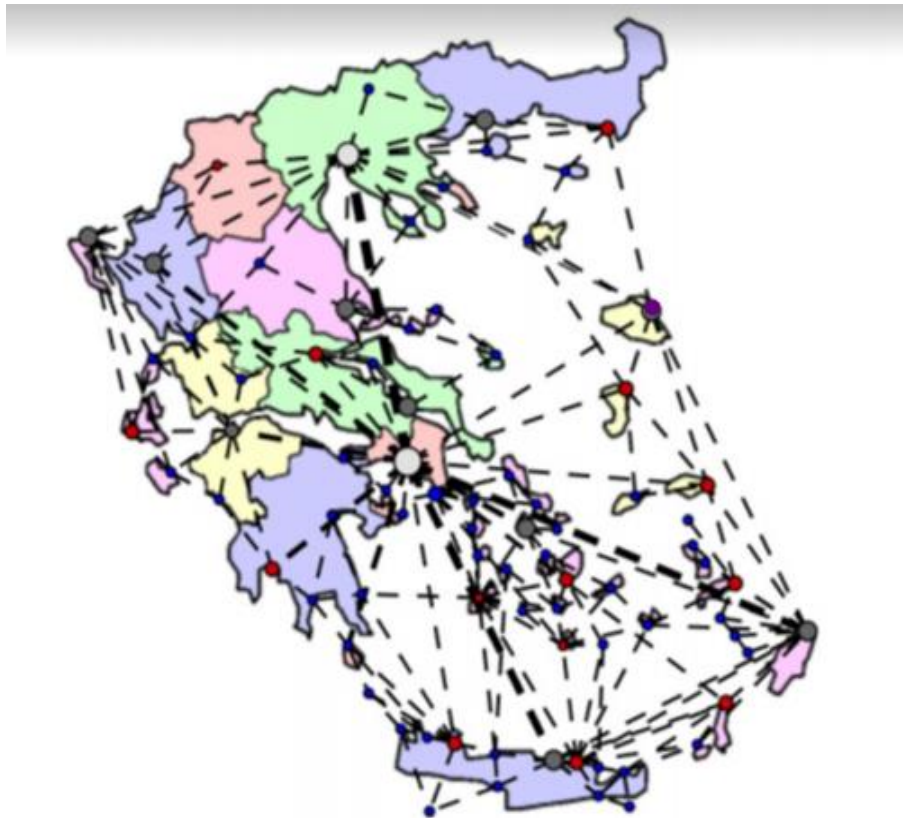
χώρας

- Τακτικές πτήσεις εμπορικού χαρακτήρα [8]

Καθίσταται προφανές ότι για κάθε κατηγορία χρειάζεται ένα διαφορετικό μαθηματικό μοντέλο σε ό,τι αφορά την οργάνωση και τον σκοπό των δρομολογίων. Η συγκεκριμένη διπλωματική εξετάζει την απλούστερη αλλά και πλέον συνήθη κατηγορία των τακτικών επιβατικών πτήσεων με βάση τις πτήσεις που θα πραγματοποιούνται από τα δύο μητροπολιτικά αεροδρόμια Ελευσίνας και Θεσσαλονίκης.



Σχ.3.12: Πρόταση “Hellenic Seaplanes” για μητροπολιτικό υδατοδρόμιο Αττικής [8]



Σχ.3.13: Μηνάς Παγωνάκης, πρόταση ανάπτυξης δικτύου δρομολογίων υδροπλάνων στον ελλαδικό χώρο [8]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

4.1 Εισαγωγή - Μοντέλα Συνεχούς Προσέγγισης

Η επιστήμη του συγκοινωνιολόγου μηχανικού ορίζεται ως «η εφαρμογή της τεχνολογίας και των αρχών της επιστήμης στο σχεδιασμό, τη λειτουργική σχεδίαση, τη λειτουργία και διαχείριση υποδομών κάθε τύπου μεταφορών με σκοπό να παρέχεται ασφαλής, αποδοτική, άνετη, οικονομική και περιβαλλοντικά συμβατή κίνηση για μεταφορά ανθρώπων και αγαθών». [27H]

Αποτελεί συνήθης πρακτική οι παραπάνω στόχοι να ενσωματώνονται σε έναν ενιαίο για καλύτερη εποπτεία και απλούστερη μαθηματική διατύπωση του προβλήματος π.χ. γενικευμένο κόστος. Κάτι τέτοιο ωστόσο δεν είναι εύκολο καθώς σε όλα τα παραπάνω εμπλέκεται ο ανθρώπινος παράγοντας. Στην προσπάθεια επίτευξης του παραπάνω στόχου έχουν αναπτυχθεί τα μοντέλα συνεχούς προσέγγισης. Πρόκειται για «ομαλές» (smooth) συναρτήσεις που χρησιμοποιούνται για περιγραφή των δεδομένων. Δίνεται έτσι επαρκής πληροφορία να αναπτυχθεί μία διαμόρφωση δικτύου και ένα πλαίσιο λειτουργίας με ασαφή ζήτηση. Γενικότερα, όσο μεγαλύτερη η περίπτωση (όπως εδώ ένα πανελλαδικό δίκτυο υδροπλάνων), τόσο οι προσεγγίσεις γίνονται ακριβέστερες.[14]

Ενώ υπάρχουν παραδείγματα στη διεθνή βιβλιογραφία μοντέλων συνεχούς προσέγγισης σε πολλές πτυχές του συγκοινωνιολόγου μηχανικού [14 έως 20], στην Ελλάδα δεν έχει υπάρξει εκτεταμένη έρευνα στο αντικείμενο. Εντούτοις, το 2017 παρουσιάστηκε μία σχετική διπλωματική στο Ε.Μ.Π. από τον Αχ. Αντύπα για την επιβατική ακτοπλοΐα από το λιμάνι του Πειραιά [2A], η οποία δημοσιεύθηκε με ορισμένες βελτιώσεις και διεθνώς από τους Λ. Μητρόπουλο, Αχ. Αντύπα και Κ. Κεπαπτσόγλου τον Αύγουστο του 2018 [2B]. Στη συγκεκριμένη μελέτη βασίζεται και η παρούσα εργασία με τις σχετικές παραλλαγές που είναι αναγκαίες για να ανταποκριθεί στη λειτουργία των υδροπλάνων όπως παρουσιάστηκε στο κεφ.3. Παρακάτω παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται από εδώ και πέρα καθώς και το τι δηλώνουν.

Πίνακας 4.1: Συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται στα παρακάτω κεφάλαια και οι μονάδες μέτρησής τους

Σύμβολο	Περιγραφή	Μονάδες μέτρησης
PpV	Επιβάτες/ημέρα	d^{-1}

NPD	Επιβάτες/δρομολόγιο	d^{-1}
NPDmax	Επιβάτες/δρομολόγιο (άνω όριο ασφαλείας)	-
M	Αριθμός αεροσκαφών	-
I	Αριθμός δρομολογίων	-
D	Απόσταση μεταξύ υδατοδρομίων αφετηρίας Α και προορισμού Β	km
V	Ταχύτητα Αεροσκάφους	Km/h
RT ₀	Χρόνος διαδρομής εκτός υδατοδρομίου	h
AT	Βασικός χρόνος αποθαλάσωσης	h
BT	Βασικός χρόνος προσθαλάσωσης	h
dF _A	Ποσοστό καθυστέρησης αποθαλάσωσης	-
Df _B	Ποσοστό καθυστέρησης προσθαλάσωσης	-
μP	Ροή επιβατών	h^{-1}
Df _p	Ποσοστό σχετικής καθυστέρησης	-
RT _A	Ολικός χρόνος αποθαλάσωσης	h
RT _B	Ολικός χρόνος προσθαλάσωσης	h
RT _p	Χρόνος απο-επιβίβασης επιβατών	h
IA	Αναχωρήσεις υδατοδρομίου Α	-
IB	Αφίξεις υδατοδρομίου Β	-
CA	Χωρητικότητα αναχωρήσεων	-

	υδατοδρομίου Α	
CB	Χωρητικότητα υδατοδρομίου Β αφίξεων	-
CP	Χωρητικότητα αεροσκάφους επιβατών	-
α	Ποσοστό καθυστέρησης κατά την από-επιβίβαση εμφάνισης	-
L_{tot}	Ολικός χρόνος καθυστέρησης	h
Υ	Λόγος συστήματος εξυπηρέτησης	h^{-1}
TOT	Ολικός χρόνος λειτουργίας συστήματος	h
TOTmax	Ολικός χρόνος λειτουργίας συστήματος (άνω όριο)	h
TOTmin	Ολικός χρόνος λειτουργίας συστήματος (κάτω όριο)	h
FC	Σταθερό κόστος	€
VC	Μεταβλητό κόστος	€
TC	Ολικό κόστος	€
U	Σημείο ισορροπίας εσόδων-εξόδων	-
GRV	Μεικτό κέρδος	€
NRV	Καθαρό κέρδος	€
t	Τιμή εισιτηρίου	€
VOT	Αξία χρόνου	€/h
Pop	Μόνιμος πληθυσμός	-
Beds	Αριθμός κλινών	-
Ppγ	Ετήσια ζήτηση	-
PpQ,i	Ζήτηση τριμήνου i, $1 \leq i \leq 4$	-

\bar{D}	Μέση απόσταση A-B	km
-----------	-------------------	----

4.2 Μοντέλο μεγέθους στόλου

Βασικές παραδοχές στο μοντέλο αποτελούν ότι όλοι οι προορισμοί έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά και ιδιαιτερότητες ώστε να μπορούν να αναπαρασταθούν από ένα μέσο προορισμό. Επίσης όλα τα δρομολόγια εκτελούνται από τον ίδιο τύπο αεροσκάφους DHC-6 Twin Otter (βλ. κεφ. 3). Παράγοντες οι οποίοι δεν εκφράζονται στο μοντέλο προφανώς έχουν κριθεί αμελητέοι και αγνοούνται.

Έστω ότι στη γραμμή δρομολογίου A-B, A υδατοδρόμιο αφετηρίας και B προορισμού, διακινούνται PpV επιβάτες ανά ημέρα. Εάν στη γραμμή απασχολούνται M αεροσκάφη και εκτελούνται συνολικά I δρομολόγια την ημέρα, προφανώς σε κάθε δρομολόγιο διακινούνται
$$NPD = \frac{PpV}{M*I}(1).$$

Μη λαμβανομένων υπόψιν των επιφανειών απογείωσης και προσέγγισης ενός υδατοδρομίου (τα οποία αποτελούν-έστω νοητά-το ακραίο τμήμα του συστήματος του υδατοδρομίου), εάν έστω D η απόσταση μεταξύ των A και B και V η ταχύτητα του αεροσκάφους (μπορεί να θεωρηθεί σταθερή εφόσον στο τμήμα αυτό κινείται σε περίπου σταθερό ύψος), τότε προφανώς απαιτείται χρόνος:

$$RT_0 = \frac{D}{V}(2).$$

Εκτιμάται επιπλέον ο χρόνος παραμονής του υδροπλάνου στο χώρο των υδατοδρομίων A και B σε AT και BT αντίστοιχα. Οι χρόνοι αυτοί εξαρτώνται τόσο από τα χαρακτηριστικά του αεροσκάφους, τη χωρητικότητα του υδατοδρομίου και ιδιαίτερα όπως έγινε κατανοητό από το προηγούμενο κεφάλαιο, τις καιρικές συνθήκες και ειδικότερα την ταχύτητα u_w του ανέμου. Ενδεικτικές τιμές στους χρόνους αυτούς δίνονται από παρατηρήσεις αφίξεων και αναχωρήσεων αεροσκαφών στο υδατοδρόμιο του Βανκούβερ, βάση της Harbour Air.[23]. Οι καθυστερήσεις επί των παραπάνω χρόνων μπορούν να εκφραστούν ως ποσοστό των χρόνων AT και BT dF_A και dF_B αντίστοιχα. Επιπλέον παρατηρούνται καθυστερήσεις για μεγάλες πληρότητες λόγω αυξημένων εμπλοκών κατά την επιβίβαση/αποβίβαση των επιβατών. Για ροή επιβατών μP (έστω ίση για επιβίβαση και αποβίβαση) και ποσοστό σχετικής καθυστέρησης dF_p , ο ολικός χρόνος δρομολογίου RT εκφράζεται ως:

$$RT = RT_0 + RT_A + RT_B + 2 * RT_p = \frac{D}{V} + AT * (1 + dF_A) + BT * (1 + dF_B) + \frac{2*NPD*(1+dDp)}{\mu P*I}(3)$$

Προκειμένου να οριστούν τα παραπάνω ποσοστά καθυστερήσεων dF_A , dF_B και dF_P , χρήσιμη είναι η έννοια της χωρητικότητας υδατοδρομίου αφετηρίας CA , υδατοδρομίου προορισμού CB (για τις διάφορες καιρικές συνθήκες) και επιβατών αεροσκάφους CP . Οι δύο πρώτες εκφράζονται σε υδροπλάνα/ώρα και είναι προφανές ότι για ομοιογενή στόλο IA , IB αναχωρήσεων στο υδατοδρόμιο A και αφίξεων στο B αντίστοιχα η ενδεχόμενη υπέρβασή της υπολογίζεται πολύ εύκολα. Για τις καθυστερήσεις λόγω επιβίβασης/αποβίβασης επιβατών, χρειάζεται η γνώση του ποσοστού a της χωρητικότητας CP για την οποία σημειώνονται. Το ποσοστό αυτό εκτιμάται σε $a=0,6$. Συνεπώς:

$$dF_A = \begin{cases} 0, \frac{IA}{AT} \leq CA \\ \frac{IA}{AT} - CA, \frac{IA}{AT} > CA \end{cases} \quad (4), \quad dF_B = \begin{cases} 0, \frac{IB}{BT} \leq CB \\ \frac{IB}{BT} - CB, \frac{IB}{BT} > CB \end{cases} \quad (5), \quad dF_P = \begin{cases} 0, \frac{PpV}{CP} \leq a \\ \frac{PpV}{CP} - a, \frac{PpV}{CP} > a \end{cases} \quad (6)$$

Εντούτοις, βάσει των παραπάνω βίντεο διαπιστώνεται ότι δεν προκύπτουν προβλήματα υπέρβασης χωρητικότητας στα υδατοδρόμια καθώς οι χρονικοί διαχωρισμοί είναι πολύ μικροί, της τάξεως π.χ. 20 sec για αφίξεις. Συνεπώς, με μοναδική αιτία καθυστερήσεων dF_A , dF_B τις καιρικές συνθήκες τα παραπάνω ποσοστά καθυστερήσεων θα λαμβάνονται υπόψιν απευθείας με μεταβολή των τιμών τους, δεδομένου ότι τα καιρικά φαινόμενα είναι δύσκολο να μοντελοποιηθούν μαθηματικά. Η ολική καθυστέρηση στο δρομολόγιο $A-B$ L_{tot} είναι προφανώς ίση με:

$$L_{tot} = AT * dF_A + BT * dF_B + 2 * \frac{NPD}{\mu P} * dF_P \quad (7)$$

Από την (3), ο λόγος εξυπηρέτησης του συστήματος Y ισούται με:

$$Y = \frac{M * CP}{RT * I} \quad (8).$$

Αποτελεί στόχο του προβλήματος η επίτευξη το δυνατόν υψηλότερου λόγου Y . Υπάρχουν ωστόσο και περιορισμοί που σχετίζονται με τον ημερήσιο χρόνο λειτουργίας TOT του συστήματος (π.χ. 15 ή 18 ώρες λειτουργίας/24ωρο). Η σχετική σχέση σε συνάρτηση με το χρόνο δρομολογίου RT και των αριθμών τους I , δεδομένου ότι μία μετάβαση συνοδεύει και μία επιστροφή (και ένας χρόνος διαλείμματος, έστω $50\% * RT$ ανάμεσα στην i μετάβαση και την $i-1$ επιστροφή, $2 \leq i = I$) είναι η:

$$TOT = 2.5 * RT * (I - 0.2) \quad (9).$$

Προφανώς από τις (6), (7) προκύπτει ότι τα μεγέθη Y και TOT είναι μεταξύ τους αντίστροφα.

4.3: Μοντέλα κόστους υπηρεσίας και κόστους χρήστη

Προκειμένου να εκτελεστεί το δρομολόγιο δημιουργούνται:

- α) Σταθερά κόστη FC. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται κόστη συντήρησης, ασφάλισης, τέλη χρήσης και οι διάφοροι φόροι.
- β) Μεταβλητά κόστη VC. Μέρος αυτών αποτελούν τα κόστη καυσίμων και οι αμοιβές των πιλότων. Θεωρούνται ανάλογα του χρόνου πτήσης RT.

Ο Παγωνάκης [8] εκφράζει όλα τα παραπάνω, προσαρμοσμένα στο αεροσκάφος DHC-6 του μοντέλου σε μία και μοναδική σχέση ολικού κόστους

$TC = 18,46 * RT + 105(10)$, όπου οι συντελεστές 18,46 και 105 εκφράζουν το μεταβλητό VC και το σταθερό FC κόστος αντίστοιχα.

Ακολούθως συσχετίζει το ολικό κόστος TC και την τιμή του εισιτηρίου t με τον αριθμό επιβατών NPD δρομολογίου και το λεγόμενο σημείο ισορροπίας εσόδων-εξόδων (break even point) U. Για $U=0.8$, προκύπτει:

$$t = TC / 0.8 / NPD(11).$$

Για την τιμή του κομίστρου t , τα ακαθάριστα έσοδα GRV είναι ίσα με:

$$GRV = NPD * t(12)$$

και τα καθαρά έσοδα NRV με:

$$NRV = GRV - TC = NPD * t - 18,46 * RT - 105(13).$$

Από τις (11) και (13) προκύπτει απλούστερα ότι

$$NRV = 0.2 * NPD * t(14).$$

Τέλος, με συνυπολογισμό και της αξίας του χρόνου VOT (η οποία λαμβάνεται ίση με 7€/ημέρα), εισάγεται το γενικευμένο κόστος χρήστη UC με:

$$UC = NPD * (t + RT * VOT)(15).$$

4.4 Στοιχεία εισόδου-ζήτησης μοντέλου/δίκτυο εξυπηρέτησης

Για τη λειτουργία τέτοιων μοντέλων απαιτούνται στοιχεία εισόδου αναφορικά με τη ζήτηση στο σύστημα, προερχόμενα συνήθως από πραγματικά στατιστικά δεδομένα. Στη συγκεκριμένη εργασία

κάτι τέτοιο όμως δεν ισχύει καθώς προς το παρόν δεν πραγματοποιούνται δρομολόγια, τουλάχιστον από τα υπό θεώρηση μητροπολιτικά υδατοδρόμια της Ελευσίνας και της Θεσσαλονίκης.

Οι επιβάτες-χρήστες του συστήματος μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες: α) μόνιμοι κάτοικοι και β) επισκέπτες-τουρίστες. Στοιχείο έκφρασης των πρώτων αποτελεί ο μόνιμος πληθυσμός της περιοχής επιρροής του υδατοδρομίου, όπως καταγράφηκε στην απογραφή του 2011 ([22Α]) ενώ των δεύτερων ο αντίστοιχος αριθμός κλινών beds με στοιχεία του 2018 [22Β]. Περιοχή επιρροής θεωρείται η Περιφέρεια του υδατοδρομίου, με εξαίρεση την περιοχή της Ελευσίνας όπου εξαιρείται η Περιφερειακή Ενότητα Νήσων. Ως ετήσια ζήτηση υδατοδρομίου, ο Παγωνάκης [8] προτείνει την:

$$PrY = 0.216 * Beds + 0.027 * Pop \quad (16).$$

Προκειμένου η παραπάνω εξίσωση να κατανεμηθεί σε τρίμηνα θα χρησιμοποιηθούν για κάθε συντελεστή της συντελεστές βαρύτητας ανά τετράμηνο. Θεωρούνται ανάλογοι με το ποσοστό των κατελημμένων κλινών ανά κατηγορία (ημεδαπών/αλλοδαπών) το 2018.[22Β] Μία τέτοια παραδοχή αγνοεί βεβαίως τη διαμονή σε διαμερίσματα βραχυχρόνιας μίσθωσης ή απλά τη φιλοξενία σε διαμερίσματα φιλικών ή συγγενικών προσώπων. Ωστόσο: α) τα παραπάνω δεν καταγράφονται εύκολα στατιστικά και β) για ένα καταρχήν ακριβό μέσο όπως το υδροπλάνο μόνο οι διανυκτερεύσεις σε ξενοδοχεία αποτελούν ένα σχετικά αξιόπιστο κριτήριο για την εξαγωγή των συντελεστών βαρύτητας. Προκύπτουν συγκεκριμένα τα εξής:

α) Αλλοδαποί χρήστες:

Πίν.4.2α, Διανυκτερεύσεις-Ποσοστό(%)-Συντελεστές μεταβλητών (αλλοδαποί χρήστες)

	Διανυκτ/σεις	Ποσοστό %	Συντελ.
Α'τρ.	797957	0,050	0,01076
Β'τρ.	5486298	0,342	0,07397
Γ'τρ.	7959661	0,497	0,10732
Δ'τρ.	1775962	0,111	0,02395
Σύνολο	16019878	1	0,216

β) Ημεδαποί χρήστες:

Πίν.4.2β, Διανυκτερεύσεις-Ποσοστό(%)-Συντελεστές μεταβλητών (ημεδαποί χρήστες)

	Διανυκτ/σεις	Ποσοστό %	Συντελ.
Α'τρ.	1205139	0,204	0,00551
Β'τρ.	1579473	0,268	0,00724
Γ'τρ.	1898557	0,322	0,00869
Δ'τρ.	1219851	0,207	0,00559
Σύνολο	5903020	1	0,027

Προκύπτουν τελικά οι εξής εξισώσεις ανά τρίμηνο (εξ. 17 έως 20):

$$PpQ, 1 = 0,011 * Beds + 0,00551 * Pop$$

$$PpQ, 2 = 0,074 * Beds + 0,00724 * Pop$$

$$PpQ, 3 = 0,1073 * Beds + 0,00869 * Pop$$

$$PpQ, 4 = 0,024 * Beds + 0,00559 * Pop$$

4.5 Δίκτυο εξυπηρέτησης

Μέχρι και σήμερα το δίκτυο περιφερειακών υδατοδρομιών που θα συνδέεται με τα μητροπολιτικά υδατοδρόμια παραμένει ασαφές ακόμα και από τους σχετικούς φορείς (π.χ. Hellenic Seaplanes). Εντούτοις, ο Παγωνάκης [8], με τις αντίστοιχες παραδοχές έχει προτείνει ένα σχετικό δίκτυο το οποίο ομοίως θα μπορούσε δυνητικά και στην πράξη. Το δίκτυο αυτό παρουσιάζεται στον παρακάτω χάρτη:



Σχ.4.1: Χάρτης δικτύου εξυπηρέτησης από μητροπολιτικά υδατοδρόμια [8]

Καθορίζονται συγκεκριμένα από τα μητροπολιτικά υδατοδρόμια Ελευσίνας και Θεσσαλονίκης οι εξής διαδρομές:

ΥΔΑΤΟΔΡΟΜΙΟ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ (Πίν.4.3α)

Προορισμοί	Απόσταση D (Km)
Κύθηρα	190
Μυτιλήνη	278
Χίος	220
Σάμος	293
Ερμούπολη	130
Νάξος	182
Μήλος	156
Σαντορίνη	238
Κως	344
Ρόδος	441
Κάρπαθος	421
Πάτρα	151
Καλαμάτα	159

Κέρκυρα	352
Κεφαλονιά	257
Βόλος	146
Ιωάννινα	285
Αλεξ/πολη	361
Χανιά	277
Ρέθυμνο	298
Ηράκλειο	322
Θεσ/νίκη	284
\bar{D}	262,95

ΥΔΑΤΟΔΡΟΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ (πίν. 4.3β)

Προορισμοί	Απόσταση D (Km)
Λήμνος	189
Καστοριά	132
Κέρκυρα	271
Βόλος	132
Ιωάννινα	196
Αλεξ/πολη	239
Καβάλα	119
Ελευσίνα	284
\bar{D}	195,25

Οι παραπάνω αποστάσεις ελήφθησαν από το χαρτογραφικό υπόβαθρο Google Maps [24]. Και για τα δύο υδατοδρόμια το μοντέλο θα επεξεργαστεί τις μέσες αποστάσεις \bar{D} .

4.6 Συντελεστής ανάπτυξης ζήτησης

Κατά τη Eurostat αναμένεται συντελεστής ανάπτυξης στην Ε.Ε. 1,4% για το 2019 και 1,6% για το 2020.[25] Υιοθετείται λοιπόν ως συντελεστής ανάπτυξης στη ζήτηση του δικτύου μία τιμή του 1,5% σε ένα αναμενόμενο σενάριο. Ως αισιόδοξη περίπτωση υιοθετείται η τιμή του 2,5% και ως απαισιόδοξη

του 0,5%. Καθότι δεν υπάρχουν προηγούμενα δεδομένα, δεν είναι δυνατό να εξαχθεί ένας αντίστοιχος συντελεστής με τη μέθοδο προβολής των τάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΙ ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1 Εισαγωγή

Σκοπός του μοντέλου που αναπτύσσεται στην παρούσα διπλωματική αποτελεί η εύρεση του βέλτιστου αριθμού στόλου M και δρομολογίων I υδροπλάνων από τα μητροπολιτικά υδατοδρόμια της Ελευσίνας και της Θεσσαλονίκης με τη θεώρηση ενός συστήματος συνεχούς προσέγγισης όπου κάθε δεδομένο λαμβάνει μία μέση αντιπροσωπευτική τιμή (π.χ. η μέση απόσταση \bar{D} ανάμεσα στο μητροπολιτικό υδατοδρόμιο και το υδατοδρόμιο προορισμού) βάσει της σχ.(1), $NPD = \frac{PpV}{M*I}$. Προφανώς ένα ελάχιστο γινόμενο M*I δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα.

Ο λόγος που επιδιώκεται η μεγιστοποίηση της πληρότητας NPD ανά δρομολόγιο και όχι των καθαρών εσόδων NRV είναι ότι από τις σχ.(10),(11) και (14) διαφαίνεται ότι:

$$NRV = 4,615 * RT + 26,25(21)$$

Δηλαδή τα έσοδα του δρομολογίου εξαρτώνται μόνο από το χρόνο RT και μάλιστα ανάλογα. Είναι δηλαδή βάσει της σχέσης προς το συμφέρον του διαχειριστή να παρατείνει το χρόνο RT με καθυστερήσεις. Προφανώς υπάρχουν άλλοι παράγοντες εκτός του προβλήματος που αποτρέπουν κάτι τέτοιο (π.χ. μείωση ζήτησης).

Σκοπός (αντικειμενική συνάρτηση) του προβλήματος αποτελεί η μεγιστοποίηση της πληρότητας επιβατών NPD ανά δρομολόγιο που υπόκειται στους εξής περιορισμούς:

α) το αεροσκάφος του μοντέλου DHC-6 διαθέτει χωρητικότητα CP=19 επιβατών. Για λόγους ασφαλείας τίθεται συμβατικά NPD_{max}=18,6 επιβάτες.

β) επιδιώκεται όσο το δυνατόν υψηλότερος λόγος εξυπηρέτησης Y του συστήματος. Εναλλακτικά, όσο το δυνατό μικρότερος χρόνος λειτουργίας TOT του συστήματος. Γνωρίζοντας ότι το υδροπλάνο πετάει μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας (βλ.κεφ.3) τίθενται ανά τρίμηνο τα παρακάτω ανώτατα όρια TOTmax:

Πίν.5.1, Μέγιστος ολικός χρόνος λειτουργίας ανά τρίμηνο(TOTmax)

Τρίμηνο	TOTmax(h)
1ο	11

2ο	13
3ο	13
4ο	11

Σε όλες τις περιπτώσεις τίθεται επίσης $TOT_{min}=4$ h

γ) ενδέχεται να ληφθούν υπόψιν διάφορα άλλα ποιοτικά κριτήρια δεδομένου ότι το πρόβλημα είναι διαχειριστικό και όχι απλώς μαθηματικό.

Το πρόβλημα θα λυθεί με δοκιμές για τις τιμές των μεταβλητών I, M του συστήματος.

5.2 Αποτελέσματα για το υδατοδρόμιο της Ελευσίνας

Για όλα τα σενάρια και τα τρίμηνα λαμβάνονται υπόψιν τα παρακάτω δεδομένα εισόδου:

Πίν.5.2, Δεδομένα εισόδου μοντέλου υδατοδρομίου Ελευσίνας

Pop	3793066
Beds	53230
V(km/h)	225
D(km)	262,95
CP	19

Οι τιμές της εκάστοτε ζήτησης PpQ, i $1 \leq i \leq 4$ λαμβάνονται από τις εξ. (17) έως (20) ανάλογα για κάθε τρίμηνο. Λόγω της φύσης του μοντέλου και υποθέτοντας ομοιογένεια μέσα στο τρίμηνο, η ημερήσια ζήτηση είναι ίση με:

$$PpV = PpQ, i / 91,3125 \quad (22), \quad 1 \leq i \leq 4$$

όπου $91,3125 = 365,25 / 4$ ημέρες τριμήνου. Καθώς τα νεότερα στοιχεία είναι του 2018 και το έτος-στόχος 12 χρόνια μετά, το 2030, θα ισχύει:

$$PpV, 2030 = PpV * (1 + \varepsilon)^{12} \quad (23)$$

α) Σενάριο 1-Αναμενόμενο

1^ο τρίμηνο

Με βάση τις δοκιμές φανερώνεται ως βέλτιστος συνδυασμός για $M=5$ αεροσκάφη και $I=3$ δρομολόγια ημερησίως για τις παραπάνω αποδεκτές τιμές ολικού χρόνου TOT. Επειδή όμως η πληρότητα $NPD=18,61 \geq NPD_{max}=18,5$ επιβάτες προτιμάται ο συνδυασμός για **$M=8$ αεροσκάφη και $I=2$ δρομολόγια**. Ισοδύναμοι είναι προφανώς και οι συνδυασμοί $(M,I)=(4,4)$ και $(I,M)=(2,8)$, υπερβαίνουν ωστόσο το άνω όριο του χρόνου TOT=11 h για το 1^ο τρίμηνο.

Pop	3793066	Pop	3793066	Pop	3793066	Pop	3793066
Beds	53230	Beds	53230	Beds	53230	Beds	53230
PpY,d	21485	PpY,d	21485	PpY,d	21485	PpY,d	21485
PpV	235	PpV	235	PpV	235	PpV	235
PpV,2030	281	PpV,2030	281	PpV,2030	281	PpV,2030	281
M	5	M	3	M	4	M	8
I	3	I	5	I	4	I	2
NPD	18,76	NPD	18,76	NPD	17,58	NPD	17,58
V(km/h)	225	V(km/h)	225	V(km/h)	225	V(km/h)	225
RT0(h)	1,17	RT0(h)	1,17	RT0(h)	1,17	RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1	AT(h)	0,1	AT(h)	0,1	AT(h)	0,1
BT(h)	0,03	BT(h)	0,03	BT(h)	0,03	BT(h)	0,03
RTp(h)	0,03	RTp(h)	0,03	RTp(h)	0,02	RTp(h)	0,02
DfA	0	DfA	0	DfA	0	DfA	0
DfB	0	DfB	0	DfB	0	DfB	0
DfP	0,39	DfP	0,39	DfP	0,33	DfP	0,33
RT(h)	1,37	RT(h)	1,37	RT(h)	1,37	RT(h)	1,37
CP	19	CP	19	CP	19	CP	19
Y(1/h)	23,04	Y(1/h)	8,30	Y(1/h)	13,90	Y(1/h)	55,61
TOT(h)	8,81	TOT(h)	14,68	TOT(h)	11,67	TOT(h)	5,83
TC(euros)	1627,16	TC(euros)	1627,16	TC(euros)	1618,82	TC(euros)	1618,82
t(euros)	108,45	t(euros)	108,45	t(euros)	115,08	t(euros)	115,08
NRV(euros)	406,79	NRV(euros)	406,79	NRV(euros)	404,70	NRV(euros)	404,70
VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2214,37	UC(euros)	2214,37	UC(euros)	2191,75	UC(euros)	2191,75

Σχ. 5.1α, επίλυση μοντέλου

(M,I)=(8,2)

Παρομοίως γίνεται ανάλυση για τα υπόλοιπα τρίμηνα για κάθε σενάριο.

2^ο τρίμηνο

Pop	3793066		Pop	3793066		Pop	3793066		Pop	3793066
Beds	53230		Beds	53230		Beds	53230		Beds	53230
PpY,d	31401		PpY,d	31401		PpY,d	31401		PpY,d	31401
PpV	344		PpV	344		PpV	344		PpV	344
PpV,2030	411		PpV,2030	411		PpV,2030	411		PpV,2030	411
M	8		M	6		M	4		M	3
I	3		I	4		I	6		I	8
NPD	17,13		NPD	17,13		NPD	17,13		NPD	17,13
V(km/h)	225		V(km/h)	225		V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	1,17		RT0(h)	1,17		RT0(h)	1,17		RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1		AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03		BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02		RTp(h)	0,02		RTp(h)	0,02		RTp(h)	0,02
DfA	0		DfA	0		DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0		DfB	0		DfB	0
DfP	0,30		DfP	0,30		DfP	0,30		DfP	0,30
RT(h)	1,36		RT(h)	1,36		RT(h)	1,36		RT(h)	1,36
CP	19		CP	19		CP	19		CP	19
Y(1/h)	37,15		Y(1/h)	20,89		Y(1/h)	9,29		Y(1/h)	5,22
TOT(h)	8,73		TOT(h)	11,64		TOT(h)	17,46		TOT(h)	23,28
TC(euros)	1615,73		TC(euros)	1615,73		TC(euros)	1615,73		TC(euros)	1615,73
t(euros)	117,89		t(euros)	117,89		t(euros)	117,89		t(euros)	117,89
NRV(euros)	403,93		NRV(euros)	403,93		NRV(euros)	403,93		NRV(euros)	403,93
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2183,23		UC(euros)	2183,23		UC(euros)	2183,23		UC(euros)	2183,23

Σχ. 5.1β, επίλυση μοντέλου

(M,I)=(8,3)

3^ο τρίμηνο

Βέλτιστος συνδυασμός για το όριο $NPD_{max}=18,6$ εμφανίζεται ο $(M,I)=(7,4)$. Επειδή όμως τα προηγούμενα δύο τετράμηνα με χαμηλότερη ζήτηση έχουμε $M=8$ αεροσκάφη επιλέγεται τελικά $(M,I)=(8,4)$

Pop	3793066		Pop	3793066		Pop	3793066
Beds	53230		Beds	53230		Beds	53230
PpY,d	38673		PpY,d	38673		PpY,d	38673
PpV	424		PpV	424		PpV	424
PpV,2030	506		PpV,2030	506		PpV,2030	506
M	7		M	4		M	8
I	4		I	7		I	4
NPD	18,09		NPD	18,09		NPD	15,82
V(km/h)	225		V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	1,17		RT0(h)	1,17		RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,03		RTp(h)	0,03		RTp(h)	0,02
DfA	0		DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0		DfB	0
DfP	0,35		DfP	0,35		DfP	0,23
RT(h)	1,37		RT(h)	1,37		RT(h)	1,36
CP	19		CP	19		CP	19
Y(1/h)	24,27		Y(1/h)	7,93		Y(1/h)	28,02
TOT(h)	11,70		TOT(h)	20,47		TOT(h)	11,56
TC(euros)	1622,34		TC(euros)	1622,34		TC(euros)	1607,14
t(euros)	112,13		t(euros)	112,13		t(euros)	126,95
NRV(euros)	405,58		NRV(euros)	405,58		NRV(euros)	401,79
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2201,35		UC(euros)	2201,35		UC(euros)	2159,16

Σχ. 5.1γ, επίλυση μοντέλου

$(M,I)=(8,4)$

4^ο τρίμηνο

Pop	3793066		Pop	3793066		Pop	3793066
Beds	53230		Beds	53230		Beds	53230
PpY,d	22481		PpY,d	22481		PpY,d	22481
PpV	246		PpV	246		PpV	246
PpV,2030	294		PpV,2030	294		PpV,2030	294
M	8		M	4		M	2
I	2		I	4		I	8
NPD	18,40		NPD	18,40		NPD	18,40
V(km/h)	225		V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	1,17		RT0(h)	1,17		RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,03		RTp(h)	0,03		RTp(h)	0,03
DfA	0		DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0		DfB	0
DfP	0,37		DfP	0,37		DfP	0,37
RT(h)	1,37		RT(h)	1,37		RT(h)	1,37
CP	19		CP	19		CP	19
Y(1/h)	55,40		Y(1/h)	13,85		Y(1/h)	3,46
TOT(h)	5,86		TOT(h)	11,72		TOT(h)	23,44
TC(euros)	1624,57		TC(euros)	1624,57		TC(euros)	1624,57
t(euros)	110,38		t(euros)	110,38		t(euros)	110,38
NRV(euros)	406,14		NRV(euros)	406,14		NRV(euros)	406,14
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2207,39		UC(euros)	2207,39		UC(euros)	2207,39

Σχ. 5.1δ, επίλυση μοντέλου

(M,I)=(8,2)

ΕΛΕΥΣΙΝΑ, ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Πίν.5.3, Συνοπτικά αποτελέσματα για το υδατοδρόμιο Ελευσίνας-αναμενόμενο σενάριο

ΤΡΙΜΗΝΟ	M	I	Y(1/h)	TOT(h)
1ο	8	2	55,61	5,83
2ο	8	3	37,15	8,73
3ο	8	4	28,02	11,56
4ο	8	2	55,4	5,86

β)Σενάριο 2-Αισιόδοξο

1^ο τρίμηνο

Pop	3793066	Pop	3793066	Pop	3793066
Beds	53230	Beds	53230	Beds	53230
PpY,d	21485	PpY,d	21485	PpY,d	21485
PpV	235	PpV	235	PpV	235
PpV,2030	316	PpV,2030	316	PpV,2030	316
M	9	M	6	M	3
I	2	I	3	I	6
NPD	17,58	NPD	17,58	NPD	17,58
V(km/h)	225	V(km/h)	225	V(km/h)	225
RT0(h)	1,17	RT0(h)	1,17	RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1	AT(h)	0,1	AT(h)	0,1
BT(h)	0,03	BT(h)	0,03	BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02	RTp(h)	0,02	RTp(h)	0,02
DfA	0	DfA	0	DfA	0
DfB	0	DfB	0	DfB	0
DfP	0,33	DfP	0,33	DfP	0,33
RT(h)	1,37	RT(h)	1,37	RT(h)	1,37
CP	19	CP	19	CP	19
Y(1/h)	62,56	Y(1/h)	27,80	Y(1/h)	6,95
TOT(h)	5,83	TOT(h)	8,75	TOT(h)	17,50
TC(euros)	1618,80	TC(euros)	1618,80	TC(euros)	1618,80
t(euros)	115,10	t(euros)	115,10	t(euros)	115,10
NRV(euros)	404,70	NRV(euros)	404,70	NRV(euros)	404,70
VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2191,70	UC(euros)	2191,70	UC(euros)	2191,70

Σχ. 5.2α, επίλυση μοντέλου

(M,I)=(9,2)

2^ο τρίμηνο

Pop	3793066		Pop	3793066
Beds	53230		Beds	53230
PpY,d	31401		PpY,d	31401
PpV	344		PpV	344
PpV,2030	462		PpV,2030	462
M	5		M	9
I	5		I	3
NPD	18,50		NPD	17,13
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	1,17		RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,03		RTp(h)	0,02
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,37		DfP	0,30
RT(h)	1,37		RT(h)	1,36
CP	19		CP	19
Y(1/h)	13,84		Y(1/h)	41,79
TOT(h)	14,66		TOT(h)	8,73
TC(euros)	1625,30		TC(euros)	1615,71
t(euros)	109,82		t(euros)	117,90
NRV(euros)	406,33		NRV(euros)	403,93
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2209,38		UC(euros)	2183,18

Σχ. 5.2β, επίλυση μοντέλου

(M,I)=(9,3)

3^ο τρίμηνο

Pop	3793066		Pop	3793066
Beds	53230		Beds	53230
PpY,d	38673		PpY,d	38673
PpV	424		PpV	424
PpV,2030	570		PpV,2030	570
M	8		M	9
I	4		I	4
NPD	17,80		NPD	15,82
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	1,17		RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02		RTp(h)	0,02
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,34		DfP	0,23
RT(h)	1,37		RT(h)	1,36
CP	19		CP	19
Y(1/h)	27,78		Y(1/h)	31,52
TOT(h)	11,68		TOT(h)	11,56
TC(euros)	1620,33		TC(euros)	1607,13
t(euros)	113,79		t(euros)	126,97
NRV(euros)	405,08		NRV(euros)	401,78
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2195,88		UC(euros)	2159,12

Σχ.5.2γ, επίλυση μοντέλου

*Ομοίως όπως και στο αναμενόμενο σενάριο κρατούνται 9 αεροσκάφη από τα προηγούμενα τρίμηνα

(M,I)=(9,4)

4^ο τρίμηνο

Pop	3793066		Pop	3793066
Beds	53230		Beds	53230
PpY,d	22481		PpY,d	22481
PpV	246		PpV	246
PpV,2030	331		PpV,2030	331
M	9		M	6
I	2		I	3
NPD	18,40		NPD	18,40
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	1,17		RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,03		RTp(h)	0,03
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,37		DfP	0,37
RT(h)	1,37		RT(h)	1,37
CP	19		CP	19
Y(1/h)	62,32		Y(1/h)	27,70
TOT(h)	5,86		TOT(h)	8,79
TC(euros)	1624,55		TC(euros)	1624,55
t(euros)	110,39		t(euros)	110,39
NRV(euros)	406,14		NRV(euros)	406,14
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2207,35		UC(euros)	2207,35

Σχ. 5.2δ, επίλυση μοντέλου

(M,I)=(9,2)

ΕΛΕΥΣΙΝΑ, ΑΙΣΙΟΔΟΞΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Πίν. 5.4, Συνοπτικά αποτελέσματα για το υδατοδρόμιο Ελευσίνας-αισιόδοξο σενάριο

ΤΡΙΜΗΝΟ	M	I	Y(1/h)	TOT(h)
1ο	9	2	62,56	5,83
2ο	9	3	41,79	8,73
3ο	9	4	31,52	11,56
4ο	9	2	62,32	5,86

γ) Σενάριο 3-Απαισιόδοξο

1^ο τρίμηνο

Pop	3793066		Pop	3793066
Beds	53230		Beds	53230
PpY,d	21485		PpY,d	21485
PpV	235		PpV	235
PpV,2030	250		PpV,2030	250
M	7		M	2
I	2		I	7
NPD	17,84		NPD	17,84
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	1,17		RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02		RTp(h)	0,02
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,34		DfP	0,34
RT(h)	1,37		RT(h)	1,37
CP	19		CP	19
Y(1/h)	48,60		Y(1/h)	3,97
TOT(h)	5,84		TOT(h)	20,45
TC(euros)	1620,64		TC(euros)	1620,64
t(euros)	113,53		t(euros)	113,53
NRV(euros)	405,16		NRV(euros)	405,16
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2196,72		UC(euros)	2196,72

Σχ.5.3α, επίλυση μοντέλου

(M,I)=(7,2)

2^ο τρίμηνο

Pop	3793066		Pop	3793066
Beds	53230		Beds	53230
PpY,d	31401		PpY,d	31401
PpV	344		PpV	344
PpV,2030	365		PpV,2030	365
M	5		M	7
I	4		I	3
NPD	18,26		NPD	17,39
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	1,17		RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,03		RTp(h)	0,02
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,36		DfP	0,32
RT(h)	1,37		RT(h)	1,37
CP	19		CP	19
Y(1/h)	17,32		Y(1/h)	32,47
TOT(h)	11,71		TOT(h)	8,74
TC(euros)	1623,55		TC(euros)	1617,46
t(euros)	111,17		t(euros)	116,29
NRV(euros)	405,89		NRV(euros)	404,36
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2204,63		UC(euros)	2188,01

Σχ. 5.3β, επίλυση μοντέλου

(M,I)=(7,3)

*Ομοίως κρατούνται 7 αεροσκάφη από το 1^ο τρίμηνο

3^ο τρίμηνο

Pop	3793066		Pop	3793066
Beds	53230		Beds	53230
PpY,d	38673		PpY,d	38673
PpV	424		PpV	424
PpV,2030	450		PpV,2030	450
M	9		M	7
I	3		I	4
NPD	16,65		NPD	16,06
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	1,17		RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02		RTp(h)	0,02
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,28		DfP	0,25
RT(h)	1,36		RT(h)	1,36
CP	19		CP	19
Y(1/h)	41,88		Y(1/h)	24,49
TOT(h)	8,71		TOT(h)	11,58
TC(euros)	1612,53		TC(euros)	1608,64
t(euros)	121,03		t(euros)	125,21
NRV(euros)	403,13		NRV(euros)	402,16
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2174,33		UC(euros)	2163,41

Σχ. 5.3γ, επίλυση μοντέλου

(M,I)=(7,4)

4^ο τρίμηνο

Pop	3793066		Pop	3793066
Beds	53230		Beds	53230
PpY,d	22481		PpY,d	22481
PpV	246		PpV	246
PpV,2030	261		PpV,2030	261
M	5		M	7
I	3		I	2
NPD	17,43		NPD	18,67
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	1,17		RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02		RTp(h)	0,03
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,32		DfP	0,38
RT(h)	1,37		RT(h)	1,37
CP	19		CP	19
Y(1/h)	23,19		Y(1/h)	48,41
TOT(h)	8,74		TOT(h)	5,87
TC(euros)	1617,73		TC(euros)	1626,54
t(euros)	116,04		t(euros)	108,90
NRV(euros)	404,43		NRV(euros)	406,64
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2188,76		UC(euros)	2212,71

Σχ. 5.3δ, επίλυση μοντέλου

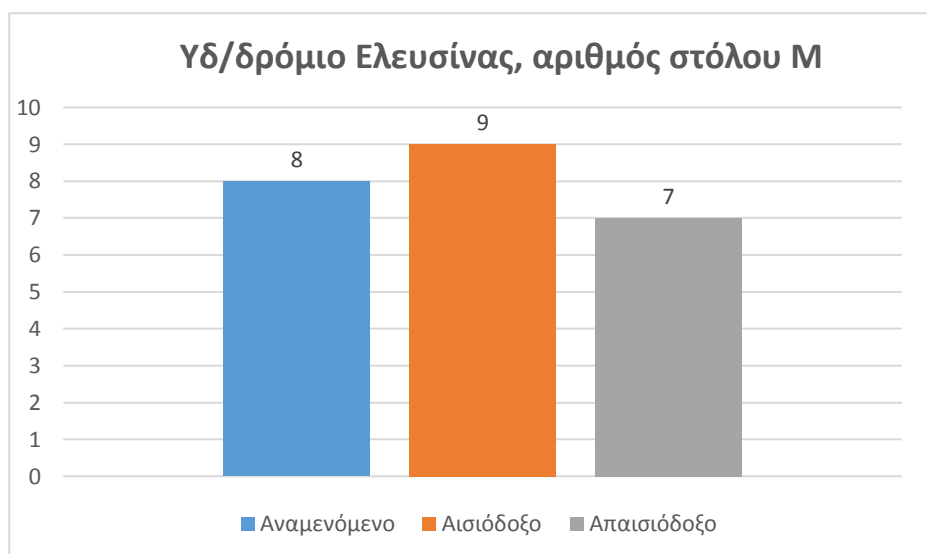
*Για να υπάρχει ομοιομορφία στα αποτελέσματα, παραβιάστηκε οριακά η συνθήκη $NPD \leq 18,6$ ($NPD = 18,67$)

(M,I)=(7,2)

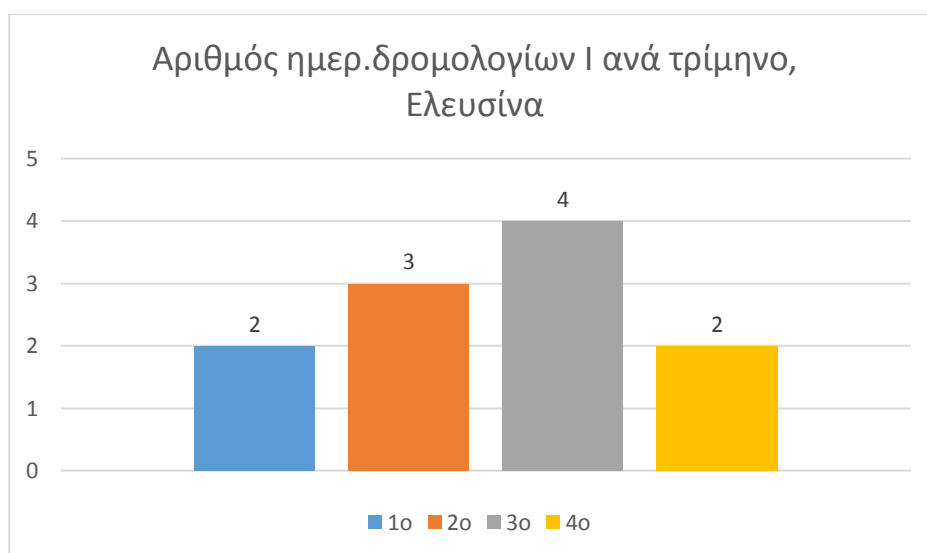
ΕΛΕΥΣΙΝΑ, ΑΠΑΙΣΙΟΔΟΞΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Πίν. 5.5, Συνοπτικά αποτελέσματα για το υδατοδρόμιο Ελευσίνας-απαισιόδοξο σενάριο

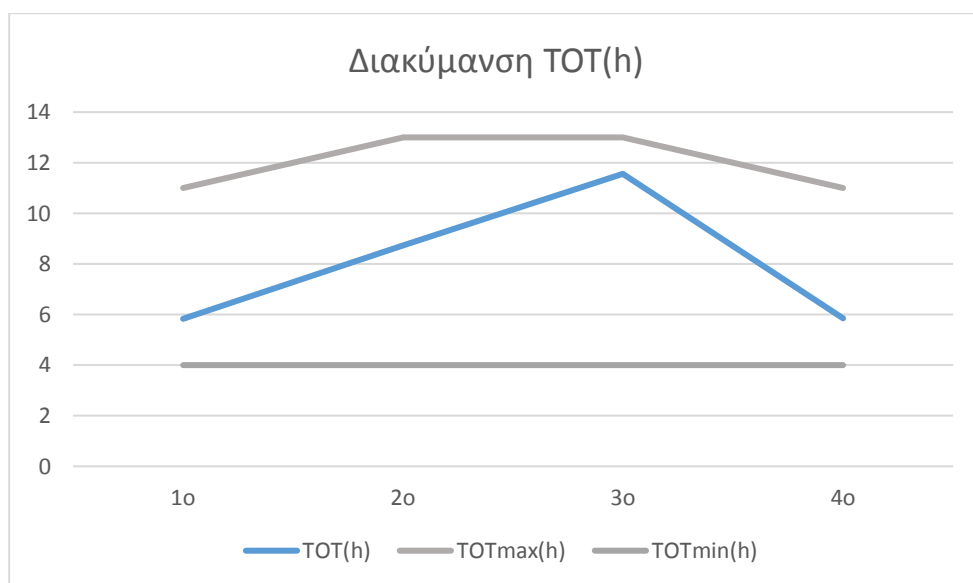
ΤΡΙΜΗΝΟ	M	I	Y(1/h)	TOT(h)
1ο	7	2	48,6	5,84
2ο	7	3	32,47	8,74
3ο	7	4	24,49	11,58
4ο	7	2	48,41	5,87



Σχ.5.4, Υδατοδρόμιο Ελευσίνας, αριθμός στόλου Μ



Σχ.5.5, Μεταβολή ημερ. Δρομολογίων Ι, Ελευσίνα



Σχ.5.6, Ε, TOT ανά σενάριο

Με βάση τα παραπάνω εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

-Έχει επιτευχθεί να υπάρχει ανάλογα με το σενάριο σταθερός αριθμός αεροσκαφών M όλο το χρόνο με μικρές αποκλίσεις ανά σενάριο ($M=8\pm 1$).

-Σε κάθε σενάριο ο αριθμός δρομολογίων I είναι σταθερός για κάθε σενάριο: 2 τη χειμερινή περίοδο (1^ο και 4^ο τρίμηνο), 3 το 2^ο τρίμηνο και 4 το 3^ο.

-Ομοίως ανάλογα (βλ.εξ.5.2) μεταβάλλεται ο ολικός χρόνος λειτουργίας TOT του συστήματος που παραμένει περίπου παρόμοιος σε όλα τα σενάρια: σχεδόν 6h 1^ο και 4^ο τρίμηνο, 8h και 45 min στο 2^ο τρίμηνο και 11h και 30 min στο 3^ο.

5.3 Αποτελέσματα για το υδατοδρόμιο της Θεσσαλονίκης

Για όλα τα σενάρια και τα τρίμηνα λαμβάνονται υπόψιν τα παρακάτω δεδομένα εισόδου (Πίν. 5.6):

Pop	1874590
Beds	91612
V(km/h)	225
D(km)	262,95
CP	19

α) Σενάριο 1-Αναμενόμενο

1^ο τρίμηνο

Pop	1874590		Pop	1874590
Beds	91612		Beds	91612
PpY,d	11337		PpY,d	11337
PpV	124		PpV	124
PpV,2030	148		PpV,2030	148
M	4		M	2
I	2		I	4
NPD	18,56		NPD	18,56
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	0,87		RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,03		RTp(h)	0,03
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,38		DfP	0,38
RT(h)	1,07		RT(h)	1,07
CP	19		CP	19
Y(1/h)	35,45		Y(1/h)	8,86
TOT(h)	4,36		TOT(h)	8,72
TC(euros)	1292,42		TC(euros)	1292,42
t(euros)	87,07		t(euros)	87,07
NRV(euros)	323,10		NRV(euros)	323,10
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1754,77		UC(euros)	1754,77

Σχ. 5.7α, επίλυση μοντέλου

(M,I)=(4,2)

2^ο τρίμηνο

Pop	1874590		Pop	1874590
Beds	91612		Beds	91612
PpY,d	20351		PpY,d	20351
PpV	223		PpV	223
PpV,2030	266		PpV,2030	266
M	5		M	3
I	3		I	5
NPD	17,77		NPD	17,77
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	0,87		RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02		RTp(h)	0,02
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,34		DfP	0,34
RT(h)	1,07		RT(h)	1,07
CP	19		CP	19
Y(1/h)	29,68		Y(1/h)	10,68
TOT(h)	6,50		TOT(h)	10,84
TC(euros)	1286,80		TC(euros)	1286,80
t(euros)	90,54		t(euros)	90,54
NRV(euros)	321,70		NRV(euros)	321,70
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1741,19		UC(euros)	1741,19

Σχ. 5.7β, επίλυση μοντέλου

$(M,I)=(5,3)$

3^ο τρίμηνο

3ο ΤΡΙΜΗΝΟ				
Pop	1874590		Pop	1874590
Beds	91612		Beds	91612
PpY,d	26120		PpY,d	26120
PpV	286		PpV	286
PpV,2030	342		PpV,2030	342
M	5		M	4
I	4		I	5
NPD	17,10		NPD	17,10
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	0,87		RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02		RTp(h)	0,02
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,30		DfP	0,30
RT(h)	1,06		RT(h)	1,06
CP	19		CP	19
Y(1/h)	22,35		Y(1/h)	14,30
TOT(h)	8,63		TOT(h)	10,79
TC(euros)	1282,23		TC(euros)	1282,23
t(euros)	93,73		t(euros)	93,73
NRV(euros)	320,56		NRV(euros)	320,56
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1730,02		UC(euros)	1730,02

Σχ. 5.7γ, επίλυση μοντέλου

4^ο τρίμηνο

(M,I)=(5,4)

Pop	1874590		Pop	1874590
Beds	91612		Beds	91612
PpY,d	12678		PpY,d	12678
PpV	139		PpV	139
PpV,2030	166		PpV,2030	166
M	3		M	5
I	3		I	2
NPD	18,44		NPD	16,60
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	0,87		RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,03		RTp(h)	0,02
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,37		DfP	0,27
RT(h)	1,07		RT(h)	1,06
CP	19		CP	19
Y(1/h)	17,73		Y(1/h)	44,82
TOT(h)	6,54		TOT(h)	4,30
TC(euros)	1291,62		TC(euros)	1278,88
t(euros)	87,53		t(euros)	96,30
NRV(euros)	322,90		NRV(euros)	319,72
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1752,85		UC(euros)	1721,76

Σχ. 5.7δ, επίλυση μοντέλου

(M,I)=(3,3)

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Πίν.5.7, Συνοπτικά αποτελέσματα για το υδατοδρόμιο Θεσ/νίκης-αναμενόμενο σενάριο

ΤΡΙΜΗΝΟ	M	I	Y(1/h)	TOT(h)
1ο	4	2	35,45	4,36
2ο	5	3	29,68	6,5
3ο	5	4	22,35	8,63
4ο	3	3	17,73	6,54

β) Σενάριο 2-Αισιόδοξο

1^ο τρίμηνο

Pop	1874590	Pop	1874590
Beds	91612	Beds	91612
PpY,d	11337	PpY,d	11337
PpV	124	PpV	124
PpV,2030	167	PpV,2030	167
M	3	M	5
I	3	I	2
NPD	18,55	NPD	16,70
V(km/h)	225	V(km/h)	225
RT0(h)	0,87	RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1	AT(h)	0,1
BT(h)	0,03	BT(h)	0,03
RTp(h)	0,03	RTp(h)	0,02
DfA	0	DfA	0
DfB	0	DfB	0
DfP	0,38	DfP	0,28
RT(h)	1,07	RT(h)	1,06
CP	19	CP	19
Y(1/h)	17,72	Y(1/h)	44,79
TOT(h)	6,54	TOT(h)	4,30
TC(euros)	1292,40	TC(euros)	1279,53
t(euros)	87,08	t(euros)	95,79
NRV(euros)	323,10	NRV(euros)	319,88
VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1754,73	UC(euros)	1723,35

Σχ. 5.8α, επίλυση μοντέλου

Προτιμάται ο συνδυασμός (M,I)=(5,2) ο οποίος συμβαδίζει καλύτερα με τα υπόλοιπα τρίμηνα

(M,I)=(5,2)

2ο τρίμηνο

Pop	1874590		Pop	1874590
Beds	91612		Beds	91612
PpY,d	20351		PpY,d	20351
PpV	223		PpV	223
PpV,2030	300		PpV,2030	300
M	6		M	3
I	3		I	6
NPD	16,65		NPD	16,65
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	0,87		RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02		RTp(h)	0,02
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,28		DfP	0,28
RT(h)	1,06		RT(h)	1,06
CP	19		CP	19
Y(1/h)	35,84		Y(1/h)	8,96
TOT(h)	6,45		TOT(h)	12,90
TC(euros)	1279,23		TC(euros)	1279,23
t(euros)	96,02		t(euros)	96,02
NRV(euros)	319,81		NRV(euros)	319,81
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1722,62		UC(euros)	1722,62

Σχ. 5.8β, επίλυση μοντέλου

$(M,I)=(6,3)$

3ο τρίμηνο

Pop	1874590		Pop	1874590
Beds	91612		Beds	91612
PpY,d	26120		PpY,d	26120
PpV	286		PpV	286
PpV,2030	385		PpV,2030	385
M	7		M	3
I	3		I	7
NPD	18,32		NPD	18,32
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	0,87		RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,03		RTp(h)	0,03
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,36		DfP	0,36
RT(h)	1,07		RT(h)	1,07
CP	19		CP	19
Y(1/h)	41,41		Y(1/h)	7,61
TOT(h)	6,53		TOT(h)	15,23
TC(euros)	1290,72		TC(euros)	1290,72
t(euros)	88,07		t(euros)	88,07
NRV(euros)	322,68		NRV(euros)	322,68
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1750,69		UC(euros)	1750,69

Σχ. 5.8γ, επίλυση μοντέλου

$(M,I)=(7,3)$

4^ο τρίμηνο

Pop	1874590		Pop	1874590		Pop	1874590
Beds	91612		Beds	91612		Beds	91612
PpY,d	12678		PpY,d	12678		PpY,d	12678
PpV	139		PpV	139		PpV	139
PpV,2030	187		PpV,2030	187		PpV,2030	187
M	6		M	4		M	3
I	2		I	3		I	4
NPD	15,56		NPD	15,56		NPD	15,56
V(km/h)	225		V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	0,87		RT0(h)	0,87		RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02		RTp(h)	0,02		RTp(h)	0,02
DfA	0		DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0		DfB	0
DfP	0,22		DfP	0,22		DfP	0,22
RT(h)	1,05		RT(h)	1,05		RT(h)	1,05
CP	19		CP	19		CP	19
Y(1/h)	54,09		Y(1/h)	24,04		Y(1/h)	13,52
TOT(h)	4,27		TOT(h)	6,40		TOT(h)	8,54
TC(euros)	1272,19		TC(euros)	1272,19		TC(euros)	1272,19
t(euros)	102,20		t(euros)	102,20		t(euros)	102,20
NRV(euros)	318,05		NRV(euros)	318,05		NRV(euros)	318,05
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1705,02		UC(euros)	1705,02		UC(euros)	1705,02

Σχ. 5.8δ, επίλυση μοντέλου

(M,I)=(6,2)

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΑΙΣΙΟΔΟΞΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Πίν.5.8, Συνοπτικά αποτελέσματα για το υδατοδρόμιο Θεσ/νίκης -αναμενόμενο σενάριο

ΤΡΙΜΗΝΟ	M	I	Y(1/h)	TOT(h)
1ο	5	2	44,79	4,3
2ο	6	3	35,84	6,45
3ο	7	3	41,41	6,53
4ο	6	2	54,09	4,27

γ) Σενάριο 3-Απαισιόδοξο

1^ο τρίμηνο

Pop	1874590		Pop	1874590
Beds	91612		Beds	91612
PpY,d	11337		PpY,d	11337
PpV	124		PpV	124
PpV,2030	132		PpV,2030	132
M	4		M	2
I	2		I	4
NPD	16,48		NPD	16,48
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	0,87		RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02		RTp(h)	0,02
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,27		DfP	0,27
RT(h)	1,06		RT(h)	1,06
CP	19		CP	19
Y(1/h)	35,88		Y(1/h)	8,97
TOT(h)	4,30		TOT(h)	8,59
TC(euros)	1278,07		TC(euros)	1278,07
t(euros)	96,96		t(euros)	96,96
NRV(euros)	319,52		NRV(euros)	319,52
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1719,74		UC(euros)	1719,74

Σχ. 5.9α, επίλυση μοντέλου

$(M,I)=(4,2)$

2^ο τρίμηνο

Pop	1874590		Pop	1874590
Beds	91612		Beds	91612
PpY,d	20351		PpY,d	20351
PpV	223		PpV	223
PpV,2030	237		PpV,2030	237
M	7		M	5
I	2		I	3
NPD	16,90		NPD	15,78
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	0,87		RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02		RTp(h)	0,02
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,29		DfP	0,23
RT(h)	1,06		RT(h)	1,06
CP	19		CP	19
Y(1/h)	62,64		Y(1/h)	30,02
TOT(h)	4,31		TOT(h)	6,41
TC(euros)	1280,89		TC(euros)	1273,54
t(euros)	94,73		t(euros)	100,91
NRV(euros)	320,22		NRV(euros)	318,39
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1726,72		UC(euros)	1708,43

Σχ. 5.9β, επίλυση μοντέλου

Για λόγους ομοιομορφίας με τα υπόλοιπα τρίμηνα προτιμάται ο συνδυασμός (5,3)

(M,I)=(5,3)

3ο τρίμηνο

Pop	1874590	Pop	1874590	Pop	1874590
Beds	91612	Beds	91612	Beds	91612
PpY,d	26120	PpY,d	26120	PpY,d	26120
PpV	286	PpV	286	PpV	286
PpV,2030	304	PpV,2030	304	PpV,2030	304
M	9	M	6	M	3
I	2	I	3	I	6
NPD	16,87	NPD	16,87	NPD	16,87
V(km/h)	225	V(km/h)	225	V(km/h)	225
RT0(h)	0,87	RT0(h)	0,87	RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1	AT(h)	0,1	AT(h)	0,1
BT(h)	0,03	BT(h)	0,03	BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02	RTp(h)	0,02	RTp(h)	0,02
DfA	0	DfA	0	DfA	0
DfB	0	DfB	0	DfB	0
DfP	0,29	DfP	0,29	DfP	0,29
RT(h)	1,06	RT(h)	1,06	RT(h)	1,06
CP	19	CP	19	CP	19
Y(1/h)	80,55	Y(1/h)	35,80	Y(1/h)	8,95
TOT(h)	4,31	TOT(h)	6,46	TOT(h)	12,92
TC(euros)	1280,69	TC(euros)	1280,69	TC(euros)	1280,69
t(euros)	94,88	t(euros)	94,88	t(euros)	94,88
NRV(euros)	320,17	NRV(euros)	320,17	NRV(euros)	320,17
VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1726,23	UC(euros)	1726,23	UC(euros)	1726,23

Σχ.5.9γ, επίλυση μοντέλου

Για λόγους ομοιομορφίας με τα υπόλοιπα τρίμηνα προτιμάται ο συνδυασμός (6,3)

(M,I)=(6,3)

4^ο τρίμηνο

Pop	1874590		Pop	1874590
Beds	91612		Beds	91612
PpY,d	12678		PpY,d	12678
PpV	139		PpV	139
PpV,2030	147		PpV,2030	147
M	4		M	2
I	2		I	4
NPD	18,43		NPD	18,43
V(km/h)	225		V(km/h)	225
RT0(h)	0,87		RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1		AT(h)	0,1
BT(h)	0,03		BT(h)	0,03
RTp(h)	0,03		RTp(h)	0,03
DfA	0		DfA	0
DfB	0		DfB	0
DfP	0,37		DfP	0,37
RT(h)	1,07		RT(h)	1,07
CP	19		CP	19
Y(1/h)	35,47		Y(1/h)	8,87
TOT(h)	4,36		TOT(h)	8,71
TC(euros)	1291,48		TC(euros)	1291,48
t(euros)	87,61		t(euros)	87,61
NRV(euros)	322,87		NRV(euros)	322,87
VOT(euros/h)	7		VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1752,52		UC(euros)	1752,52

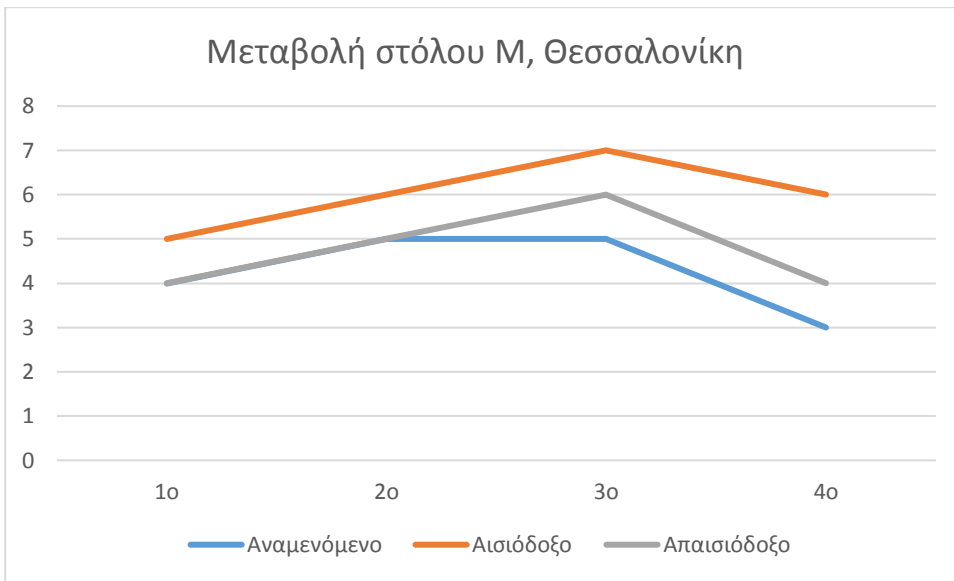
Σχ.5.9δ, επίλυση μοντέλου

(M,I)=(4,2)

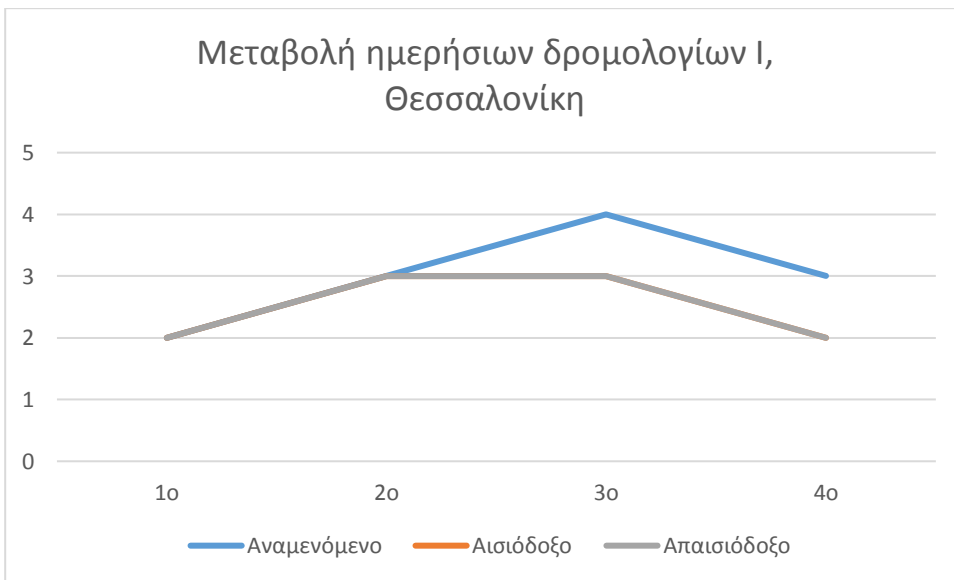
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΑΠΑΙΣΙΟΔΟΞΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Πίν. 5.9, Συνοπτικά αποτελέσματα για το υδατοδρόμιο Θεσ/νίκης -αναμενόμενο σενάριο

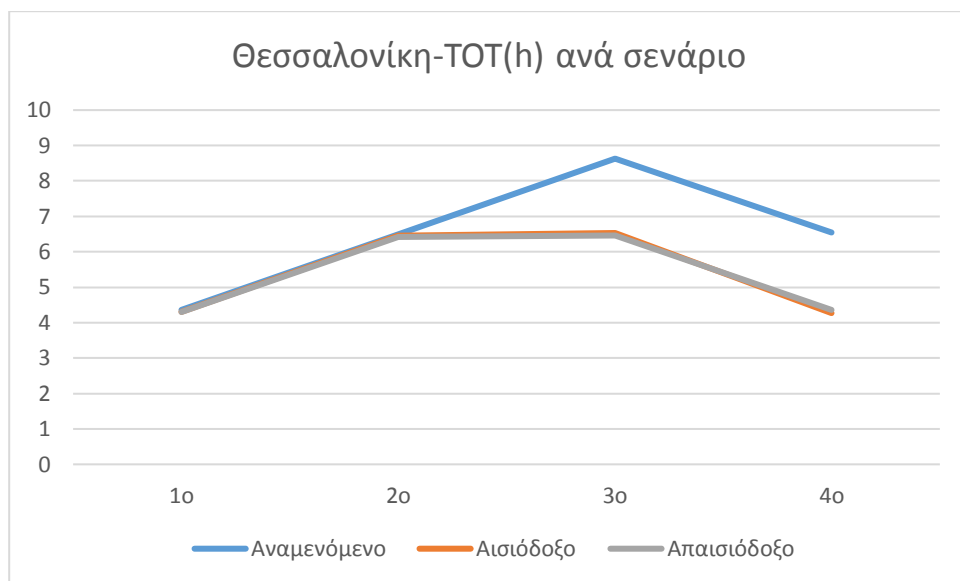
ΤΡΙΜΗΝΟ	M	I	Y(1/h)	TOT(h)
1ο	4	2	35,88	4,3
2ο	5	3	30,02	6,41
3ο	6	3	35,8	6,46
4ο	4	2	35,47	4,36



Σχ.5.10, Μεταβολή στόλου Μ, Θεσσαλονίκη



Σχ.5.11, Μεταβολή ημερ. Δρομολογίων Ι, Θεσσαλονίκη



Σχ.5.12, Θεσσαλονίκη, TOT ανά σενάριο

Η ανάλυση εδώ διαφέρει από το αντίστοιχο υδατοδρόμιο της Ελευσίνας: βασική αιτία ότι διαπιστώνεται μεγάλη απόκλιση της ζήτησης το καλοκαίρι σε σχέση με το χειμώνα λόγω των τουριστών από τα Βαλκάνια και την ανατολική Ευρώπη. Συγκεκριμένα, ενώ στην Αττική ο λόγος $Beds/Pop, E=1,4\%$, στην περιφέρεια της Κεντρικής Μακεδονίας την οποία καλύπτει το μητροπολιτικό υδατοδρόμιο Θεσσαλονίκης είναι $Beds, \Theta/Pop, \Theta=4,89\%$, δηλ. 3,5 φορές μεγαλύτερος. Συνεπώς η ομοιομορφία που επιτυγχάνεται στο υδατοδρόμιο της Ελευσίνας για κάθε τρίμηνο και σενάριο δεν είναι εδώ δυνατή.

Συγκεκριμένα υπάρχει μια σχετική ομοιογένεια μεταξύ των δύο ακραίων σεναρίων όπου σχεδόν σε όλα τα τρίμηνα έχουμε +1 αεροσκάφος M στο αισιόδοξο σενάριο σε σχέση με το απαισιόδοξο (στο 4^ο τρίμηνο έχουμε +2 M), ενώ αντίθετα στο αναμενόμενο υπάρχουν ίσα ή κατά ένα λιγότερο (-1) αεροσκάφη M σε σχέση με το απαισιόδοξο! Το παράδοξο αυτό καλύπτεται από τον αριθμό δρομολογίων I και τον ολικό χρόνο TOT (βλ.εξ.5.2) όπου εδώ το αναμενόμενο σενάριο υπερκαλύπτει τις προηγούμενες απώλειες (+1 δρομολόγιο I, + 2 h TOT), ενώ τα άλλα δύο ακραία έχουν παρόμοιες τιμές.

5.4 Αποτελέσματα με καθυστερήσεις λόγω καιρού

Στα προηγούμενα κεφάλαια 5.2 και 5.3 θεωρήθηκε ότι δεν υπάρχουν καθυστερήσεις λόγω καιρού παρά μόνο λόγω υπερφόρτωσης ($DfA=DfB=0$). Καθώς έχει αναφερθεί ότι οι τιμές τους λαμβάνονται απευθείας τίθενται ενδεικτικά αρχικά $DfA=DfB=0,1$ και $DfA=DfB=0,25$ (υπάρχει καιρική ομοιογένεια μεταξύ υδατοδρομίου αφετηρίας A και προορισμού B). Ενδεικτικά επίσης λαμβάνονται αποτελέσματα μόνο για το αναμενόμενο σενάριο. (συντελεστής ανάπτυξης 1,5%)

α)Καθυστέρηση 10% του χρόνου

ΕΛΕΥΣΙΝΑ

1ο τρίμηνο

2ο τρίμηνο

Pop	3793066	Pop	3793066
Beds	53230	Beds	53230
PpY,d	21485	PpY,d	31401
PpV	235	PpV	344
PpV,2030	281	PpV,2030	411
M	8	M	8
I	2	I	3
NPD	17,58	NPD	17,13
V(km/h)	225	V(km/h)	225
RT0(h)	1,17	RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1	AT(h)	0,1
BT(h)	0,03	BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02	RTp(h)	0,02
DfA	0,1	DfA	0,1
DfB	0,1	DfB	0,1
DfP	0,33	DfP	0,30
RT(h)	1,38	RT(h)	1,38
CP	19	CP	19
Y(1/h)	55,07	Y(1/h)	36,79
TOT(h)	5,90	TOT(h)	8,83
TC(euros)	1633,59	TC(euros)	1630,49
t(euros)	116,13	t(euros)	118,97
NRV(euros)	408,40	NRV(euros)	407,62
VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2211,85	UC(euros)	2203,29

3ο τρίμηνο

4ο τρίμηνο

Pop	3793066	Pop	3793066
Beds	53230	Beds	53230
PpY,d	38673	PpY,d	22481
PpV	424	PpV	246
PpV,2030	506	PpV,2030	294
M	8	M	8
I	4	I	2
NPD	15,82	NPD	18,40
V(km/h)	225	V(km/h)	225
RT0(h)	1,17	RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1	AT(h)	0,1
BT(h)	0,03	BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02	RTp(h)	0,03
DfA	0,1	DfA	0,1
DfB	0,1	DfB	0,1
DfP	0,23	DfP	0,37
RT(h)	1,37	RT(h)	1,39
CP	19	CP	19
Y(1/h)	27,75	Y(1/h)	54,86
TOT(h)	11,70	TOT(h)	5,93
TC(euros)	1621,91	TC(euros)	1639,34
t(euros)	128,12	t(euros)	111,38
NRV(euros)	405,48	NRV(euros)	409,83
VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2179,10	UC(euros)	2227,57

Σχ. 5.13, επίλυση μοντέλου ανά τρίμηνο

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

1ο τρίμηνο

Pop	1874590	Pop	1874590
Beds	91612	Beds	91612
PpY,d	11337	PpY,d	20351
PpV	124	PpV	223
PpV,2030	148	PpV,2030	266
M	4	M	5
I	2	I	3
NPD	18,56	NPD	17,77
V(km/h)	225	V(km/h)	225
RT0(h)	0,87	RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1	AT(h)	0,1
BT(h)	0,03	BT(h)	0,03
RTp(h)	0,03	RTp(h)	0,02
DfA	0,1	DfA	0,1
DfB	0,1	DfB	0,1
DfP	0,38	DfP	0,34
RT(h)	1,09	RT(h)	1,08
CP	19	CP	19
Y(1/h)	35,01	Y(1/h)	29,31
TOT(h)	4,43	TOT(h)	6,60
TC(euros)	1307,19	TC(euros)	1301,57
t(euros)	88,06	t(euros)	91,58
NRV(euros)	326,80	NRV(euros)	325,39
VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1774,96	UC(euros)	1761,31

2ο τρίμηνο

3ο τρίμηνο

Pop	1874590	Pop	1874590
Beds	91612	Beds	91612
PpY,d	26120	PpY,d	12678
PpV	286	PpV	139
PpV,2030	342	PpV,2030	166
M	5	M	3
I	4	I	3
NPD	17,10	NPD	18,44
V(km/h)	225	V(km/h)	225
RT0(h)	0,87	RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1	AT(h)	0,1
BT(h)	0,03	BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02	RTp(h)	0,03
DfA	0,1	DfA	0,1
DfB	0,1	DfB	0,1
DfP	0,30	DfP	0,37
RT(h)	1,08	RT(h)	1,08
CP	19	CP	19
Y(1/h)	22,07	Y(1/h)	17,52
TOT(h)	8,76	TOT(h)	6,64
TC(euros)	1297,00	TC(euros)	1306,39
t(euros)	94,81	t(euros)	88,53
NRV(euros)	324,25	NRV(euros)	326,60
VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1750,08	UC(euros)	1773,03

4ο τρίμηνο

Σχ. 5.14, επίλυση μοντέλου ανά τρίμηνο

β) Καθυστέρηση 25% του χρόνου

ΕΛΕΥΣΙΝΑ

1ο τρίμηνο

2ο τρίμηνο

Pop	3793066	Pop	3793066
Beds	53230	Beds	53230
PpY,d	21485	PpY,d	31401
PpV	235	PpV	344
PpV,2030	281	PpV,2030	411
M	8	M	8
I	2	I	3
NPD	17,58	NPD	17,13
V(km/h)	225	V(km/h)	225
RT0(h)	1,17	RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1	AT(h)	0,1
BT(h)	0,03	BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02	RTp(h)	0,02
DfA	0,25	DfA	0,25
DfB	0,25	DfB	0,25
DfP	0,33	DfP	0,30
RT(h)	1,40	RT(h)	1,40
CP	19	CP	19
Y(1/h)	54,28	Y(1/h)	36,26
TOT(h)	6,00	TOT(h)	8,98
TC(euros)	1655,74	TC(euros)	1652,65
t(euros)	117,71	t(euros)	120,58
NRV(euros)	413,93	NRV(euros)	413,16
VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2242,00	UC(euros)	2233,38

3ο τρίμηνο

4ο τρίμηνο

Pop	3793066	Pop	3793066
Beds	53230	Beds	53230
PpY,d	38673	PpY,d	22481
PpV	424	PpV	246
PpV,2030	506	PpV,2030	294
M	8	M	8
I	4	I	2
NPD	15,82	NPD	18,40
V(km/h)	225	V(km/h)	225
RT0(h)	1,17	RT0(h)	1,17
AT(h)	0,1	AT(h)	0,1
BT(h)	0,03	BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02	RTp(h)	0,03
DfA	0,25	DfA	0,25
DfB	0,25	DfB	0,25
DfP	0,23	DfP	0,37
RT(h)	1,39	RT(h)	1,41
CP	19	CP	19
Y(1/h)	27,35	Y(1/h)	54,08
TOT(h)	11,90	TOT(h)	6,03
TC(euros)	1644,06	TC(euros)	1661,49
t(euros)	129,87	t(euros)	112,89
NRV(euros)	411,02	NRV(euros)	415,37
VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7
UC(euros)	2209,00	UC(euros)	2257,84

Σχ.5.15, επίλυση μοντέλου ανά τρίμηνο

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

1ο τρίμηνο

2ο τρίμηνο

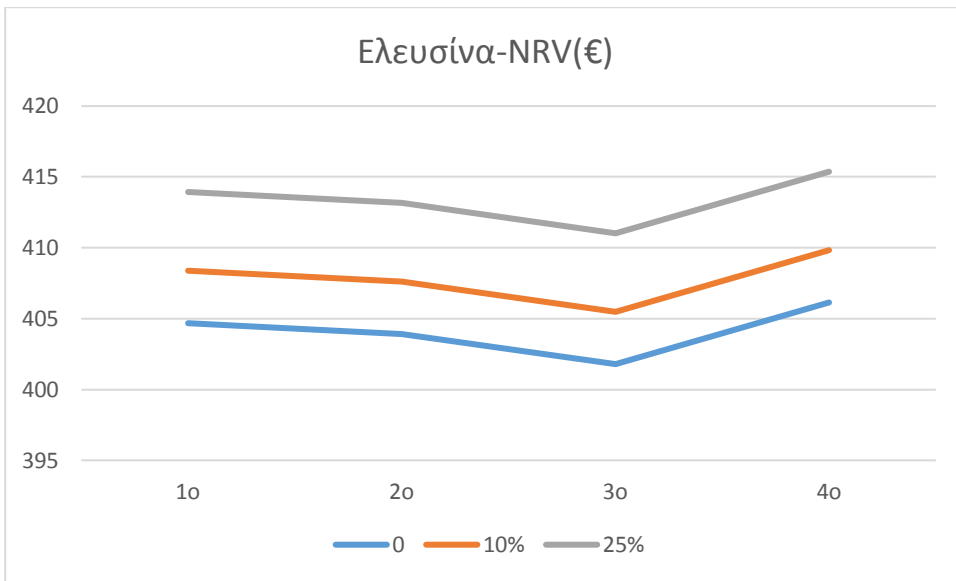
Pop	1874590	Pop	1874590
Beds	91612	Beds	91612
PpY,d	11337	PpY,d	20351
PpV	124	PpV	223
PpV,2030	148	PpV,2030	266
M	4	M	5
I	2	I	3
NPD	18,56	NPD	17,77
V(km/h)	225	V(km/h)	225
RT0(h)	0,87	RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1	AT(h)	0,1
BT(h)	0,03	BT(h)	0,03
RTp(h)	0,03	RTp(h)	0,02
DfA	0,25	DfA	0,25
DfB	0,25	DfB	0,25
DfP	0,38	DfP	0,34
RT(h)	1,11	RT(h)	1,10
CP	19	CP	19
Y(1/h)	34,38	Y(1/h)	28,78
TOT(h)	4,53	TOT(h)	6,75
TC(euros)	1329,34	TC(euros)	1323,72
t(euros)	89,55	t(euros)	93,14
NRV(euros)	332,33	NRV(euros)	330,93
VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1805,25	UC(euros)	1791,48

3ο τρίμηνο

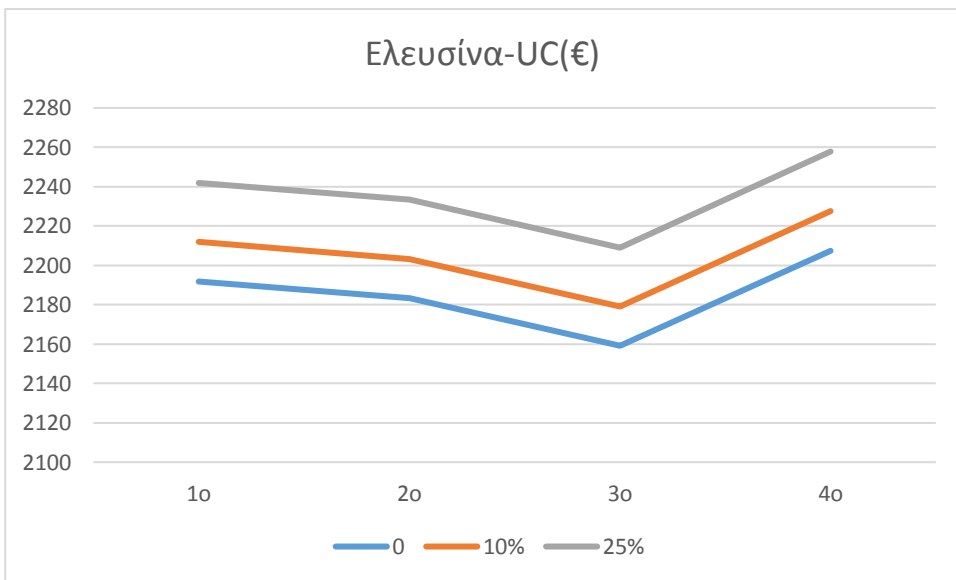
4ο τρίμηνο

Pop	1874590	Pop	1874590
Beds	91612	Beds	91612
PpY,d	26120	PpY,d	12678
PpV	286	PpV	139
PpV,2030	342	PpV,2030	166
M	5	M	3
I	4	I	3
NPD	17,10	NPD	18,44
V(km/h)	225	V(km/h)	225
RT0(h)	0,87	RT0(h)	0,87
AT(h)	0,1	AT(h)	0,1
BT(h)	0,03	BT(h)	0,03
RTp(h)	0,02	RTp(h)	0,03
DfA	0,25	DfA	0,25
DfB	0,25	DfB	0,25
DfP	0,30	DfP	0,37
RT(h)	1,10	RT(h)	1,10
CP	19	CP	19
Y(1/h)	21,67	Y(1/h)	17,20
TOT(h)	8,96	TOT(h)	6,79
TC(euros)	1319,15	TC(euros)	1328,54
t(euros)	96,42	t(euros)	90,04
NRV(euros)	329,79	NRV(euros)	332,13
VOT(euros/h)	7	VOT(euros/h)	7
UC(euros)	1780,16	UC(euros)	1803,30

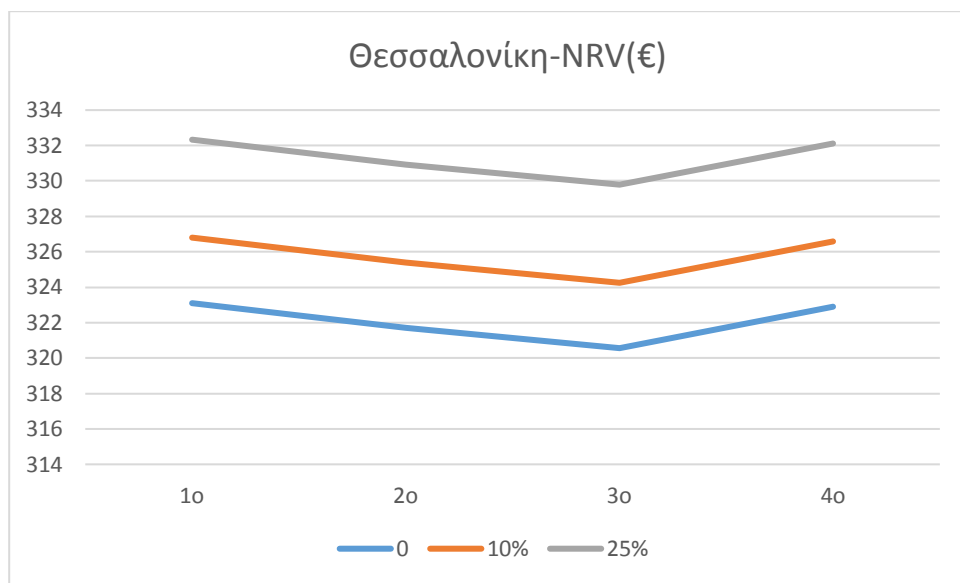
Σχ.5.16, επίλυση μοντέλου ανά τρίμηνο



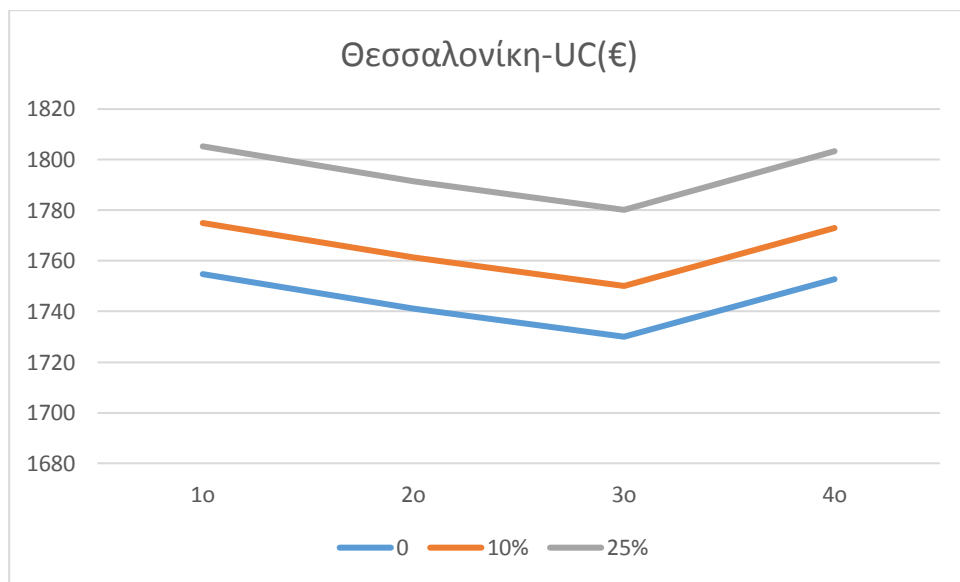
Σχ.5.17, Ελευσίνα-NRV(€)



Σχ.5.18, Ελευσίνα-UC(€)



Σχ.5.19, Θεσσαλονίκη-NRV(€)



Σχ.5.20, Θεσσαλονίκη-UC(€)

Από τα παραπάνω καθίσταται σαφές πως ενώ μεγέθη όπως ο αριθμός αεροσκαφών M και ο αριθμός δρομολογίων I δε μεταβάλλονται, δεν ισχύει το ίδιο για τις χρηματικές μεταβλητές του συστήματος, όπως τα καθαρά έσοδα NRV και το ολικό κόστος χρήστη UC , λόγω της αύξησης του χρόνου διαδρομής RT (βλ. εξ. 6.6, 7). Εκ πρώτης όψεως φαίνεται ότι θα συνέφερε το διαχειριστή της υπηρεσίας να μεγιστοποιήσει το χρόνο RT μέσω «τεχνητών» καθυστερήσεων ώστε ο ολικός χρόνος TOT να φτάσει στη μέγιστη τιμή TOT_{max} . Προφανώς όμως υπάρχουν παράγοντες που στην πράξη αποτρέπουν τέτοια φαινόμενα όπως η επιβολή προστίμων ή προφανώς η μείωση της ζήτησης στο σύστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1: Σύνοψη αποτελεσμάτων

Το υδροπλάνο είναι ένα μέσο που ταιριάζει απόλυτα σε μια χώρα όπως η Ελλάδα με πολλά νησιά, λίμνες στο ηπειρωτικό της τμήμα και γενικότερα περιορισμένο υπεραστικό συγκοινωνιακό δίκτυο. Επίσης οι περιορισμοί που υπάρχουν εξαιτίας των καιρικών συνθηκών (ύψος κυματισμού από 0,5m έως 4m, δρομολόγια μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας) γενικότερα δεν είναι καθοριστικοί για τη λειτουργία του μέσου, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς τουριστικούς μήνες.

Στην παρούσα διπλωματική επιλέγεται να μελετηθεί το σύστημα δρομολογίων στην Ελλάδα με τη χρήση μοντέλων συνεχούς προσέγγισης. Συγκεκριμένα μελετώνται τα τακτικά επιβατικά δρομολόγια με υδατοδρόμια αφετηρίας τα μητροπολιτικά υδατοδρόμια Ελευσίνας και Θεσσαλονίκης. Σκοπός αποτελεί το σύστημα λειτουργίας να περιγραφεί επαρκώς με σχετικά απλές και εύκολες στην επίλυσή τους εξισώσεις.

Γενικότερα ως αντικειμενική συνάρτηση αντίστοιχων προβλημάτων τίθεται η μεγιστοποίηση του κέρδους του συστήματος. Εντούτοις κάτι αντίστοιχο εδώ καθίσταται αδύνατο αφού τα περιθώρια κέρδους στις αερομεταφορές είναι λίγο έως πολύ δεδομένα εξαιτίας της μεταβλητότητας της τιμής του εισιτηρίου (από τις εξισώσεις του μοντέλου προκύπτει ότι μοναδικός παράγοντας που επηρεάζει το καθαρό κέρδος είναι ο χρόνος διαδρομής). Έτσι, τίθεται ως αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος η μεγιστοποίηση της πληρότητας των αεροσκαφών ανά δρομολόγιο.

Από τις εξισώσεις που προκύπτουν δύο είναι οι κρίσιμοι παράγοντες που επηρεάζουν τη χωρητικότητα: ο αριθμός των αεροσκαφών και ο αντίστοιχος των δρομολογίων. Ως βασικός περιορισμός τίθεται ο ολικός χρόνος λειτουργίας του συστήματος να βρίσκεται εντός του δυνατού ωραρίου λειτουργίας των υδροπλάνων κατά τη διάρκεια της μέρας. Ωστόσο δεν υιοθετούνται

αναγκαστικά σε κάθε τρίμηνο το βέλτιστο μαθηματικά ζεύγος αεροσκαφών-δρομολογίων, αλλά αυτό που μπορεί ταυτόχρονα να έχει συνοχή με τα υπόλοιπα τρίμηνα.

Επιλέγεται συνεπώς η ανάλυση σε τρίμηνα, πράγμα αναγκαίο εξαιτίας των μεταβολών τόσο των καιρικών συνθηκών όσο και της ζήτησης η οποία σε μεγάλο βαθμό εξαρτάται από την τουριστική αγορά της χώρας. Αντλούνται οι εξισώσεις ζήτησης των μητροπολιτικών υδατοδρομιών οι οποίες λαμβάνουν ως μεταβλητές εισόδου το μόνιμο πληθυσμό και τον αριθμό κλινών της περιοχής επιρροής του υδατοδρομίου (συμβατικά τίθεται σε επίπεδο περιφέρειας) και ακολούθως διαμορφώνονται οι συντελεστές τους ανά τρίμηνο ανάλογα με στατιστικά στοιχεία διανυκτερεύσεων. Ομοίως αντλείται και το δίκτυο δρομολογίων από το οποίο ωστόσο θα προκύψει ένα υδατοδρόμιο προορισμού που απέχει από το υδατοδρόμιο αφετηρίας όσο η μέση απόσταση όλων των υδατοδρομιών προορισμού. Η μελέτη αφορά το έτος-στόχο 2030 και λαμβάνονται υπόψιν τρία σενάρια: αναμενόμενο (συντελεστής ανάπτυξης 1,5%, περίπου αντίστοιχος του μέσου ρυθμού της Ε.Ε.), αισιόδοξο (συντελεστής ανάπτυξης 2,5%) και απαισιόδοξο (συντελεστής ανάπτυξης 0,5%).

Ακολούθως επιλύεται το μοντέλο για τα δύο μητροπολιτικά υδατοδρόμια, για κάθε τρίμηνο σε κάθε σενάριο. Τα τελικά αποτελέσματα δείχνουν ότι στο υδατοδρόμιο της Ελευσίνας είναι δυνατόν για κάθε σενάριο να υιοθετηθεί ένας σταθερός αριθμός αεροσκαφών σε όλο το έτος, ο οποίος μεταξύ των διαφόρων σεναρίων δε μεταβάλλεται σημαντικά. Αντίθετα, αντίστοιχη ομοιογένεια δεν καθίσταται δυνατή στο υδατοδρόμιο της Θεσσαλονίκης η οποία αποδίδεται στη σημαντική μεταβολή εξαιτίας του τουρισμού σε σχέση με την Ελευσίνα (ο λόγος αριθμού κλινών προς μόνιμο πληθυσμό Beds/Pop είναι 3,5 φορές μεγαλύτερος στη Θεσσαλονίκη σε σχέση με την Ελευσίνα).

Τέλος ενδεικτικά λαμβάνονται ενδεικτικά αποτελέσματα και με καθυστερήσεις εξαιτίας των καιρικών συνθηκών. Διαφορές στη λειτουργία και τον αριθμό αεροσκαφών και δρομολογίων δεν παρατηρούνται, αντίθετα μεταβάλλεται προς τα πάνω τα κέρδη του διαχειριστή αλλά και το γενικευμένο κόστος του επιβάτη. Αυτό δηλώνει ότι οι καθυστερήσεις είναι προς το συμφέρον του διαχειριστή και επομένως πρέπει να ληφθούν υπόψιν και άλλοι παράγοντες (π.χ. μείωση της ζήτησης).

6.2: Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Είναι προφανές ότι μία διπλωματική εργασία δε μπορεί να καλύψει σε πλήρες βάθος όλη τη λειτουργία ενός συστήματος υπό σχεδιασμό. Μερικές όψεις της λειτουργίας των υδροπλάνων στην Ελλάδα οι οποίες θα μπορούσαν να αναλυθούν σε επόμενες ερευνητικές εργασίες είναι οι εξής:

- Επέκταση του συστήματος και στα τοπικά δρομολόγια καθώς και σε άλλου τύπου

Πτήσεων. Είναι προφανές ότι τα υδροπλάνα θα κληθούν να αναλάβουν έναν πολύ πιο σύνθετο ρόλο που δε θα περιορίζεται μόνο στη μεταφορά επιβατών, αλλά θα καλύπτει και πτήσεις εκδρομικού χαρακτήρα, μισθωμένα δρομολόγια τύπου charter από tour operators και μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες, μεταφορά εμπορευμάτων αλλά ενδεχομένως και πιο ειδικές περιπτώσεις π.χ. μεταφορά ασθενών από μικρά νησιά.

- Χρησιμοποίηση και άλλου τύπου αεροσκάφους στο μοντέλο. Με την ανάπτυξη του συστήματος είναι δεδομένο πως θα υπάρχει εκμετάλλευση διαφορετικών τύπων, είτε μικρότερης χωρητικότητας (π.χ. DHC-2 ή DHC-3), είτε παρόμοιας ανταγωνιστών.

• Περαιτέρω διερεύνηση των καθυστερήσεων του συστήματος λόγω καιρικών ή άλλων συνθηκών, όπως επίσης και μαθηματική διατύπωση των ανασταλτικών παραγόντων για την αποτροπή τους. Ενδεχόμενη εισαγωγή και εξισώσεων μετεωρολογικής φύσεως.

• Όταν το αντίστοιχο σύστημα τεθεί σε λειτουργία, επανατροφοδότηση με τα νέα πραγματικά δεδομένα και σύγκριση αποτελεσμάτων. Εξέταση της ορθότητας και της ακρίβειας των παραδοχών και των δεδομένων, ενδεχόμενων σφαλμάτων στη διατύπωση των εξισώσεων αλλά και αντίστροφα διαπίστωση ελλείψεων στο πραγματικό σύστημα. Τελικό αποτέλεσμα η δημιουργία ενός δεύτερου “πραγματικού” μοντέλου το οποίο θα συμπληρώνει το υπάρχον.

Τα μοντέλα που θα απαιτηθούν για τις παραπάνω εισηγήσεις θα είναι σίγουρα πιο πολύπλοκα. Η παρούσα εργασία ωστόσο στοχεύει στο να παρέχει εκείνα τα βασικά εργαλεία που θα καθιστούν τη διατύπωσή τους ευκολότερη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1A] B.Mohr & J.Schomann, Technische Universitat Munchen, Fusetra project, Seventh Framework Programme, European Commission (αποτελέσματα έρευνας, παρουσίαση στη Μάλτα, 24/9/2010)
- [1B] "Sea Plane Database", B.Mohr & J.Schomann, Technische Universitat Munchen, Fusetra project, Seventh Framework Programme, European Commission (ανακτήθηκε από mafiadoc.com)
- [2] J.Odedra "Use of Seaplanes and Integration within a Sea Base", 2004
- [3] T. Denz, S.Smith, R.Shrestha "Seaplane Economics: A quantitative cost comparison of seaplanes and land planes for Sea Base operations", 2007
- [4] www.vikingair.com (ιστοσελίδα κατασκευάστριας DHC-6 Twin Otter)
- [5] Federal Aviation Administration, Advisular Circular no.150/5395-1B
- [6] waterairports.com, ιστοσελίδα "Ελληνικά Υδατοδρόμια"
- [7] Χριστίνα Ηλιοπούλου, διπλωματική εργασία "Βέλτιστος Σχεδιασμός Δικτύου με Περιορισμός στη Χωρητικότητα", επιβλέποντες Μ.Καρλαύτης, Ν.Λαγαρός, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2013
- [8] Μηνάς Παγωνάκης, διπλωματική εργασία "Επιχειρησιακός Σχεδιασμός των Υδατοδρομιών στην Ελλάδα: εφαρμογή στην περιφέρεια της Κρήτης", επιβλέπων Αθ.Μπαλλής, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2016
- [9] Βασίλειος Κώτσιαλος, "Διεύρυνση της συνέργειας των περιηγητικών υπηρεσιών υδροπλάνων και της κρουαζιέρας στην Ελλάδα", επιβλέπων Αθ.Μπαλλής, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2019
- [10A] Ελληνική Δημοκρατία, ν.4146/2013, ΦΕΚ Α 90/18.04.2013, κεφάλαιο Ε': ΙΔΡΥΣΗ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ ΕΠΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ, άρθρα 32 έως 57
- [10B] Ελληνική Δημοκρατία, ν.4663/2013, ΦΕΚ Α 30 - 12.02.2020, μέρος Α': ΙΔΡΥΣΗ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΩΝ ΕΠΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ, άρθρα 1 έως 27
- [11] "Συστήματα αεροδρομιών", A.Odoni, R. de Neufville (2002), μετάφραση Π.Ψαράκη-Καλουπτσίδη (2008)
- [12] Ιωάννης Ν.Παπαδήμας, διπλωματική εργασία "Ενοποίηση γεωμετρικού σχεδιασμού υποδομής αεροδρομιών και οδών", επιβλέπων Α.Λοΐζος, συνεπιβλέπων Φ.Μερτζάνης, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2017
- [13] Gunston, "The Cambridge Aerospace Dictionary", 2009
- [14] K.R.Smilowitz, C.F.Daganzo, "Continuum Approximation Techniques for the Design of Integrated Package Distribution", 2007
- [15] C.F.Daganzo, V.Gayah, E.J.Gonzales, "The potential of parsimonious models for understanding large

scale transportation systems and answering big picture questions”, 2011

[16] M.Rahimi, M.Amirgholy και E.J.Gonzalez, “Continuum Approximation Modeling of ADA Paratransit Operations in New York”,2014

[17] P.Francis και K.Smilowitz, “Modeling Techniques for Periodic Vehicle Routing Problems”, 2006

[18] M.Saberi και I.O.Verbas, “A Continuous Approximation Model for the Vehicle Routing Problem for Emissions Minimization at the Strategic Level”, 2012

[19] M.Pocuca, “Methodology of day-to-day ship costs assessment”, 2005

[20] S.Ansari, M.Basdere, X.Lin, Y.Ouyang και K.Smilowitz , “Advancements in Continuum Approximation Models for Logistics and Transportation Systems: 1996 – 2016”, 2016

[21A] Αχιλλέας Αντύπας, διπλωματική εργασία “Ανάπτυξη μοντέλου συνεχούς προσέγγισης για το στρατηγικό σχεδιασμό ακτοπλοϊκών συνδέσεων”, επιβλέπων Κ.Κεραπτσόγλου, Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2017

[21B] L.Mitropoulos, A.Antypas, K.Kepaptsoglou, “Continuous Approximation Model for Ferry Transportation Planning: The Case of Aegean Islands”, 2018

[22A]https://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/BUCKET/General/resident_population_census_2011.xls (ΕΛ.ΣΤΑΤ., απογραφή πληθυσμού 2011)

[22B] data.gov.gr, ΕΛ.ΣΤΑΤ., αριθμός κλινών τουριστικών καταλυμάτων στην Ελλάδα(2018)

[23A] [youtube.com](https://www.youtube.com/watch?v=...), “Twin Otter Seaplane Takeoff”, κανάλι “The HDaviation”

[23B] [youtube.com](https://www.youtube.com/watch?v=...), “De Havilland Canada DHC-6 Twin Otter Landing”, κανάλι “The HDaviation”

[24] χαρτογραφικό υπόβαθρο Google Maps

[25] e.europa.eu, “Real GDP growth rate – volume”

[26] hellenic-seaplanes.com, ιστοσελίδα “Hellenic Seaplanes”

[27A] wikipedia.org, λήμμα “Seaplane”

[27B] wikipedia.org, λήμμα “Seaplane Base”

[27Γ] wikipedia.org, λήμμα “Maldives”

[27Δ] wikipedia.org, λήμματα “Harbour Air Seaplanes” και “Gulf Islands”

[27Ε] wikipedia.org, λήμματα “Kenmore Air”, “Washington Lake” και “Lake Union”

[27ΣΤ] wikipedia.org, λήμματα “de Havilland Canada”, “Viking Air”, “Cessna”, “STOL”, “de Havilland Canada DHC-2 Beaver”, “de Havilland Canada DHC-3 Otter”, “de Havilland Canada DHC-6 Twin Otter” και “Cessna 208 Caravan”

[27Ζ] wikipedia.org, λήμμα “Air Sea Lines”, ελληνική έκδοση

[27H] wikipedia.org, λήμμα “Transportation Engineering”

[28A] maritimelogistics.com, “The new entry in greek coastal shipping:the hydroplane”

[28B] kefaloniatoday.com, “Είκοσι σπάνιες φωτογραφίες της Κεφαλονιάς μας”

[28Γ] waterairports.com, ιστοσελίδα “Ελληνικά Υδατοδρόμια”

[28Δ] newsit.gr, “Θα γεμίσει η Ελλάδα υδατοδρόμια! Από την Αττική μέχρι το πιο ακριτικό νησί”

[28E] kathimerini.gr, “Το μητροπολιτικό υδατοδρόμιο Ελευσίνας προχωράει”

[28ΣΤ] newsbeast.gr, “<<Ναι>> επί της αρχής στο νομοσχέδιο για τα υδατοδρόμια”

[28Ζ] ikariaki.gr, “Θεσσαλονίκη, Χαλκιδική και Β.Α.Αιγαίο στα φτερά των υδροπλάνων”

[28Η] sofokleousin.gr, “Υπερψηφίστηκε το νομοσχέδιο για τα υδατοδρόμια” πλάνων”

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ

Wikipedia.org

CorfouPress.com